
POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
in Architettura per il Progetto Sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

L'intonaco nel Roero: criteri di formulazione e miscelazione di malte a base di terra.



Relatore:

prof. Bosia Daniela

Correlatori:

prof. Carbonaro Corrado
prof. Pennacchio Roberto
prof. Zerbinatti Marco

Candidato:

Vignola Marco

A.A 2018/2019





INDICE:

FASE 0: ABSTRACT

FASE 1: INQUADRAMENTO

1 ROERO: DALLA GENESI ALL'UNESCO

- 1.1 Il territorio
- 1.2 La formazione geologica del Roero
- 1.3 il Paleo Tanaro e il Tanaro
- 1.4 La famiglia dei Roero
- 1.5 La candidatura all'Unesco e gli effetti sul territorio

2 MATERIALI DA COSTRUZIONE

- 2.1 Le case del Roero
- 2.2 Le tipologie di muratura

3 FINITURE SUPERFICIALI

- 3.1 L'intonaco del Roero: storia e tradizione
- 3.2 L'innovazione tecnologica del 1900
- 3.3 L'intonaco nel Roero oggi: problematiche di conservazione

4 OBIETTIVI DELLA RICERCA

FASE 2: CARATTERISTICHE DELL'INTONACO

5 L'INTONACO

- 5.1 La malta
- 5.2 Composizione delle malte
- 5.3 La malta per l'intonaco
- 5.4 La calce
- 5.5 Intonaco a base di calce aerea
- 5.6 La terra
- 5.7 Intonaci in terra
- 5.8 Terre coloranti

-
- 6 SPERIMENTAZIONI SUGLI INTONACI
 - 6.1 Ricerche condotte sugli intonaci in terra
 - 6.2 Ricerche condotte sugli intonaci in calce
 - 6.3 Riferimenti locali

FASE 3: I MATERIALI LOCALI

- 7 ANALISI TERRITORIALE
 - 7.1 Analisi paesaggistica
 - 7.2 Cave attive
 - 7.3 Normativa "terre e rocce da scavo"

FASE 4: FASE SPERIMENTALE

- 8 I MATERIALI
 - 8.1 Criteri di selezione delle materie prime
 - 8.2 I materiali selezionati
- 9 I METODI
 - 9.1 Analisi granulometrica dei materiali
 - 9.2 Analisi granulometrica – Metodo UNI-ASTM
 - 9.3 Analisi granulometrica – Metodo agronomico
- 10 LE PROCEDURE
 - 10.1 Produzione delle malte
 - 10.2 Malte a confronto

FASE 5: PROVE SPERIMENTALI

- 11 LE PROVE DI ANALISI
 - 11.1 Difrattometria a raggi X
 - 11.2 Prova con ultrasuoni
 - 11.3 Misure spettrofotometriche
 - 11.4 Prove a flessione
 - 11.5 Prove a compressione

FASE 6: CONCLUSIONI

12 RIFLESSIONI CONCLUSIVE

12.1 L'Architettura per il racconto del territorio

12.2 Terre per l'agricoltura, terre per l'architettura

FASE 7: BIBLIOGRAFIA

FASE 8: ALLEGATI

FASE 0

ABSTRACT

L'elaborato di tesi mira a fornire dei criteri di formulazione e miscelazione di malte a base di terra per gli edifici del Roero. La riflessione che s'intende effettuare nella campagna sperimentale, parte dall'osservazione dello stato attuale degli edifici storici minori del Roero privi di un rivestimento protettivo idoneo o con rivestimenti inadeguati per le caratteristiche tecnologiche locali. L'analisi storico-territoriale ha mostrato che i rivestimenti maggiormente utilizzati sono stati quelli a base di calce o terra, successivamente soppiantati da quelli a base di cemento, non proprio compatibili con l'architettura locale. L'obiettivo della tesi è quello di riprendere l'antica tradizione delle malte in terra e calce utilizzate per la protezione delle abitazioni nel Roero, dando nuova vita ad una tradizione secolare e mostrarne i vantaggi.

Partendo dalla lettura dei testi tecnici sull'argomento e dalle sperimentazioni che sono state attuate nel campo della stabilizzazione degli intonaci in terra con la calce, sono state confezionate delle malte per l'intonaco con i materiali locali.

Le prime due fasi della tesi sono dedicate all'inquadramento dell'area di studio e allo studio storico delle caratteristiche dell'intonaco nel Roero. La terza

fase è stata dedicata alla scelta e alle modalità di selezione dei materiali locali seguendo un approccio sostenibile a basso impatto ambientale.

È stato studiato in maniera approfondita il territorio del Roero attraverso un'analisi paesaggistico-territoriale comprendendo le caratteristiche insediative, la naturalità della vegetazione, la capacità d'uso dei suoli, la litologia e la geomorfologia dei terreni.

Successivamente, sono state mappate le cave attive sul territorio per comprendere quali potessero essere i materiali impiegabili nella ricerca. È emerso che nel territorio del Roero, non sono presenti cave attive di estrazione di terra ma solo cave di estrazione dell'aggregato sabbia.

Per poter estrarre tale materiale secondo processi normati e a basso impatto ambientale, è stata consultata la normativa "Terre e rocce da scavo" con l'obiettivo di trasformare il rifiuto terra da scavo in un nuovo materiale da costruzione sostenibile. Secondo l'articolo 12 del Decreto legislativo n° 205 del 2010

"1. È un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;

b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo

processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;

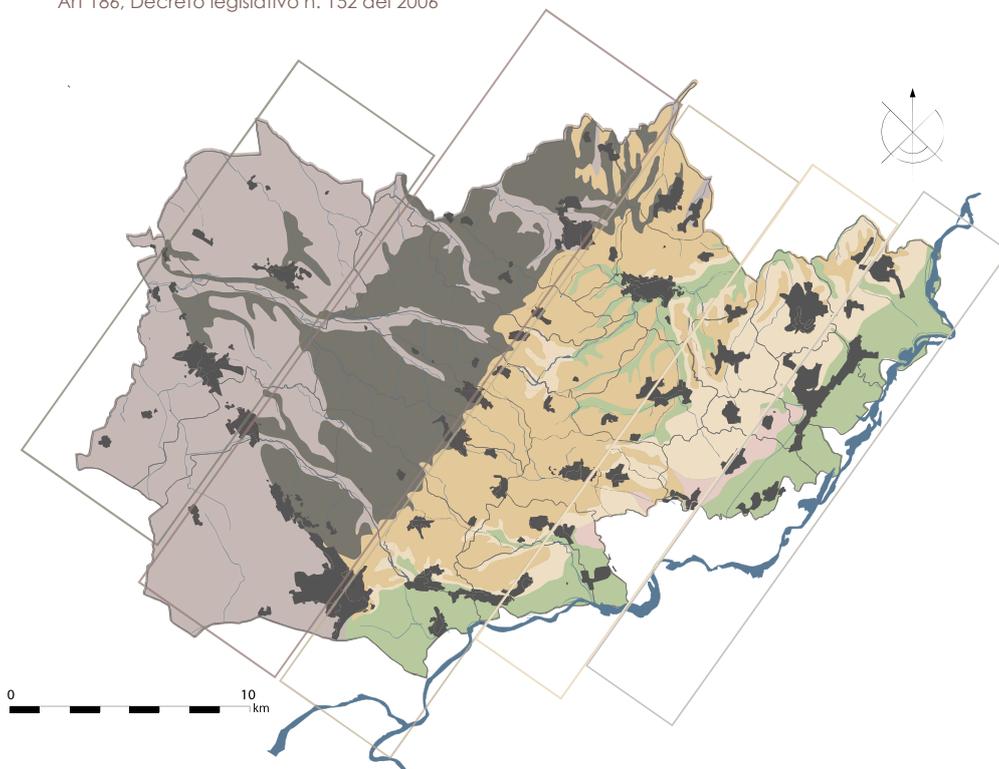
c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana." ¹

Le terre che vengono reimpiegate e non smaltite come rifiuti, possono avere diverse destinazioni d'impiego:

- La prima per rinterri, riempi-

¹ Art 186, Decreto legislativo n. 152 del 2006



Carta geologica del Roero
Geoportale Piemonte
Rielaborazione dell'autore

- menti e rilevati.
- La seconda nei processi industriali come sottoprodotto.

"(...) l'impiego di terre da scavo nei processi industriali come sottoprodotti in sostituzione dei materiali di cava è consentito nel rispetto delle condizioni fissate all'articolo 183, comma 1, lettera p (...) Le terre e rocce da scavo, qualora non siano utilizzate nel rispetto della disciplina fissata dall'articolo 186, sono sottoposte alla disciplina dei rifiuti".²

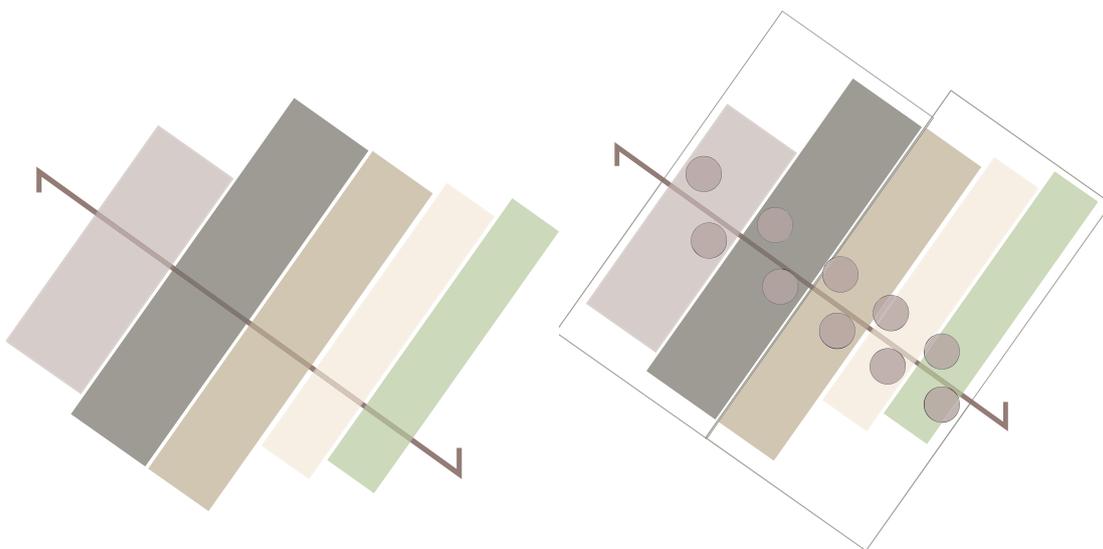
Combinando i dati dell'analisi paesaggistica con la carta della morfologia dei terreni è stata determinata un'area di studio che rispetta i seguenti criteri:

² Art. 184 -Ter, Decreto legislativo n. 205 del 2010

- Presenta tutte le tipologie di sedimenti depositati.
- Presenta gli ambienti con differenti caratteristiche di artificializzazione, naturalità del paesaggio e capacità d'uso del suolo.

Utilizzando il concetto di sottoprodotto, sono state prelevate 12 terre differenti in sei comuni del Roero facenti parte dell'area di studio per documentare la gamma coloristica delle terre della zona.

Sono stati consultati i piani regolatori dei comuni e la terra cavata proviene da lotti edificabili a destinazione d'uso residenziale. I vantaggi nell'utilizzare la terra di recupero sono:



Criteri di selezione dei materiali

- Utilizzare materie prime locali a km 0.
- Ridurre i rifiuti derivanti dalle attività di scavo.
- Utilizzare un materiale con un basso impatto ambientale per il confezionamento di malte.

Nella quarta fase della tesi è stata condotta una campagna sperimentale solo su sei delle dodici terre campionate.

La granulometria delle terre e dell'aggregato sabbia è stata studiata con due approcci differenti:

- Metodo UNI-ASTM: metodologia di riferimento utilizzata nei laboratori del DISEG del Politecnico di Torino (TO). Metodo ad elevata precisione: nove classi granulometriche.
- Metodo agronomico: metodologia utilizzata in ambito agrario e vitivinicolo presso il laboratorio Enocontrol di Alba (CN): metodo a precisione ridotta: cinque classi granulometriche.

La scelta della doppia metodologia è dovuta al fatto che si vogliono comparare i risultati del metodo agronomico con quello UNI-ASTM proponendo una soluzione alternativa per la caratterizzazione granulometrica.

L'obiettivo è fornire delle procedure operative alla committenza locale attraverso procedure di studio proposte da laboratori già

operanti sul territorio.

In seguito, sono state confezionate sei malte con le terre campionate stabilizzate con calce e una malta di confronto in sabbia e grassello di calce.

Sono state riportate le procedure di formulazione, attraverso la definizione di un metodo per la determinazione dei corretti dosaggi delle miscele.

Nella quinta fase della tesi, sono state effettuate delle prove sperimentali sui materiali impiegati e sulle malte in terra, valutando le differenti prestazioni rispetto alla malta di confronto in sabbia e grassello di calce.

Le valutazioni che sono state fatte riguardano:

- Le caratteristiche mineralogiche dei materiali.
- Il modulo elastico dinamico delle malte.
- L'indice colorimetrico dell'intonaco.
- La resistenza meccanica delle malte.

Infine, la sesta ed ultima parte della tesi, è legata ai possibili impieghi degli intonaci in terra stabilizzati con calce utilizzabili come malte da restauro delle antiche abitazioni del Roero e malte "Bio" per una nuova architettura sostenibile locale, che usa il colore e i materiali del territorio per colorare ed armonizzare il manufatto edilizio nel paesaggio.



FASE 1

INQUADRAMENTO



Le rocche del Roero
Foto dell'autore

1 ROERO: DALLA GENESI ALL'UNESCO

1.1 IL TERRITORIO:

Il Roero, la Langa ed il Monferrato costituiscono il sistema centrale delle colline Piemontesi e sono il prolungamento occidentale del bacino collinare Ligure – Piemontese. Nello specifico il Roero è un'area geografica rappresentata dall'unione di 24 comuni che sono delimitati ad est dalla provincia di Asti, a sud dall'alveo del fiume Tanaro, ad ovest con la pianura della provincia di Cuneo e a nord dalla pianura di Carmagnola e Poirino, comuni appartenenti alla provincia di Torino.

Morfologicamente l'area del Roero, delle Langhe e del Monferrato ha caratteristiche comuni: zona collinare a clima continentale di formazione Pliocenica e Miocenica¹. Le colline roerine hanno una morfologia arrotondata e versanti piuttosto ripidi con altitudini che partono da una quota base di 131 m s.l.m. fino ad arrivare ai 440 m s.l.m. L'estensione dell'area è di circa 412 Km² ed è attraversata da una direttrice che spacca a metà il Roero, le Rocche². Queste for-

mazioni erosive millenarie, come vedremo meglio in seguito, sono delle pareti a strapiombo sabbiose ed argillose con altezze variabili fino ai 70 metri, generate per l'azione erosiva degli antichi affluenti del Tanaro che ormai si sono prosciugati. Le Rocche seguono un percorso articolato che parte da sud-ovest, nei pressi del comune di Pocapaglia, ed arrivano fino al comune di Cisterna d'Asti, nord-est, percorrendo circa 32 Km. Dividono il Roero in due aree: quella a Nord-ovest a carattere collinare più dolce e quella a Sud-est a carattere collinare più accidentato. Questi due zone determinano una diversità ed una varietà di elementi sia sul piano morfologico che vegetativo che hanno permesso lo sviluppo di paesaggi agricoli differenti³.

Data la sua posizione geografica il Roero risulta essere chiuso a Nord dalla catena montuosa delle Alpi e a sud da quella Appennina che bloccano le correnti fredde proveniente da nord ed est. Questo fa sì che il clima sia in stretta relazione con le correnti che arrivano dal Mar Ligure in direzione SO, determinando un clima di tipo continentale con forti escursioni termiche sia giornaliere che annuali.

Secondo l'aspetto idrografico, l'area è suddivisa in una gerarchia di corsi che scorrono in direzione dell'alessandrino. Il

1 Elisabetta Soletti, Walter Accigliaro, Antonio Adriano, Luciano Bertello, Massimo Martinelli, Baldassarre Molino, Gian Mario Ricciardi, Umberto Soletti, Roero: viaggio in una terra ritrovata, Imago, Badissero d'Alba, 1997.

2 G. Boano, B. Molino, U. Solfetti, L'ambiente del Roero: caratteri geomorfologici, storici, naturalistici, Verderoero, Torino, 1992.

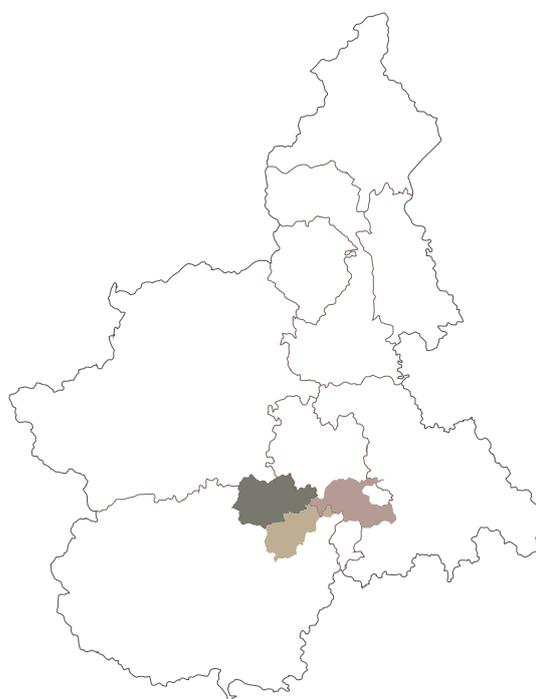
3 Luciano Bertello, Le terre rosse, Astisio, Associazione Artistico-Culturale del Roero, Bra, 2000

corso d'acqua principale, che divide il Roero dalle Langhe, è il Tanaro. In questo corso si innestano una serie di affluenti principali: il rio della Gera, il Mellea, il Riddone, il Bobore e la Versa, ed una serie di fiumiciattoli secondari: il torrente Ricchiardo, il torrente Rio Verde e gli affluenti associati⁴. Questi corsi minori hanno avuto nei secoli un'importante influenza sull'erosione del territorio, lasciando come testimonianza le alte e scoscese Rocche.

A contornare questo paesaggio

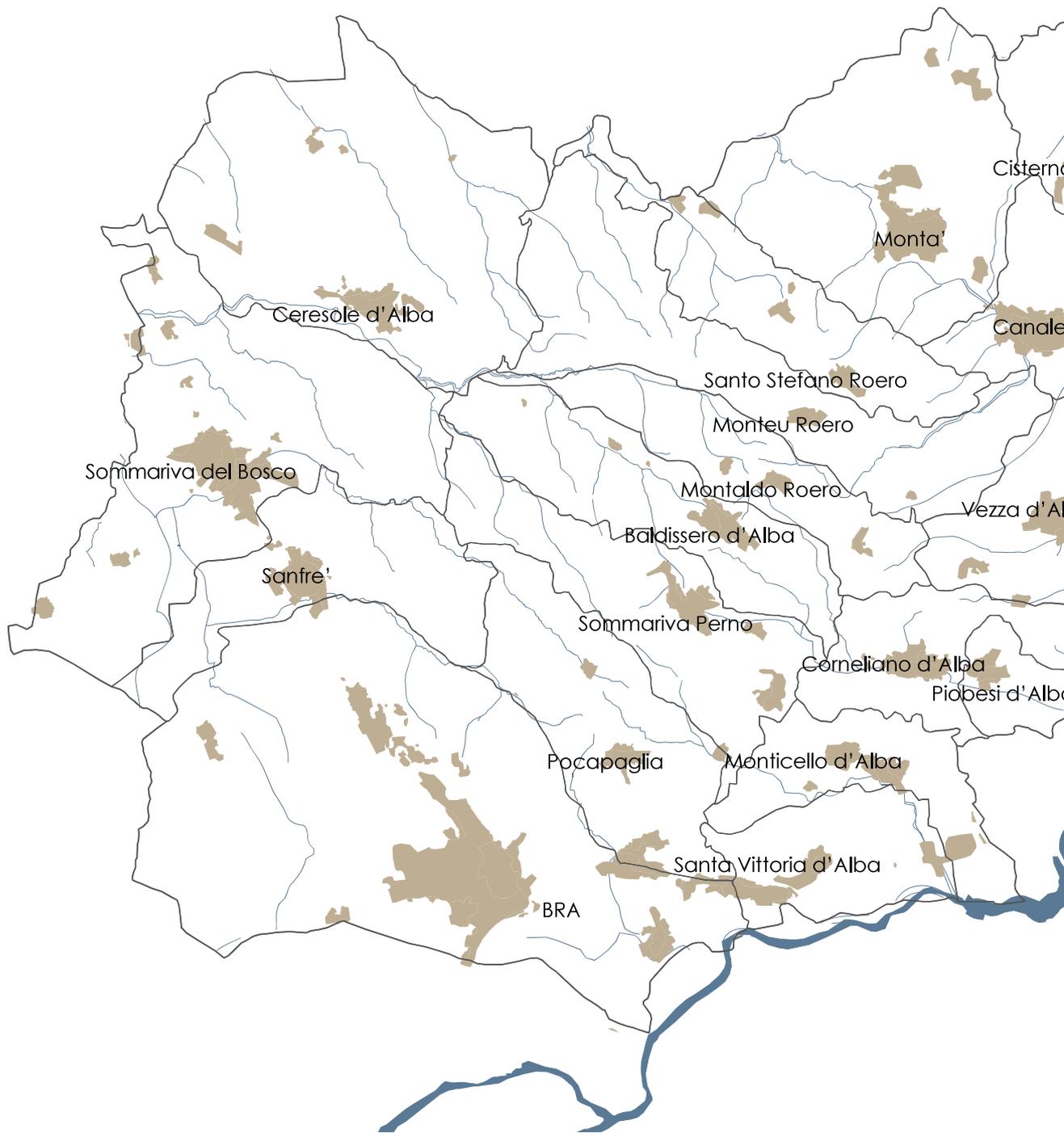
4 G. Boano, B. Molino, U. Solfetti, L'ambiente del Roero: caratteri geomorfologici, storici, naturalistici, Verderero, Torino, 1992.

collinare, sparsi sul territorio, ritroviamo borghi arroccati sulle colline e castelli che svettano dal fitto tessuto urbano, segno della storia di un'area segnata dalle nobili casate dei vassalli della curia di Asti, che si combatterono per l'egemonia sull'area.

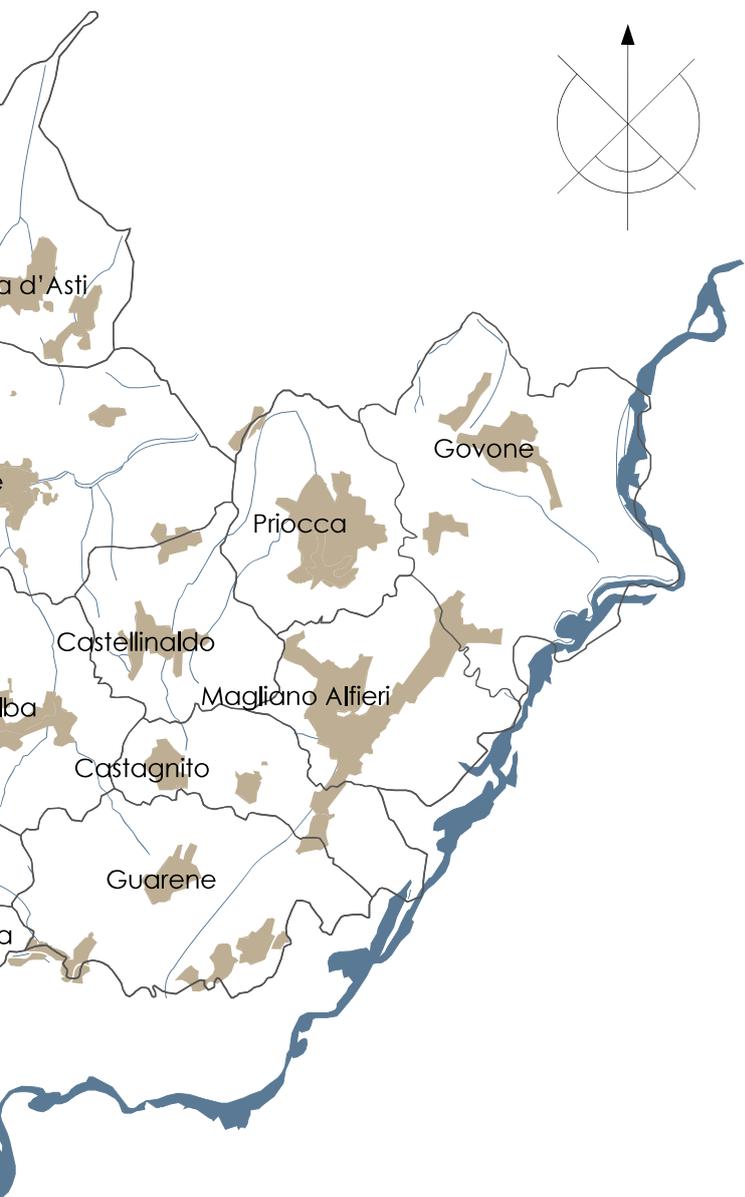


- Roero
- Langhe
- Monferrato





Territorio del Roero
 Geoportale regione Piemonte
 Rielaborazione dell'Autore



- Centri abitati
- Limite comunale
- Idrografia

COMUNI DEL ROERO:

- Baldissero d'Alba
- Bra
- Canale
- Castagnito
- Castellinaldo d'Alba
- Ceresole d'Alba
- Cisterna d'Asti
- Corneliano d'Alba
- Govone
- Guarene
- Magliano Alfieri
- Montà
- Montaldo Roero
- Monteu Roero
- Monticello d'Alba
- Piobesi d'Alba
- Pocapaglia
- Priocca
- Sanfrè
- Santa Vittoria d'Alba
- Santo Stefano Roero
- Sommariva del Bosco
- Sommariva Perno
- Veza d'Alba







1.2 LA FORMAZIONE GEOLOGICA DEL ROERO.

La forma di un paesaggio è direttamente correlata con gli agenti che nel tempo lo hanno eroso e modellato. Questi fenomeni vengono classificati in primari (endogeni e tettonici) e secondari (esogeni: acqua e vento). Vi sono rocce che si sgretolano più velocemente di altre sotto l'azione dell'erosione di questi agenti e questo ha portato ad una biodiversità di paesaggi a seconda che si siano impostati su rocce coerenti (graniti e calcari) o incoerenti (sabbie e argille)⁵.

Il Roero deve la sua origine ad una serie di fattori e fenomeni naturali che si sono avvicendati nei secoli, portando differenti caratteristiche e depositi che segnano il paesaggio in pari distinte: altopiani, colline e gole profonde (le Rocche). Sul profilo litologico il Roero fa parte del bacino ligure-piemontese formatosi nell'era del terziario insieme al Monferrato, alle Langhe, alla collina di Torino, ad una porzione dell'astigiano, all'area collinare dell'alessandrino e ad una parte del territorio ligure, confinante con l'attuale alta Langa.

La formazione dell'area è

⁵ Luciano Bertello, *Le rocche, Astisio*, Associazione Artistico-Culturale del Roero, Bra,

databile nell'era mesozoica o secondaria, il Cretaceo, iniziata circa 130 o 140 milioni di anni fa, quando l'area attuale era completamente sommersa da un grande mare profondo, la Tetide. Per milioni di anni si susseguirono dei periodi in cui l'area era sommersa e dei periodi in cui le terre emersero dal grande mare⁶.

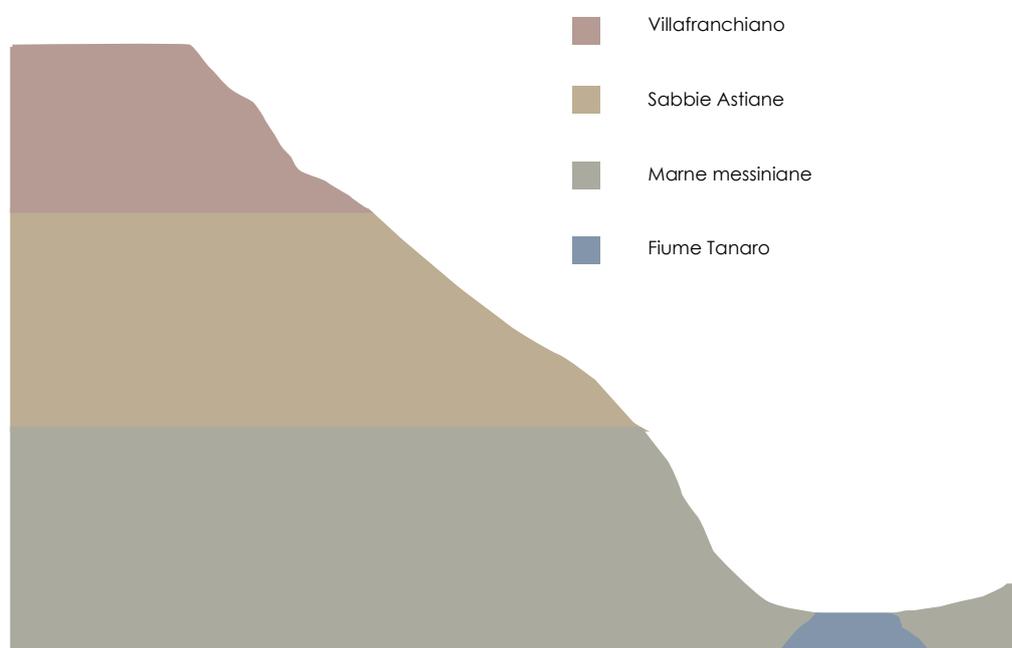
La grande fase dei movimenti orogenetici si chiuse con il periodo del Tortoniano che portò alla formazione della catena montuosa degli Appennini. In questa fase il terreno si fratturò portando all'emersione le terre del Monferrato, delle Langhe e delle colline Torinesi. Due grandi insenature corrispondenti all'attuale Cuneese e all'Alessandrino comunicavano attraverso un bacino di mare poco profondo, l'area denominata Bacino Pliocenico Astiano, di cui il Roero costituiva la porzione più occidentale.

Alla fine del Miocene, circa 5 milioni di anni fa, vi fu un nuovo cambiamento del clima e un nuovo innalzamento dell'Oceano Atlantico che portò ad una nuova immersione della zona, le Langhe e al Monferrato tornarono ad essere sommerse. L'area comprendeva il bacino pliocenico astigiano e i rilievi delle colline del Monferrato e delle Langhe in un ampio

⁶ G. Boano, B. Molino, U. Solfetti, *L'ambiente del Roero: caratteri geomorfologici, storici, naturalistici, Verderoero*, Torino, 1992.

braccio di mare profondo circa 200 metri. I sedimenti sabbiosi-ghiaiosi continentali e sabbiosi marini e argillosi marini si depositarono lungo tutto il periodo e distinsero tre fasce differenti che tutt'oggi rimangono e definiscono il sistema geologico del Roero: le argille di Lugagnano, riscontrabili nella parte bassa delle Rocche, le sabbie di Asti, che costituiscono le pareti verticali e il complesso Villafranchiano, ritrovabile nell'altopiano sommitale delle Rocche, detto anche l'altopiano di Poirino. Queste tre stratificazioni sono l'essenza geologica del Roero .
Le argille di Lugagnano o marne

di S. Agata, sono la base del fondo roerino e sono costituite da marne grigio-azzurre e carbonato di calcio, molto compatte ed erodibili e asportabili dallo scorrere dell'acqua, oggi impropriamente chiamate "Tufo". Trattengono molto l'umidità essendo compatte e porose. La loro genesi è databile circa 10,6 milioni di anni fa e oggi le troviamo nel territorio di Piobesi d'Alba, Guarene, Magliano. Inoltre su questi terreni si depositarono dei depositi gesso-solfiferi del Miocene superiore, sviluppatesi seguendo la direttrice del Roero che passa da Santa Vittoria – Alba – Govone gene-



Sezione stratigrafica dei terreni del Roero
Rielaborazione dell'autore

ratisi quando il ritiro del mare provocò un abbassamento delle acque e l'emersione delle terre. Il ritiro e l'evaporazione del mare, lasciò nel suolo un'elevata quantità di sali che, raggiunto il punto di saturazione, iniziarono a precipitare sul fondo dando origine a rocce evaporitiche come i gessi⁷.

Invece le sabbie di Asti, o astiane, sono formate da banchi marnosi-sabbiosi-ghiaiosi di colore giallastro e rappresentano l'anima verticale roerina riconoscibile a occhi nudo nelle alte e verticali pareti delle Rocche. Questi terreni sono molto permeabili e hanno una composizione prettamente sabbiosa.

A partire da 2 milioni di anni fa, Pliocene superiore o Pleistocene, il mare inizio a ritirarsi ed emersero le terre del Roero. In questo periodo è collocata la formazione dello strato superficiale che copre l'area, il complesso Villafranchiano. Questi sedimenti sono costituiti dai depositi lasciati dal corso dei fiumi e dalle alluvioni che scorrevano ed inondavano le terre emerse e sono costituite da sabbie e argille contenenti molti ossidi di ferro.

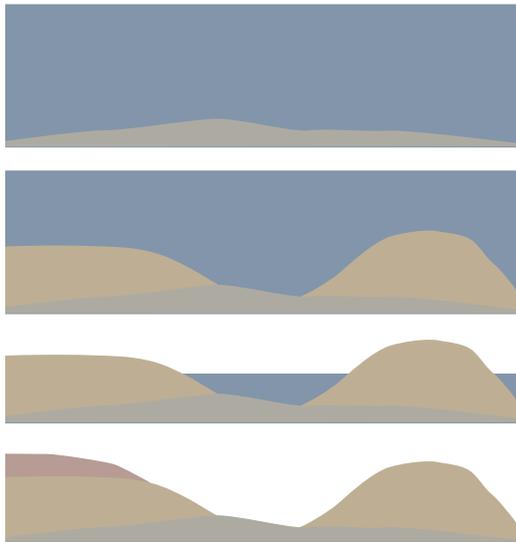
L'accumulo dei sedimenti portò alla diminuzione della profondità del mare. Si depositarono ovunque delle sabbie mentre l'ambiente continentale, per l'effetto dell'accumulo di inerti

lungo le coste dei torrenti, guadagnava terreno sovrapponendosi alle zone di dominio marino. Questi processi chiusero il ciclo marino pliocenico e portarono alla definitiva emersione di tutta l'area astigiana. Si formò così un vasto ambiente caratterizzato da una molteplicità di fiumi e zone paludose.

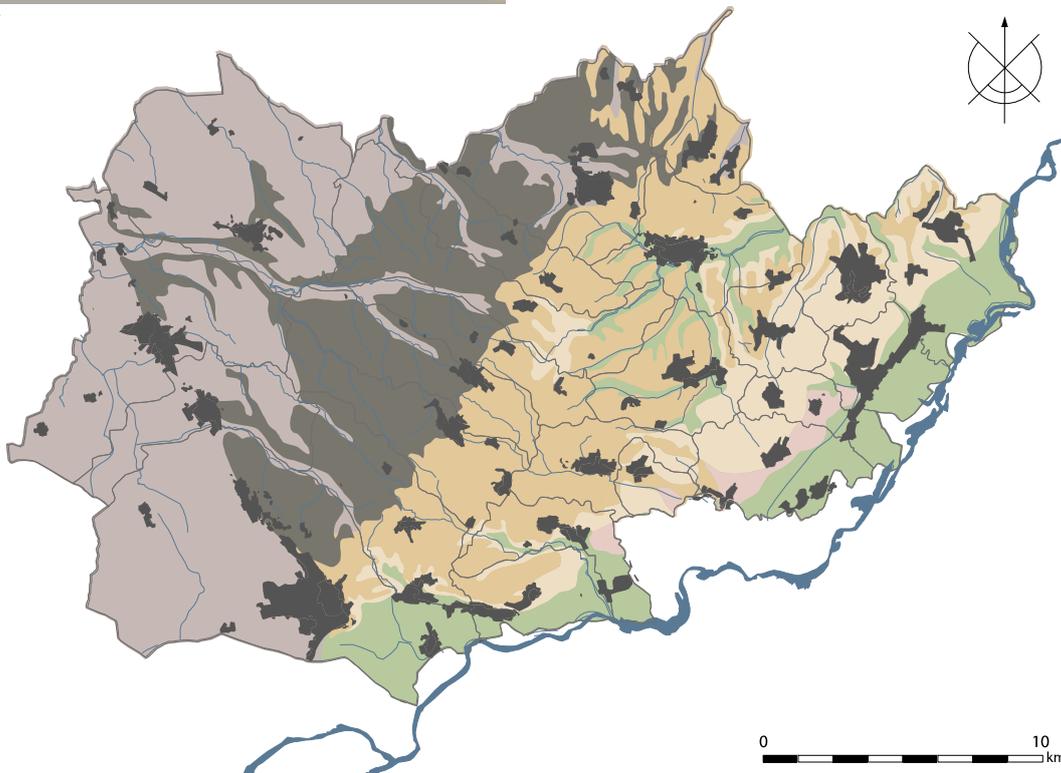


⁷ G. Boano, B. Molino, U. Solfetti, L'ambiente del Roero: caratteri geomorfologici, storici, naturalistici, Verderoero, Torino, 1992.

Ritiro del mare Tetide
Formazione degli strati di suolo



-  Villafanchiano
-  Sabbie Astiane
-  Marne di S. Agata
-  Formazioni gesso solfree
-  Depositi alluvionali
-  Villafanchiano superiore



Carta geologica del Roero
Geoportale Piemonte
Rielaborazione dell'autore

1.3 IL PALEO TANARO E IL TANARO

L'area delle Langhe, del Roero e del Monferrato era separata dal Fiume Tanaro che nei secoli erose e modificò il paesaggio da noi oggi conosciuto. Siamo nel quaternario, l'era delle glaciazioni e della comparsa dell'uomo. In quest'epoca collochiamo la formazione attuale del Roero e delle Rocche, segno tangibile del cambiamento del percorso del fiume Tanaro⁸.

All'origine del cambiamento del percorso di questo fiume vi sono molteplici fattori:

- L'erosione regressiva di testata di un corso d'acqua estraneo, ormai prosciugatosi, formatosi nei terreni pliocenici dell'albese, congiunti alla riva destra del fiume.
- L'erosione laterale ad opera del fiume stesso.
- I movimenti tettonici⁹.

Le caratteristiche dei depositi affioranti nell'area immediatamente a valle dell'attuale città di Bra, consentono di collocare questo fenomeno tra 230.000 e 140.000

8 Luciano Bertello, *Le rocche*, Astisio, Associazione Artistico-Culturale del Roero, Bra,

9 G. Boano, B. Molino, U. Solfetti, *L'ambiente del Roero: caratteri geomorfologici, storici, naturalistici*, Verderero, Torino, 1992.

anni fa. Il piano di corso del fiume era più alto di 60 metri e scorreva tra la collina di Santa Vittoria e di Verduno e si dirigeva verso il Po' passando per la pianura dove ora scorre lo stesso Tanaro. Raggiunto Cherasco, deviava davanti a Bra per poi passare per Sanfrè, Sommariva Bosco, Carmagnola per poi buttarsi nel Po nei pressi di Carignano¹⁰.

Avvenne allora che il corso del fiume, che scorreva tra le colline di S. Vittoria e Verduno, arretrò la sua testata per l'erosione regressiva, eliminando la cresta che lo separava dall'attuale bacino del Tanaro. Quest'ultimo iniziò lentamente ad incanalarsi verso Alessandria a causa dell'erosione delle sponde del fiume, che ne deviarono il percorso. Il nuovo innesto del Tanaro nel Po' si trovava 100 metri più in basso verso Alessandria e l'assetto idrologico mutò per adattarsi alle nuove caratteristiche morfologiche. Questo determinò una ripresa del fenomeno erosivo e dei processi di demolizione dei rilievi ad opera di corsi secondari che scorrevano nel Roero. Lo stesso corso del fiume divenne 70 metri più basso mentre i torrenti che arrivavano dal Roero erosero le pareti verticali.

Le rocche sono la testimonianza di questo spostamento ed abbassamento del corso del fiume, pareti sabbiose che arginavano il corso del Paleo Tanaro e dei

10 Luciano Bertello, *Le rocche*, Astisio, Associazione Artistico-Culturale del Roero, Bra,

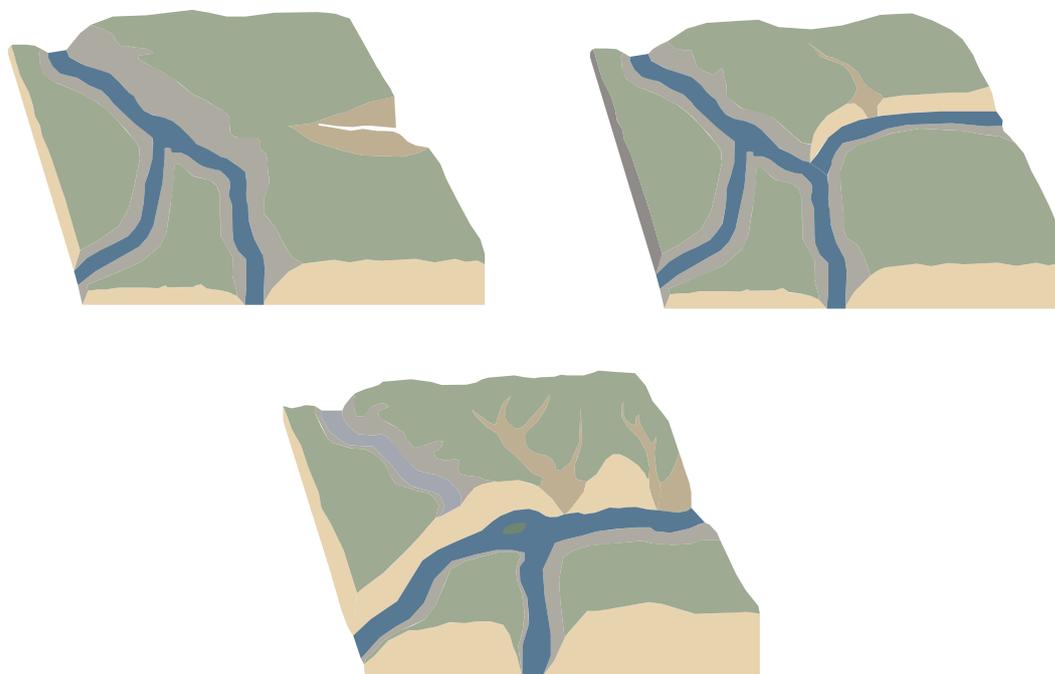
suoi affluenti. Questa frattura parte da S-SO nel territorio di Bra, prosegue con le medesime caratteristiche in direzione N-NE per una ventina di Km, entra poi nei terreni del Villafranchiano superiore prende la direzione NS e si chiude piegando verso N-NO contro la collina di Torino segnando il confine con l'altopiano di Poirino.

Ancora oggi l'ambiente del Roero è soggetto a fenomeni erosivi, il ruscellamento diffuso e l'azione della pioggia battente producono sulle Rocche effetti erosivi. L'area è suddivisa in parti distinte con caratteristiche e geni differenti. Il margine oc-

cidentale delle Rocche segna il confine dei depositi terziari pliocenici del Piacentino e quelli del Villafranchiano continentali. Nelle colline formate da rocce sedimentarie appartenenti al terziario troviamo i depositi marini che hanno dato origine a terreni marnosi.

I Sedimenti depositatisi nei secoli hanno variegato la composizione granulometrica e minerale dei sedimenti della zona. Questi materiali depositati nell'area hanno permesso all'uomo di utilizzare queste risorse per molteplici fini.

Sotto il profilo dei materiali da costruzione sono state rivenute



Cambiamento del percorso del fiume
Rielaborazione dell'autore

delle cave di gesso, originatesi nel Messiniano, nei comuni del Roero di Piobesi d'Alba, Cornelianò d'Alba, Monticello d'Alba, Santa Vittoria d'Alba¹¹.

Poco utilizzate sono le argille piacentiane per l'elevata frazione di sabbia che contengono. Le sabbie astiane e i sedimenti del Villafranchiano inferiore sabbioso, sono state sfruttate solo ai livelli superficiali per l'industria del vetro. Le ghiaie basali del Villafranchiano superiore vengono utilizzate come materiale inerte per il calcestruzzo.

Numerose sono le cave di argille del Villafranchiano superiore che alimentano l'industria dei laterizi, tipica della zona di Ceresole. Infine le terre locali vennero utilizzate nell'antichità come materiale per il confezionamento di malte.

11 Elisabetta Soletti, Walter Accigliaro, Antonio Adriano, Luciano Bertello, Massimo Martinelli, Baldassarre Molino, Gian Mario Ricciardi, Umberto Soletti, Roero: viaggio in una terra ritrovata, Imago, Badissero d'Alba, 1997.



1.4 LA FAMIGLIA DEI ROERO.

L'area del Roero è stata impregiata nei secoli dall'azione combinata della natura e dell'uomo che ha utilizzato i materiali che trovava sul luogo per costruire i borghi arroccati sulle colline. Queste operazioni artigianali hanno portato il paesaggio ad una perfetta integrazione fra architettura, natura e agricoltura.

In epoca romana, l'area svolgeva una funzione strategica perché era in una zona di collegamento tra le città romane di Asti, Alba e Pollenzo¹². Si sviluppò una fitta rete di strade, consolidata nel periodo del basso Impero e lungo queste strade sorsero i primi centri urbani: Magliano, Canale, Piobesi d'Alba, Corneliano d'Alba, Montà, Guarene, Santa Vittoria d'Alba, Monticello d'Alba.

La situazione rimase invariata fino alla caduta dell'Impero Romano d'Occidente quando, l'assenza di difese, permise la discesa delle popolazioni barbariche nel Roero. Queste s'impadronirono dell'area e installarono un sistema di potere basato sul possesso di vasti patrimoni fondiari. Fu l'embrione del feudalesimo, che costellò il Roero di

una prima serie di castelli difensivi e strategici.

Successivamente l'imperatore Ludovico III donò alla curia di Asti cinque pievi denominate il "nemus Cellar"¹³. Le terre donate facevano parte della foresta "Cellar" detta anche "Silva Popularis" che ricopriva la zona posta fra la linea delle rocche, che va da Cisterna a Pocapaglia, e la pianura occidentale che comprende la zona che va da Bra a Cellarengo. Queste erano terre quaternarie, con suoli di scarsa resa e quindi ancora occupate dalla boscaglia. Le cinque pievi con i rispettivi "tituli"¹⁴ ad esse annesse si trovavano nell'attuale territorio che oggi è conosciuto come Roero. Questo grande territorio costrinse la curia di Asti a servirsi di vassalli per la gestione della Cellar. Iniziò qui l'ascesa della casata dei Roero.

La famiglia riuscì a creare un vasto dominio signorile sulla sinistra del Tanaro, insediando innumerevoli villaggi e fortezze. Nonostante tutto non riuscì mai a ottenere un proprio sistema di indipendenza politico-territoriale a causa delle modalità del sistema

¹² Fresia R., *I Roero una famiglia di uomini d'affari e una terra*, Alba, 1995.

¹³ Soletti U., *Atlante storico, in Roero: Repertorio degli edifici religiosi e civili di interesse storico esistenti e scomparsi, degli insediamenti, dei siti, delle testimonianze archeologiche*, a cura di Molino B., Soletti U., Zezza d'Alba, 1984.

¹⁴ Molino B., *Profili storici e descrizioni, indice toponomastico in Roero: Repertorio degli edifici religiosi e civili di interesse storico esistenti e scomparsi, degli insediamenti, dei siti, delle testimonianze archeologiche*, Zezza d'Alba, 1984.

di vassallaggio che veniva loro assegnato dalle casate che si susseguirono nella città di Asti. Con il XI secolo si innescò rinnovamento nella gestione del potere e un periodo di pace che favorì un aumento demografico e dalla conseguente ricerca di nuove aree da urbanizzare. Gli abitanti locali si spinsero verso le rocche ed intaccarono la grande Cellar. Il sistema del feudalesimo portò ad avere nemici anche a breve distanza per la supremazia sulle terre locali. Inoltre, avvenne un trasferimento della popolazione dalle case isolate e sparse nel territorio, in piccoli centri di potere, arroccati intorno alla dimora

del signore, il castello. In questo rapporto di protezione installatosi fra signore e sudditi si formarono i borghi destinati a durare fino alla fine dell'Ottocento¹⁵.

I Roero diedero origine ad una stirpe suddivisa in una quindicina di rami che oggi raggruppa ventiquattro paesi.

15 Molino B., Profili storici e descrizioni, indice toponomastico in Roero: Repertorio degli edifici religiosi e civili di interesse storico esistenti e scomparsi, degli insediamenti, dei siti, delle testimonianze archeologiche, Zezza d'Alba, 1984



Il castello di Govone
Foto dell'autore

1.5 LA CANDIDATURA ALL'UNESCO E GLI EFFETTI SUL TERRITORIO.

Percorrendo l'area del Roero, le creste delle colline, i bricchi e le pianure incanalate fra le rocche, le fotografie del paesaggio che oggi si possono captare sono molteplici e differenti: la vite, i pini, i castagni, le nocciole, le colture frutticole e le distese di campi ordinati di cereali danno carattere al territorio. Gli insediamenti e le attività umane hanno intaccato marginalmente il paesaggio che preserva un elevato carattere di naturalità del territorio.

La particolarità dell'ecosistema unita all'unicità della conformazione geologica del territorio ha fatto sì che nel 1985 il territorio delle Rocche del Roero fosse dichiarato di notevole interesse geografico e tutelato da un apposito decreto ministeriale. (D.M 01.08 Legge Galasso 431/85). Inoltre, nel 2003 con la legge regionale n 27 è stata istituita la "Zona di salvaguardia dei boschi e delle Rocche del Roero" che comprende l'area territoriale compresa fra Bra, Baldissero d'Alba, Pocapaglia, Sommariva Perno, Sommariva Bosco e Sanfrè.

Il Roero è il risultato di due elementi profondamente legati fra di loro,

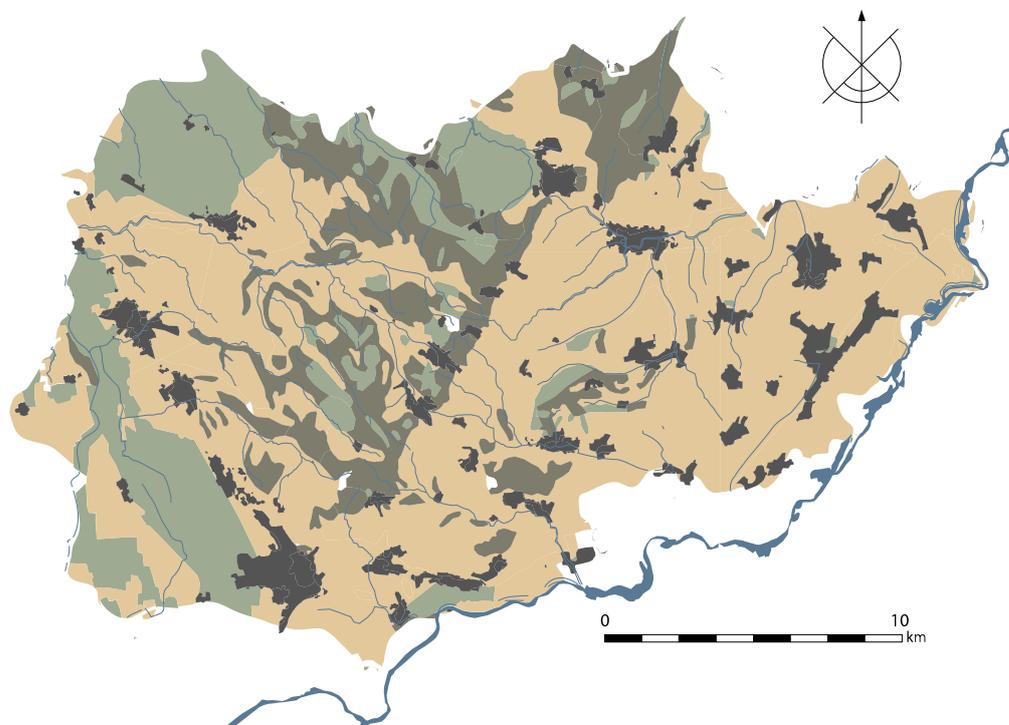
il lavoro e il paesaggio. L'agricoltura rappresenta un settore rilevante per il tessuto economico che è sopravvissuta grazie ad un cambio generazionale di giovani imprenditori agricoli attivi. Nel 1990 si contavano 8552 aziende totali concentrate sul territorio di Bra, Montà e Govone. Nel 2010 la situazione è molto cambiata, il numero complessivo di aziende è pari a 2765. Le piccole aziende però, hanno aumentato notevolmente la gestione delle superficie agricole per ciascuna azienda favorite dallo sviluppo della meccanizzazione. Molte si sono specializzate in produzioni intensive, ricercando maggiore qualità nei propri prodotti locali e l'ottenimento di certificazioni di alta qualità. Sono aumentate considerevolmente le aziende agricole Bio e in un'area delimitata viene prodotto un vino di alta qualità che prende il nome dell'area stessa: il Roero¹⁶.

A differenza delle aree vicine il Roero presenta una grande varietà di colture. La Langa si può riassumere in un ordinato e maestoso complesso di vigne sulle dolci ed alte colline, intervallate da aree a bosco e dalla coltivazione di nocciole. Il Monferrato offre un paesaggio più pianeggiante di colture ordinate e intensive. La tipicità del paesaggio rurale del Roero

16 Ilaria Pontiglione, Vautazione economica spazializzata del paesaggio del Roero: strumenti per la gestione di scenari di sviluppo territoriale, Tesi di laurea Magistrale, rel. Marta Carla Bottero, corel. Roberto Monaco, Politecnico di Torino, 2018.

invece è ricca di colture diverse. Nel 2006 sono stati candidati per rientrare nella lista dell'Unesco, l'ente internazionale che preserva e promuove i patrimoni dell'umanità. È la prima volta che l'Unesco riconosce un paesaggio vitivinicolo italiano come bene dell'umanità. La candidatura è stata promossa da una serie di enti e il sito tutelato si articola in un'area di 74 comuni piemontesi delle provincie di Alessandria, Asti e Cuneo. Quest'area rappresenta l'eccezionalità del paesaggio vitivinicolo piemontese per la sua profonda e radicata cultura del vino, testimoniata negli scritti degli autori storici locali. Altri im-

- Confini comunali
- Centri abitati
- Naturalità del paesaggio massima
- Artificializzazione del paesaggio alta
- Artificializzazione del paesaggio massima



^
 Naturalità del paesaggio
 Piano territoriale provinciale
 Rielaborazione dell'autore

portanti fattori che sono stati determinanti per la candidatura sono gli elementi storico-insediativi che caratterizzano il paesaggio fatti di castelli, di torri, di chiese e di nuclei rurali che si insediano sulle dolci colline e ai margini delle rocche. Il percorso alla candidatura ebbe inizio nel 2006. Nel 2008 venne approvato un accordo di intesa tra i vari enti coinvolti per la stesura di un progetto sulla candidatura che venne registrato a partire dal 2011.

Il criterio fondamentale per poter diventare patrimonio mondiale è l'eccezionale valore universale di un sito, valore che esprime un significato culturale o naturale da tutelare e promuovere per la conservazione presente e futura. Inoltre, il sito deve soddisfare le condizioni di integrità e di autenticità ed essere dotato di un sistema interno che ne garantisca la tutela e la promozione. Il valore universale dell'area vitivinicola piemontese è rappresentato dalla cultura del vino che si è trasmessa ed evoluta dall'antichità fino ad oggi, costituendo uno dei pilastri fondamentali dell'economia locale¹⁷.

Dal 2014 il territorio della Langa, del Monferrato e del Roero è entrato a fare parte della lista dei patrimoni tutelati dall'Unesco portando un nuovo impulso all'economia che si è sviluppata esponenzialmente per soddisfare e offrire dei servizi al turismo

crescente. Negli ultimi anni si sono sviluppate delle attività turistiche di nicchia fatte di enogastronomia, cultura e natura. L'area delle Langhe, del Monferrato e del Roero oggi offre una molteplicità di percorsi fra le aziende locali, di visite guidate ai monumenti della storia e di percorsi ciclo pedonali fra le rocche e i vigneti. Sono state poste le basi per uno sviluppo guidato basato sulla valorizzazione delle risorse locali in modo da rendere completa l'offerta turistica legata all'enogastronomia e ai prodotti agricoli locali.

Il nobile compito di attuare questi progetti di valorizzazione locale spetta all'Ente Turismo Alba Bra Langhe e Roero, al GAL Langhe e Roero leader e all'Eco Museo delle Rocche del Roero che sono le principali associazioni d'informazione turistica locale.

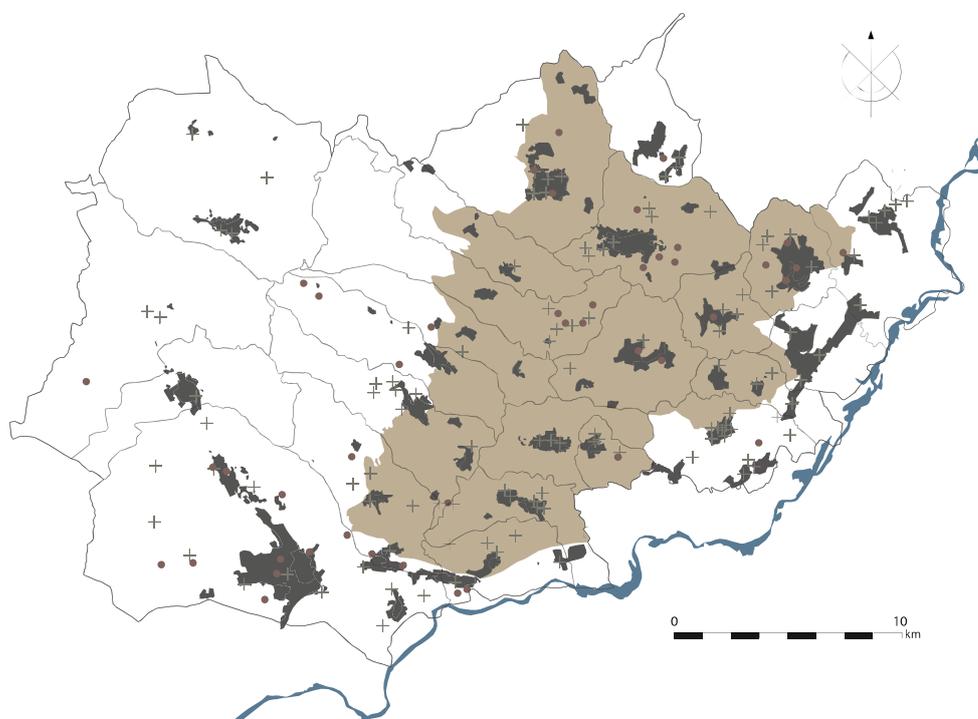
L'Ente Turismo Alba Bra Langhe e Roero è una società che venne costituita nel 1996 ed è riconosciuta dalla Regione Piemonte come agenzia di promozione turistica locale. L'obiettivo di questo ente è di creare un sistema di promozione mediante i diversi canali di comunicazione, per mirare a un ampliamento dell'offerta turistica raggiungendo una ampia gamma di proposte basate sulla biodiversità dell'enogastronomia e della cultura paesaggistica locale¹⁸.

Il GAL (gruppo di azioni locale) Langhe e Roero Leader è

una società a partecipazione pubblica che rappresenta gl'intenti socio-economici del territorio promuovendo gli interessi istituzionali, economici e commerciali mediante l'attuazione di progetti e iniziative utili allo sviluppo territoriale sul piano economico, sociale e culturale. Il GAL promuove i P.S.L. (Piani di Sviluppo Locali) volti a valorizzare le risorse specifiche dell'area, analizzando i punti di forza ed intervenendo sui punti di debolezza¹⁹. Infine, l'Ecomuseo delle Rocche del Roero è associazione locale

- Confini comunali
- Centri abitati
- Area del disciplinare Roero
- Aziende agricole Bio
- ⊕ Strutture ricettive

19 www.altalangaleader.it



Attività agriloce, ricettive del Roero
www.consorziodelroero.it
 Rielaborazione dell'autore

che si occupa di valorizzare il patrimonio naturalistico, quello storico-artistico e gli stili di vita tradizionali. È stato istituito nel 2003 dalla Regione Piemonte ed ha il compito della documentazione, della tutela e dello sviluppo del processo di antropizzazione dei borghi delle Rocche che si sono impiantati sulla cima delle colline e presiedono e proteggono il territorio²⁰.

Il Museo diffuso delle Rocche ha sede nel comune di Montà che presiede quest'organizzazione che tutela le tracce delle società rurali e predispone

servizi e percorsi ciclo-pedonali per far conoscere ai fruitori del paesaggio la comunità e la sua storia. Gli elementi contenuti nel museo sono il paesaggio e tutte le sue peculiarità che lo contraddistinguono, ma anche l'architettura storica e le testimonianze della tradizione della vita locale.

20

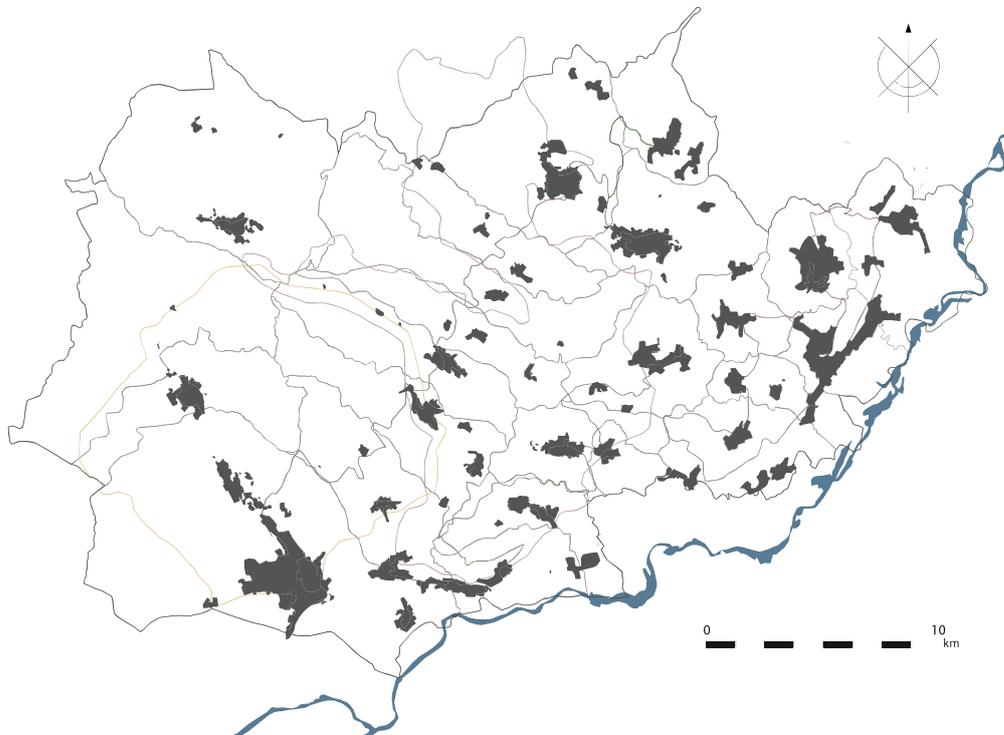
www.ecomuseodellerocche.it



Percorsi ciclo pedonali

www.ecomuseodellerocche.it

- Confini comunali
- Centri abitati
- Percorso ciclabile: pedalando tra le rocche del Roero
- Percorso pedonale: Sulle tracce delle Masche
- Percorso pedonale: Grande sentiero del Roero
- Percorso pedonale: Roero centrale
- Percorso pedonale: Roero Orientale



Percorsi pedonali e ciclabili nel Roero
www.ecomuseodellerocche.it
 Rielaborazione dell'autore

2 MATERIALI DA COSTRUZIONE

2.1 LE CASE DEL ROERO

In questa seconda parte verranno analizzati in maniera più approfondita i sistemi costruttivi tipici del Roero, quelle architetture vernacolari che segnano il paesaggio e lo hanno caratterizzato nel tempo.

Se si dovesse scegliere un simbolo della storia millenaria del Roero il riferimento cadrebbe sul castello, dimora dei nobili Roero attorno a cui si costruirono i borghi di sommità e le tradizioni di vita popolari. Le fortificazioni oggi rappresentano un'importante richiamo turistico e culturale sul profilo storico, artistico ed architettonico e sono meta ambita di viaggi organizzati dalle associazioni di promozione locale.

Oltrepassando le mura del castello ritroviamo le sottostanti costruzioni della "villa", aventi un carattere contraddittorio rispetto alla dimora del signore. Erano case anguste, raggruppate e soffocate come un gregge sulle colline del Roero²¹. I resti delle fortificazioni storiche del Roero sono circa una ventina, distinti fra torri, castelli e palazzi signorili con una tipologia varia ed estesa nel tempo a partire dall'alto

21 Elisabetta Soletti, Walter Accigliaro, Antonio Adriano, Luciano Bertello, Massimo Martinelli, Baldassarre Molino, Gian Mario Ricciardi, Umberto Soletti, Roero: viaggio in una terra ritrovata, Imago, Badissero d'Alba, 1997.

medioevo fino ad arrivare alle dimore di campagna del Settecento²².

In ogni paese del Roero oggi ritroviamo almeno un manufatto storico mentre nel corso dei secoli furono circa una novantina le opere difensive erette sul territorio. Tante sono scomparse e la loro conoscenza è relativa ai toponimi e ai catasti. Le tracce di storia che sono visibili sul Roero risalgono agli ultimi mille anni di storia²³.

Sono almeno una trentina i castelli nati per controllare i feudi appartenenti alla curia di Asti nel Medioevo, voluti per differenti fattori: centralità dell'opera forte nella nuova giurisdizione, posizioni più difendibili, punti nodali per il superamento della fascia boschiva delle rocche, ecc. È il momento di storia che ha lasciato l'impronta maggiore. Il castello o la torre dominano dall'alto gruppi di case, aggrappate alla sommità delle pareti collinari.

Le borgate erano popolate da famiglie insediate nel luogo

22 Walter Accigliaro, Il Roero: repertorio artistico: materiali sulle architetture e le opere d'arte dall'Alto Medioevo all'Ottocento, Astisio, Associazione artistico-culturale del Roero,

23 Molino B., Profili storici e descrizioni, indice toponomastico in Roero: Repertorio degli edifici religiosi e civili di interesse storico esistenti e scomparsi, degli insediamenti, dei siti, delle testimonianze archeologiche, Zezza d'Alba, 1984



Abitazione, Corneliano d'Alba

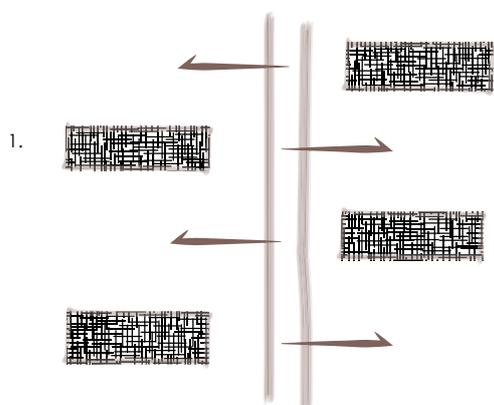
Foto dell'autore



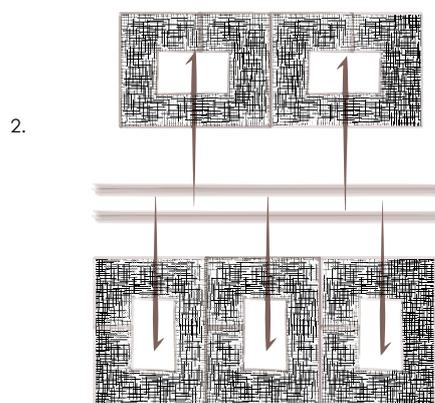
da generazioni e quindi ben radicate nella cultura e nelle consuetudini del posto. Ogni famiglia disponeva di un'abitazione privata e di uno spazio comune per la sosta dei carri agricoli. Queste erano raggruppate in piccoli borghi segnati da piloni votivi. La presenza della strada dava origine a sistemi urbani differenti. Quando gli abitati erano chiusi e compatti, le dimore erano prevalentemente a scacchiera ed erano disposte parallelamente all'asse stradale. Presentavano fronti chiusi su strada e fronti aperti sulla corte interna. Ogni abitazione aveva annessi un'aia ed un fienile e

aveva un carattere introverso che ruotava intorno al cortile al quale si accedeva mediante un androne d'ingresso che attraversava l'edificio rurale.

Oltre alla classica disposizioni a scacchiera, la strada poteva dare origine ad una disposizione a pettine. Scompaiono così i fronti continui che vengono sostituiti da una serie di fronti molto finestrati verso sud e da fronti chiusi e poco finestrati verso nord. A volte l'intera borgata aveva questa disposizione urbana, generata da esigenze legate alla bioclimatica. Le case si sviluppavano ortogonalmente rispetto alla strada da cui si accedeva direttamen-



1.
1. Distribuzione a pettine



2.
2. Distribuzione a scacchiera



Schemi distributivi del tessuto urbano
Rielaborazione dell'autore

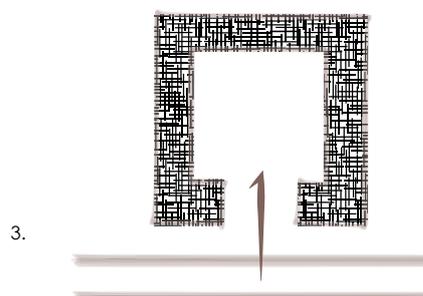
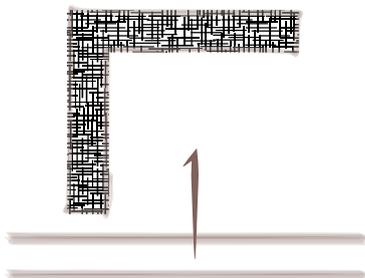
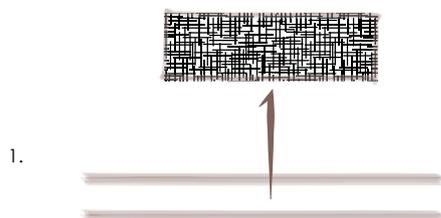
te nel cortile. In alcuni casi era presente una tipologia mista fra scacchiera e pettine, legata alla morfologia del terreno. Infine, ritroviamo casolari e cascine sparsi sul territorio ed isolate sulle creste delle colline, in prossimità di poderi, lungo le vie secondarie e al termine di strade private²⁴.

Le case rurali erano generate intorno ad un'aia centrale, su cui si affacciano l'abitazione e i locali di servizio dotati di un ballatoio di distribuzione, usato princi-

24 Elisabetta Soletti, Walter Accigliaro, Antonio Adriano, Luciano Bertello, Massimo Martinelli, Baldassarre Molino, Gian Mario Ricciardi, Umberto Soletti, Roero: viaggio in una terra ritrovata, Imago, Badissero d'Alba, 1997.

palmente per l'essiccazione dei prodotti. La tipologia più diffusa era ad L o a C con muro di cinta a delimitare un perimetro. Meno diffusa era la tipologia in linea, costituita da un lungo fabbricato avente al suo interno tutte le funzioni agricole ed abitative. La parte abitativa era facilmente riconoscibile perché era intonacata mentre i locali di servizio presentavano gradi aperture ai piani superiori, usati come fienili o per l'essiccazione dei prodotti agricoli²⁵.

25 Gianni Amaudo, Le case del vino: elementi linguistici del paesaggio vitivinicolo, L'Artistica Editrice, Savigliano, 2008.



1. Case in Linea

2. Case a "L"

3. Case a "C"



Schemi distributivi delle abitazioni
Rielaborazione dell'autore

2.2 LETIPOLOGIE DI MURATURA

Le murature sono classificabili in alcune categorie a seconda della materia con cui vennero realizzate:

Murature in mattoni in cotto

Le murature erano formate da più corsi di laterizio, legate fra loro da malte povere di calce e da terra. La muratura poggiava su fondazioni di laterizio o pietra, direttamente poggiate sul terreno di fondazione che era circa 80 cm più basso del livello di campagna, in modo da togliere la parte organica del terreno, per ricercare quella più compatta. Le murature in laterizio potevano essere di varie tipologie. Le più comuni erano quelle a sacco realizzate componendo i muri esterni con laterizio e l'interno con una pasta di calce e ciottoli di fiume di varie dimensioni. Altrettanto comuni erano le murature piene in laterizio, costituite da più corsi di mattoni sfalsati e legati tra loro da mattoni trasversali. Venivano utilizzati specialmente nelle parti complesse e strutturali, perché dotate di elevate prestazioni a compressione come negli angoli, nella realizzazione di pilastri e di volte. I mattoni pieni erano composti d'argilla selezionata accuratamente, pressata

in forme, lasciata maturare ed infine cotta nei forni delle borgate.

Murature in pietra

Le pietre da costruzione provenivano principalmente dall'attività di dissodamento dei campi. I contadini erano anche costruttori e l'arte di costruire le case rurali veniva tramandata tra le diverse generazioni. Le fondazioni delle abitazioni erano poggiate sul terreno compatto scavato a 80 cm dal livello di campagna, e realizzate con malte di calce mista a pietra. Su queste posavano le murature, pietre squadrate posate a secco o legate con calce e terra locale. I muri erano spessi e resistenti e per livellare il piano d'appoggio delle pietre superiori, irregolari a causa della forma anomala delle pietre, venivano usate scaglie e ciottoli di pietre minori, posizionate nella parte interna della muratura. Le maestranze contadine avevano particolare riguardo nei confronti dell'immagine finale dell'architettura e selezionavano le pietre per le facciate delle pareti con cura, in modo che fossero più regolari possibili. Inoltre, quelle più squadrate venivano lasciate per gli angoli, parti più critiche a livello strutturale. Per rinforzare l'edificio talvolta, nelle parti strutturali, quali pilastri e archi, venivano utilizzati mattoni di laterizio, legati con malta di calce alla muratura in pietra.

Murature in mattoni crudi

I contadini avevano imparato ad utilizzare la terra per la realizzazione delle proprie abitazioni, con differenti modalità di impiego nell'edilizia, a seconda della funzione e del tipo d'impiego richiesto. Questa tecnologia era utilizzata principalmente in quei luoghi in cui l'unica materia disponibile in grandi quantità era la terra. Le abitazioni erano realizzate secondo differenti tecniche, a seconda dell'uso della materia terra e dell'accoppiamento con altri materiali da costruzione. Poggiavano sempre su fondazioni in pietra o laterizio legati da malte di calce, che si sopraelevavano rispetto al piano di campagna di qualche decina di centimetri, per evitare che l'acqua erodesse le murature in terra cruda. Sopra, poggiavano le differenti tipologie di muratura fatte in mattoni in terra cruda.

Questi mattoni erano costituiti da masse d'argilla disseccate all'aria ed induriti dall'azione del sole. Nel Roero il terreno risulta essere prevalentemente argilloso, caratteristica ottimale per la realizzazione di questi elementi costruttivi. La terra veniva raccolta in autunno, ibernata in inverno in maniera che la parte organica venisse eliminata ed infine veniva lavorata in primavera. Era setacciata e posta in casseri sabbiati per la realizzazione del blocco. Successivamente, veniva inumidito l'impasto,

in modo da dargli plasticità e renderlo lavorabile per realizzare i mattoni. Infine, l'impasto ottenuto, veniva pressato nello stampo e lasciato maturare. Gli elementi venivano posati in opera a corsi sfalsati, in modo da legare insieme la muratura. Le pareti erano composte da più corsi di mattoni in terra, legati fra loro da elementi trasversali.



1. Cornelliano d'Alba
 2. Veza d'Alba
- Foto dell'autore



1.Santo Stefano Roero
2.Montà d'Alba
Foto dell'autore

3 FINITURE SUPERFICIALI

3.1 L'INTONACO DEL ROERO: STORIA E TRADIZIONE

L'intonaco è lo strato superficiale che costituisce la "pelle" dell'edificio e ha la funzione di rivestire le strutture edilizie interne ed esterne. È costituito da una miscela di leganti, aggregati, acqua d'impasto e additivi denominata malta. La classificazione del tipo di malta viene fatta in funzione della composizione, del numero di strati, del tipo di lavorazione, delle prestazioni e del tipo di rivestimento. Gli strati dell'intonaco hanno assunto nel tempo denominazioni diverse a seconda dei luoghi. Ogni strato ha un proprio nome e, partendo dall'interno, vengono distinti in:

- Strato di ancoraggio al supporto: Rinzafo.
- Strato di livellamento o di corpo: Arriccio.
- Strato di finitura: intonachino o velo²⁶

Per convenzione eventuali tinteggiature vengono considerate come sistemi a sé stanti. Quest'ultime sono degli strati di finitura esterna che hanno funzione protettiva ed estetica e sono formate da un legante come calce, cemento bianco, resine

sintetiche, disciolte in una sospensione acquosa, con o senza l'aggiunta di pigmenti coloranti. Il colore nel tempo, dato dalla superficie finita dell'intonaco o da eventuali tinteggiature, ha avuto un'importanza determinante nella definizione dell'ambiente urbano e ne ha caratterizzato l'immagine storica.

L'utilizzo dell'intonaco è documentato fino dall'antichità, a partire dal Neolitico quando veniva confezionata una malta a base di terra e acqua per coprire le rudimentali capanne. Nel museo civico "Federico Eusebio" di Alba, è stata ricostruita sperimentalmente la tipica capanna del Neolitico denominata "corso Langhe 65" dove gli studi dimostrano che già al tempo l'uomo di queste terre piemontesi, utilizzava la terra miscelata alla paglia per proteggere le proprie capanne fatte di intrecci di tronchi rivestiti da fasci di canne²⁷.

Successivamente la tecnica del rivestimento venne affinata, utilizzando la sabbia e l'argilla, il gesso o la calce come materiale legante dall'epoca minoica fino a quella romana. A confermare ulteriormente queste teorie sono i particolari dell'affresco della "domus di via Cerrato" custoditi nel museo civico "Federico Eusebio" di Alba, realizzati su intonaco a fondo nero. L'area del

²⁶ Carlo Amedeo Reyneri, *Intonaci in bioedilizia*, EdicomEdizioni, Monfalcone, 2010

²⁷ Egle Micheletto, Maria Cristina Preacco, Marica Venturino Gambari, *Civico Museo "Federico Eusebio" di Alba, 1. Sezione di archeologia*, Regione Piemonte, Alba, 2000.

Roero è ricca di giacimenti gesso-solfiferi formatisi nel Miocene superiore quando il mare Tetide, che copriva la Pianura Padana, iniziò a ritirarsi lasciando un'elevata quantità di sali che iniziarono a precipitare dando origine a rocce evaporitiche di gesso. Molti ritrovamenti sul territorio e i ritrovamenti di alcune cave dismesse, come quella di Monticello d'Alba, testimoniano l'utilizzo di questo materiale come legante storico. Inoltre, il museo "Federico Eusebio", dedica una sezione ai ritrovamenti delle murature di epoca romana costituite da mattoni in cotto e malte a base di calce derivante dalla

cottura dei calcari locali²⁸. Le malte concorrevano a definire l'aspetto delle città in quanto erano utilizzate come intonaci per le murature, come malte di allettamento e come malte per decorazioni. Spesso, sulle superfici intonacate, venivano dipinti affreschi o decorazioni con colori a base di calce colorati con pigmentazioni naturali o terre coloranti. Per terre coloranti s'intendono le sostanze minerali che possono essere impiegate in polveri o

28 Egle Micheletto, Maria Cristina Preacco, Marica Venturino Gambari, Civico Museo "Federico Eusebio" di Alba, 1. Sezione di archeologia, Regione Piemonte, Alba, 2000.



Sezione reperti romani
Museo Civico Federico Eusebio
Foto dell'Autore

all'interno di sistemi dispersivi come pigmenti coloranti²⁹. La caratteristica comune è il carattere "terroso", ovvero la granulometria del materiale. Tra le tante impiegate, il gruppo di maggior rilevanza è quello in cui il composto impiegato contiene un ossido, un idrossido o un silicato idrato di ferro³⁰.

Tornando al Roero, nel medioevo gli sviluppi della tecnica ebbero un freno dovuto alla situazione di stallo in cui le popolazioni migrarono dalle campagne ai piccoli centri urbani di nuova costruzione, arroccati sulla cima delle colline e protetti dalla dimora dei nobili Roero. Qui prevalse una certa rusticità nel costruire con edifici privi d'intonaco e murature con mattoni in cotto a vista. Il clero locale fu l'organismo che più di altri promosse lo sviluppo in campo architettonico e in campo pittorico. Nella cappella cimiteriale di "San Ponzio e Sant'Eligio" di Monticello d'Alba, tutt'ora sono visibili gli affreschi di maggior vetustà del Roero, realizzati su intonaco a calce³¹.

La tecnologia dell'intonaco venne ripresa con il fiorire del

29 Elena Pecchioni, Fabio Frattini, Emma Cantisani, *Le malte antiche e moderne: tra tradizione ed innovazione*, Patron Editore, Bologna, 2008.

30 Paolo Scarzella, *Terre coloranti naturali e tinte murali a base di terre : monografie e catalogo delle collezioni di terre coloranti e di campioni di coloriture a base di terre allestite al Politecnico di Torino*, Stamperia artistica, Torino, 1989.

31 Walter Accigliaro, *Roero: Repertorio Artificio*, Asti, Regione Piemonte, Bra, 2009.

Rinascimento ed applicata per le finiture delle residenze della casata dei Roero che utilizzavano la malta di calce colorata o tingeggiata per abbellire le proprie residenze, alternando alcune parti intonacate ai mattoni in cotto lasciati a vista³². Le residenze acquistarono caratteri più fini e raffinati e persero via via la matrice difensiva tipica del Medioevo. Gli scrittori locali che hanno consultato gli archivi delle residenze riportano la mancanza di fonti precise sugli interventi realizzati, sui nomi dei mastri da muro che li hanno realizzati e sui committenti delle casate del Roero. Allo stesso tempo documentano il periodo di trasformazione di alcune di queste dimore raccontando come le facciate medioevali dei castelli, vennero mascherate da nuove facciate rinascimentali.

Walter Accigliaro racconta in maniera precisa all'interno del suo libro "Roero: Repertorio Artistico" come sul finire del '500 vi fu un cambio d'esigenza e di gusto da parte dei nobili signori che piano piano trasformarono le proprie fortezze medioevali in residenze castellane.

Il castello di Ceresole d'Alba, databile al XIV secolo, venne bruciato da parte delle truppe spagnole in una battaglia del 1544. A seguito di tale evento e in conseguenza dei danni riportati

32 Piovano A., Fogliato L., Cigna G., *I castelli. Itinerari di poesia, storia, arte nel Cuneese di ieri ed oggi*, Cavallermaggiore, 1994.

il castello subì le prime modifiche che trasformarono completamente la residenza fortificata in palazzo rinascimentale.

Stessa sorte subì il castello di Sanfrè, databile anch'esso al XIV secolo, che fu distrutto sempre dalle truppe spagnole ma nel 1558. Nella prima metà del XVI secolo il castello fu ampliato e gli venne dato un aspetto chiaramente rinascimentale.

Come il castello di Ceresole d'Alba e di Sanfrè, anche il castello di Pocapaglia venne parzialmente distrutto dalle invasioni ma delle truppe francesi nel 1536. Nell'ultimo quarto del cinquecento le casate dei Falletti e

dei Crevetta attuarono una serie d'interventi volti alla trasformazione del precedente nucleo fortificato in residenza nobiliare con un aspetto totalmente rinnovato. Gli interventi di trasformazione del castello di Montà, che mutarono l'immagine della residenza, iniziarono nel 1501 su commissione di Alessandro Malabaila. Invece, nel 1605, il "mastro da muro" Giovanni Soldato, lavorò sul castello di Canale, cambiando considerevolmente l'aspetto esterno ed interno della dimora signorile.

Ad ulteriore testimonianza delle trasformazioni cinque-seicentesche ritroviamo la riedificazione



Chiesa di San Ponzio e Sant'Eligio

Monticello d'Alba

Foto dell'autore

del castello di Castellinaldo ad opera della famiglia Damiano. Nel 1594 in un atto di divisione il castello venne descritto come “Castello Bianco di cima in fondo (...)” a testimoniare il colore della superficie di rivestimento³³.

Le finiture esterne e il linguaggio compositivo delle opere signorili, coinvolsero dapprima l'architettura religiosa, poi quella pubblica ed in seguito quella privata minore innescando un gusto per il bello che trasformò i borghi da centri rurali a connotazione elegante e borghese.

Sul finire dell'Ottocento questo gusto estetico si affinò ulteriormente. L'intento era quello di creare abitazioni di rappresentanza sul piano sociale per esprimere l'importanza della famiglia. Le abitazioni rurali vennero decorate con lesene, fregi, porticati ed eleganti portoni a seconda del gusto della famiglia. L'assenza assoluta di progettazione da parte di architetti, lasciò ampia libertà creativa al gusto delle maestranze locali che realizzarono le opere sui suggerimenti dei committenti stessi.

Il mondo contadino legato alle campagne del Roero, utilizzava intonaci in calce stabilizzati con le terre del territorio che vanno dal giallo dei sedimenti pliocenici delle sabbie astiane, al grigio delle marne di Sant'Agata passando per un'infinità di sfumature intermedie. Inoltre,

utilizzavano le sabbie provenienti dai torrenti locali come aggregato per gli intonaci in calce. Ancora oggi molte di quelle abitazioni conservano l'originaria superficie di rivestimento che poteva essere grezza, del colore dei suoi componenti o tinta con colore a calce e terre coloranti³⁴.

L'aggiunta di terra nella malta confezionata con le sabbie locali, veniva utilizzata per migliorare la resistenza all'umidità perché i minerali argillosi sono in grado di assorbirla e regolarla. Inoltre, veniva impiegata perché contrasta il ritiro di volume durante la carbonatazione della calce, favorendo la stabilizzazione dell'impasto. Degli studi effettuati sulle antiche costruzioni del Cremonese riportano delle indagini fatte su delle malte in calce e terra in cui la frazione argillosa corrispondeva al 10 %. Questa quantità assicura una buona resa delle superfici senza che vengano compromesse le caratteristiche meccaniche³⁵.

L'impiego della terra argillosa veniva utilizzata come legante nelle località contadine dove, vi erano scarse risorse economiche e i siti erano lontani dalle cave d'estrazione di altri leganti. La mescolanza di questo materiale

33 Walter Accigliaro, *Roero: Repertorio Artificio*, Astio, Regione Piemonte, Bra, 2009

34 Baldassarre Molino, *Tra cielo e terra: i colori dell'abitare a Monta: il paino colore del comune di Monta*, Comune di Monta, 1997

35 Elena Pecchioni, Fabio Frattini, Emma Cantisani, *Le malte antiche e moderne: tra tradizione ed innovazione*, Patron Editore, Bologna, 2008.

con la calce e la sabbia, oppure solo con la sabbia, ha una duplice funzione ovvero ridurre la necessità di leganti, che hanno costi superiori alla risorsa reperibile direttamente sul territorio, e stabilizzare le malte rendendo l'impasto più omogeneo.

Nonostante le malte venisse utilizzate frequentemente per murature povere, è sorprendente notare come si siano comportate molto bene nel tempo, sopportando e resistendo ai climi rigidi degli inverni del Roero e all'esposizione dell'azione dell'acqua.

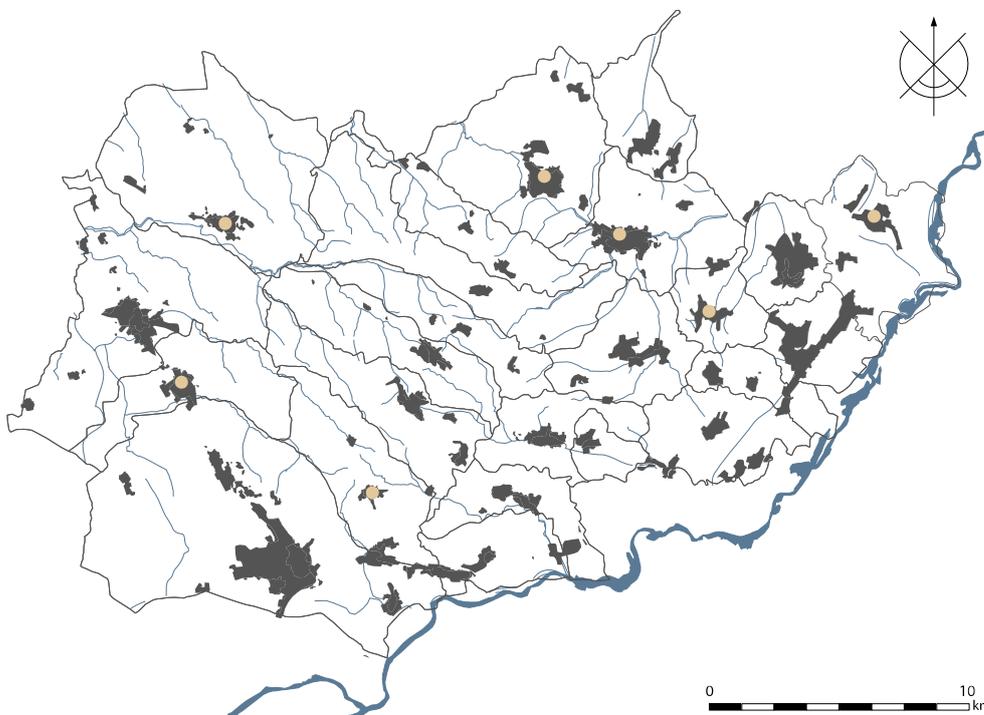
Vengono in seguito descritti, mediante documentazione fotografica, degli edifici storici ancora oggi esistenti sul territorio del Roero che preservano gli intonaci originali. Sono state realizzate delle schede in cui vengono date delle informazioni relative all'ubicazione dell'edificio e del tipo di rivestimento. Vengono da prima illustrate le dimore dei nobili del Roero e poi vengono riportati degli edifici appartenenti al tessuto minore, che nei secoli hanno subito l'influenza stilistica dettata dalle casate dell'area.

CASTELLI DEL ROERO

CASTELLI DEI COMUNI

Canale
Castellinaldo
Ceresole d'Alba
Govone
Montà
Pocapaglia
Sanfrè

- Confini comunali
- Idrografia
- Centri abitati
- Castelli del Roero



Intonaci dei castelli del Roero
Rielaborazione dell'autore

Canale

1. Castello Malabaila, Canale
2. Particolare della muratura, residui della tinta a calce su muratura in laterizi.



2.

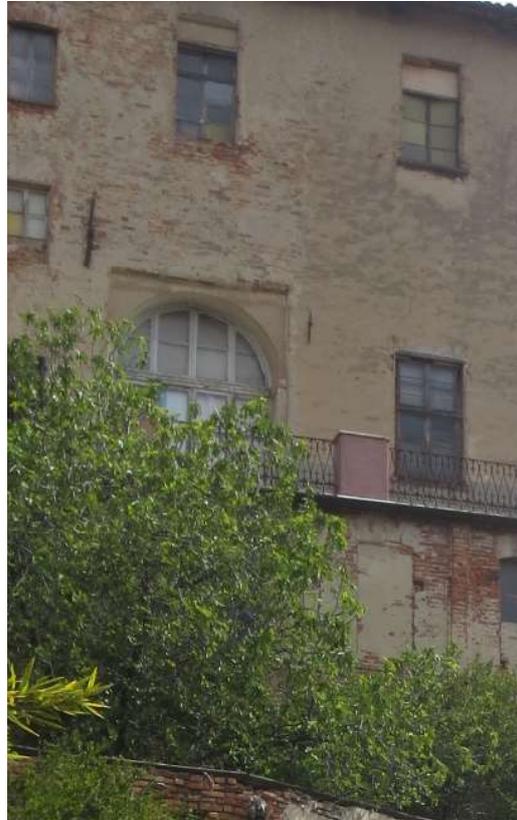
1.



Castellinaldo

1. Castello Damiano, Castellinaldo

2. Particolare della muratura, residui di intonaco su muratura in laterizi



2.

1.



Ceresole d'Alba

1. Castello di Ceresole d'Alba.

2. Particolare della muratura, residui di differenti tipi di finitura su intonaco

3. Particolare della muratura, residui di decorazioni su intonaco. Sulla tinta si possono vedere i giunti fra mattoni dipinti.



2.



3.

1.



Govone

1. Castello Reale, Govone.

2. Particolare della muratura, residui di intonaco su muratura in laterizi.

3. Particolare della muratura, muffe e macchie di umidità.



2.



3.

1.



Montà d'Alba

1. Castello di Montà d'Alba.
2. Particolare della muratura, macchie di umidità su intonaco.



2.

1.



Pocapaglia

1. Castello di Pocapaglia.
2. Particolare della muratura, Tinta a base di calce su intonaco.



2.

1.



Sanfrè

1. Castello di Sanfrè.

2. Particolare della muratura,
Tinta a base di calce su intona-
co.

3. Particolare della muratura,
lacune dell'intonaco



2.



3.

1.



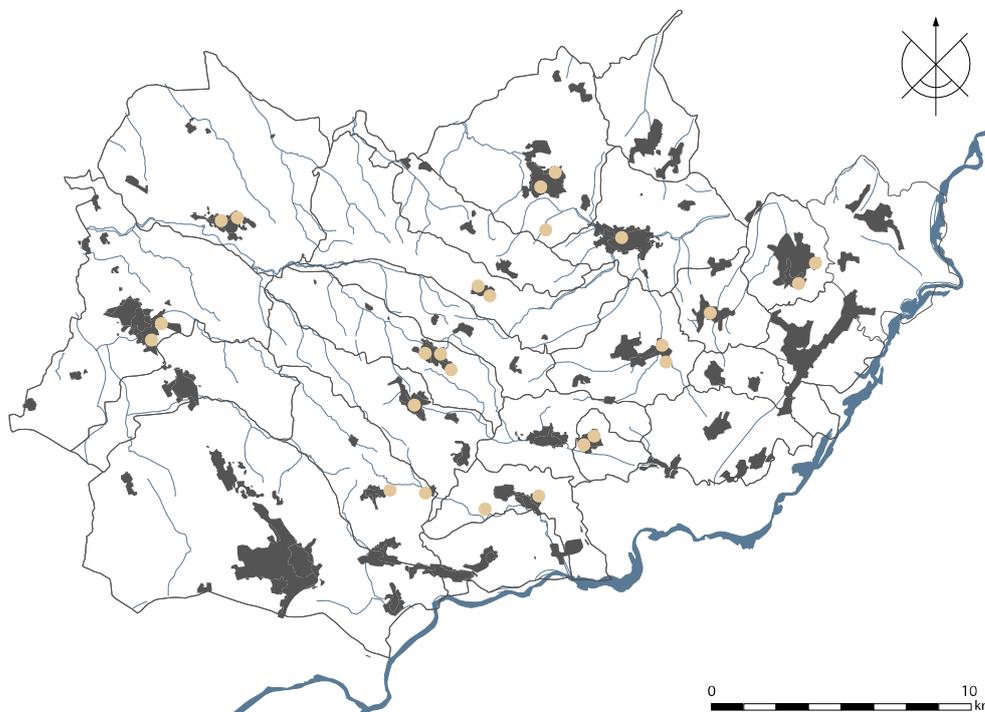
ABITAZIONI RURALI

ABITAZIONI RURALI DEI COMUNI

Baldissero d'Alba
Canale
Castellinaldo
Ceresole d'Alba
Corneliano d'Alba
Govone
Guarene
Montà
Monteu Roero
Monticello d'Alba
Piobbesi d'Alba
Pocapaglia

Priocca
Santo Stefano Roero
Sommariva Bosco
Veza d'Alba

- Confini comunali
- Idrografia
- Centri abitati
- Abitazioni rurali



Intonaci dei castelli del Roero
Rielaborazione dell'autore

Baldissero d'Alba

1. Abitazione rurale, Baldissero d'Alba.

2. Particolare della muratura, Tinta a base di calce su intonaco.

3. Particolare della muratura, fessurazioni dell'intonaco.



2.



3.

1.



Baldissero d'Alba

1. Abitazione rurale, Baldissero d'Alba.

2. Particolare della muratura, Tinta a base di calce su intonaco. Dall'immagine si può notare come la parte di prospetto corrispondente al piano terra sia stata rintonacata con intonaco cementizio.



2.

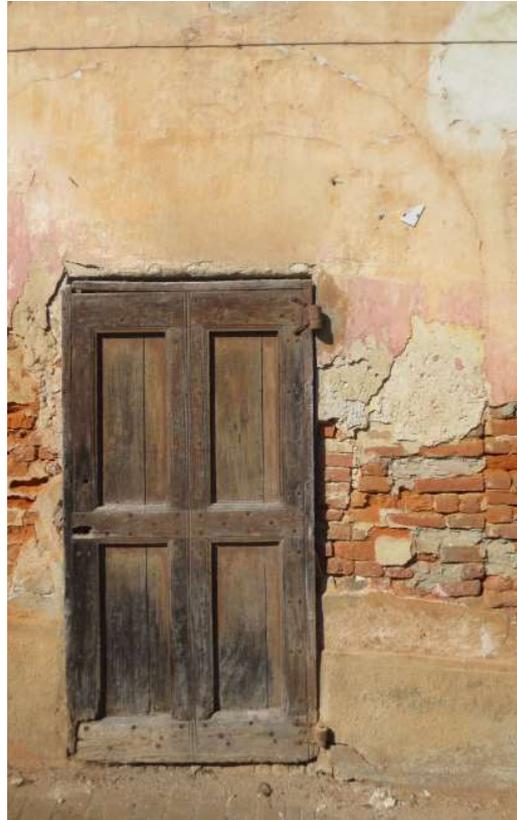
1.



Baldissero d'Alba

1. Abitazione rurale, Baldissero d'Alba.

2. Particolare della muratura, Residui di intonaco su muratura in laterizi. Dalla foto è possibile vedere differenti residui delle tinte che sono state realizzate sull'intonaco.



2.

1.



Canale

1. Abitazione rurale, Canale

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco su muratura
in laterizi.

3. Particolare della muratura,
Residui della tinta a calce su in-
tonaco.



2.



3.

1.



Canale

1. Abitazione rurale, Canale

2. Particolare della muratura, Residui della tinta a calce su intonaco. Dalla foto è possibile notare i residui delle decorazioni della tinta.



2.

1.



Castellinaldo d'Alba

1. Abitazione rurale,
Castellinaldo d'Alba

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco in terra su mu-
ratura in mattoni crudi. Sulla mu-
ratura è possibile notare il dilava-
mento della terra.

3. Particolare dell'intonaco in ter-
ra.



2.



3.

1.



Ceresole d'Alba

1. Abitazione rurale,
Ceresole d'Alba

2. Particolare dell'intonaco in
calce.



2.

1.



Ceresole d'Alba

1. Abitazione rurale,
Castellinaldo d'Alba

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco in terra su mu-
ratura in laterizi. Sulla muratura è
possibile notare il dilavamento
della terra.

3. Particolare dell'intonaco in ter-
ra e calce.



2.



3.

1.



Ceresole d'Alba

1. Abitazione rurale,
Ceresole d'Alba

2. Particolare dell'intonaco in ter-
ra e calce.



2.

1.



Corneliano d'Alba

1. Abitazione rurale, Corneliano d'Alba

2. Particolare della muratura, Residui di intonaco su muratura in laterizi. Dalla foto è possibile vedere i residui della tinta.

3. Particolare dell'intonaco.



2.



3.

1.



Corneliano d'Alba

1. Abitazione rurale,
Corneliano d'Alba

2. Particolare dell'intonaco in
calce.



2.

1.



Govone

1. Abitazione rurale, Govone

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco su muratura
in laterizi. Dalla foto è possibile
vedere i residui della tinta.

3. Particolare dell'intonaco.



2.



3.

1.



Guarene

1. Abitazione rurale, Govone

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco su muratura
in laterizi. Dalla foto è possibile
notare come l'umidità di risalita
abbia eroso i giunti fra i mattoni
e l'intonaco.



2.

1.



Montà d'Alba

1. Abitazione rurale,
Montà d'Alba

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco su muratura
in mattoni crudi.

3. Particolare dell'intonaco in ter-
ra e dell'intonaco cementizio.



2.



3.

1.



Monta' d'Alba

1. "Ciabot", Monta' d'Alba
2. Particolare dell'intonaco su muratura in laterizi.
3. Particolare delle varie tipologie di intonaco.



2.



3.

1.



Montà d'Alba

1. Abitazione rurale,
Montà d'Alba

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco su muratura
in laterizi. Dalla foto si possono
osservare i residui della tinta a
calce.

3. Particolare dell'intonaco,
Residui di pitture e vernici.



2.



3.

1.



Monteu Roero

1. Abitazione rurale,
Monteu Roero

2. Particolare della muratura,
Esfoliazione tinta e fessurazioni
dell'intonaco.

3. Particolare della facciata,
Lacune nella cornice della fine-
stra e residui di intonaco privi di
tinta.



2.



3.

1.



Monticello d'Alba

1. Abitazione rurale,
Monticello d'Alba

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco in terra su mu-
ratura in mattoni crudi.



2.

1.



Monticello d'Alba

1. Abitazione rurale,
Monticello d'Alba

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco in terra su mu-
ratura in laterizi.



2.

1.



Monticello d'Alba

1. Abitazione rurale,
Monticello d'Alba

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco in terra su mu-
ratura in mattoni crudi.



2.

1.



Piobesi d'Alba

1. Abitazione rurale, Piobesi d'Alba

2. Particolare della muratura, Residui di intonaco su muratura in laterizi. Dalla foto è possibile notare come l'umidità di risalita abbia eroso i giunti fra i mattoni e l'intonaco.



2.

1.



Piobesi d'Alba

1. Abitazione rurale,
Piobesi d'Alba

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco in terra su mu-
ratura mista in mattoni crudi e la-
terizi.



2.

1.



Pocapaglia

1. Abitazione rurale,
Pocapaglia

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco su muratura
mista di mattoni crudi e laterizi.
Dalla foto è possibile osservare i
residui della tinta a calce sull'in-
tonaco.



2.

1.



Priocca

1. Abitazione rurale, Priocca
2. Particolare della muratura, Residui di malta su muratura in mattoni crudi.



2.

1.



Santo Stefano Roero

1. Abitazione rurale, Santo Stefano Roero.

2. Particolare della muratura, Residui della tinta a calce su intonaco. Dalla foto è possibile notare i residui delle decorazioni della tinta.



2.

1.



Santo Stefano Roero

1. Abitazione rurale, Santo Stefano Roero.

2. Particolare della muratura, Residui di intonaco su muratura mista in mattoni crudi e in laterizi. Dalla foto è possibile notare come l'umidità di risalita abbia eroso i giunti fra i mattoni e l'intonaco.



2.

1.



Sommariva Bosco

1. Abitazione rurale,
Sommativa Bosco.

2. Particolare dell'intonaco in calce. Dalla foto è possibile notare come l'umidità di risalita abbia eroso i giunti fra i mattoni e l'intonaco. Inoltre, l'edificio ha subito una rintonacatura nella parte basse della muratura con un intonaco cementizio.



2.

1.



Sommariva Bosco

1. Abitazione rurale,
Sommativa Bosco.

2. Particolare dell'intonaco,
Esfogliazione della tinta.

3. Particolare della muratura,
Differenti tipologie di intonaco su
muratura in laterizi.



2.



3.

1.



Sommariva Perno

1. Abitazione rurale,
Sommativa Perno.

2. Particolare della muratura,
Lacune dell'intonaco e residui di
tinta a calce.



2.

1.



Vezza d'Alba

1. Abitazione rurale,
Vezza d'Alba.

2. Particolare della muratura,
Differenti tipologie di intonaco su
muratura in laterizi.

3. Particolare della muratura,
Residui di intonaco in terra su mu-
ratura in mattoni crudi.



2.



3.

1.



Vezza d'Alba

1. Abitazione rurale,
Vezza d'Alba.

2. Particolare della muratura,
Residui di intonaco in terra su mu-
ratura in mattoni crudi.



2.

1.



3.2 L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA DEL '900

Dalla fine dell'Ottocento e durante gran parte del Novecento, le tecniche dell'intonaco in calce-sabbia, calce-terra-sabbia e terra-sabbia vennero sostituite da un nuovo legante: il cemento. Le malte cementizie vennero largamente impiegate nella realizzazione di nuovi elementi architettonici e nel restauro delle antiche costruzioni. Il primo cemento venne introdotto fra la fine del XVIII secolo e l'inizio del XIX ed era denominato "Portland" in riferimento alla somiglianza del legante indurito prodotto dalla città omonima della Gran Bretagna in cui fu prodotto per la prima volta. Il cemento attuale si produce cuocendo calcare e argille a temperature superiori ai 1400° che permettono la combinazione dell'ossido di calcio con la silice e l'allumina allo stato fuso. A seguito della cottura il materiale prende il nome di clinker che viene successivamente macinato in una polvere sottile in forni rotativi. L'invenzione di questo materiale ha comportato una drastica svolta per la storia dell'architettura.

Poteva essere utilizzato come materiale per fondamenta, pilastri, murature, solai, malte,

decorazioni, intonaci e finiture. Vennero realizzate moltissime opere all'inizio del '900 e nel secondo dopoguerra. La nuova tecnologia, portò ad un graduale abbandono delle malte di confezionamento tradizionali quali malte in calce, argilla e gesso. Questo cambiamento di tendenza era legato al fatto che le malte cementizie avevano una presa rapida e una maggiore resistenza meccanica a discapito però della traspirabilità delle murature.

Vennero impiegate per la protezione delle superfici murarie degli edifici di nuova costruzione ma anche per interventi di restauro e protezione delle antiche costruzioni locali. Negli anni però, il cemento non ha mostrato elevate doti di durevolezza e talvolta è incompatibile con alcuni materiali locali come i mattoni in terra cruda. Questa incompatibilità è dovuta ad un differente coefficiente di dilatazione termica che provoca fessurazioni e distacchi del materiale e a una porosità differente che rende incompatibile i due sistemi³⁶.

Il sottosistema dei leganti delle malte assume grande importanza sia sotto l'aspetto estetico che dal punto di vista prestazionale. Le tecniche delle malte in calce o terra oggi sono quasi

36 Annalisa Marchiaro, Marta Berzano, Conservare e proteggere il patrimonio in terra cruda: sperimentazione di intonaci in terra, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Correl. Fabio Fratini, Loredana Luvidi, 2014

scomparse, trovando applicazione solo in alcuni interventi per le belle arti. Per lungo tempo questi intonaci, hanno costituito le soluzioni più utilizzate per i rivestimenti e le colorazioni delle murature perché erano stabili nel tempo, erano resistenti agli agenti atmosferici, erano facilmente realizzabili e le materie prime si potevano reperire direttamente sul luogo.

Un'ulteriore questione sollevatasi durante lo sviluppo economico del dopoguerra, è legata al tipo di immagine ottenuta per mezzo delle tinte impiegate sul nuovo legante cementizio. Oggi, vi è un malcontento generale per i risultati ottenuti dalle nuove colorazioni moderne applicate sugli edifici antichi ed in particolare nei centri storici. Vengono fortemente criticati quegli interventi di falsificazione storica su edifici perché ne hanno compromesso l'immagine storica e si critica la piattezza e "sordità" del colore che ha un effetto cartone sulle superfici. Tale effetto è dovuto alla totale uniformità della pigmentazione impiegata, effetto totalmente contrario a quella peculiare caratteristica di una sfumatura continua ottenibile da una colorazione derivante dall'uso della calce colorata con pigmenti o terre³⁷.

37 Paolo Scarzella, Marco Zerbinatti, *Superfici murarie dell'edilizia storica : conservazione e manutenzione : malte e conglomerati a vista ; giunti di murature lapidee e laterizie, intonaci e graffiti, cementi decorativi e cementi armati a vista ; tinteggiature murali*, Alinea, Firenze, 2010.

Inoltre, viene criticata l'eccessiva saturazione dei colori, con toni sproporzionati rispetto alle tenui e naturali colorazioni di un tempo. Infine, si critica la loro estraneità alla gamma colorimetrica delle tinte tradizionali locali. Antecedentemente allo sviluppo industriale, le coloriture avevano una caratteristica semitrasparente a colorazione tenue data o direttamente dalla colorazione dell'intonaco o dai colori a calce. Per ottenere delle colorazioni continue e uniformi le maestranze dovevano attuare strategie minuziose valutate caso per caso per dare la continuità. Le principali caratteristiche della tinteggiatura, ovvero "coprire" e "colorare" la muratura, venivano affrontate in maniera separata in modo da scindere le problematiche delle due funzioni dell'intonaco. La copertura del supporto murario e la sua impermeabilizzazione, veniva affidata all'intonaco che uniformava la superficie di assorbimento. L'obbiettivo era ottenere una superficie liscia di fondo su cui stendere la coloritura. Spesso, il colore era realizzato da mani successive con una tinta pigmentata a base di terre³⁸.

Tra le due guerre si diffuse la tecnologia dei bianchi di titanio, prodotti chimici dotati di un

38 Paolo Scarzella, Marco Zerbinatti, *Superfici murarie dell'edilizia storica : conservazione e manutenzione : malte e conglomerati a vista ; giunti di murature lapidee e laterizie, intonaci e graffiti, cementi decorativi e cementi armati a vista ; tinteggiature murali*, Alinea, Firenze, 2010.

elevato indice di rifrazione che conferiscono alla pittura un potere coprente decisamente elevato. Questo cambiò decisamente le consuetudini legate alla stesura e alla tipologia di colore da impiegare. Dagli anni trenta agli anni sessanta il consumo di bianchi di titanio è aumentato notevolmente.

Chiunque era in grado di stendere con uniformità il colore sulle superfici murarie attraverso il semplice uso di un pennello. In pochissimi anni questa tecnologia fu ampiamente commercializzata ed utilizzata per la produzione di bianchi. Inoltre, gli stessi pigmenti utilizzati avevano delle caratteristiche che rendevano le coloriture lavabili, per interni o esterni, polimeriche, pellicolanti. Le nuove soluzioni sostituirono le più classiche tinte a base di calce. Questi colori vennero impiegati su tutte le tipologie di superfici, da quelle di nuova costruzione, a quelle degli edifici recuperati nei centri storici ed incentivarono le sperimentazioni di altre tecniche che vennero scoperte negli anni a seguire³⁹.

Oggi il tema delle malte e della colorazione degli edifici storici è un tema di dibattito contemporaneo. Sotto l'aspetto del rivestimento, l'intonaco a base di calce, terra e sabbia o terra e sabbia si presterebbe meglio per

39 Paolo Scarzella, *Terre coloranti naturali e tinte murali a base di terre : monografie e catalogo delle collezioni di terre coloranti e di campioni di coloriture a base di terre allestite al Politecnico di Torino*, Stamperia artistica, Torino, 1989.

la conservazione e valorizzazione del patrimonio storico rispetto a malte cementizie. Sotto l'aspetto colorimetrico la soluzione più ovvia sarebbe quella di utilizzare colorazioni a calce colorate con le terre, ma queste non possono essere applicate sulle superfici sulle quali sono già state poste delle vernici a base polimerica perché non aderiscono. Inoltre, negli ambienti inquinati, ovvero in città dove lo smog è alto, le colorazioni e gli intonaci a base di calce o terra sono poco resistenti e la manutenzione, che dovrebbe essere più frequente, comporta dei costi economicamente insostenibili⁴⁰.

Al tempo stesso queste malte e coloriture naturali, trovano larga applicazione in quei centri storici minori, legati al mondo agricolo e al paesaggio rurale meno inquinato.

40 Paolo Scarzella, Marco Zerbinatti, *Superfici murarie dell'edilizia storica : conservazione e manutenzione : malte e conglomerati a vista ; giunti di murature lapidee e laterizie, intonaci e graffiti, cementi decorativi e cementi armati a vista ; tinteggiature murali*, Alinea, Firenze, 2010.



Il centro storico di Monticello d'Alba

Foto dell'autore



3.3 L'INTONACO NEL ROERO OGGI: PROBLEMATICHE DI CONSERVAZIONE.

Trattando il tema dei centri minori, non si può non parlare dello spopolamento che si generò a seguito del secondo dopo guerra in cui le famiglie iniziarono a spostarsi dalle campagne alle città. La conseguenza fu che il patrimonio architettonico storico rurale venne lasciato ad un lento stato di degrado, dovuto alla mancanza di manutenzione. Questo fenomeno è avvenuto anche nel Roero.

Molti comuni facenti parti di questo territorio oggi sono in uno stato di semi-abbandono e la popolazione che vi risiede è una popolazione vecchia. Altri invece, sono stati soggetti a riqualificazioni puntuali ma il tema del rivestimento e del colore non è stato governato da strumenti specifici, lasciando ampio margine decisionale al committente e alle maestranze locali. Le case di questi borghi sono spesso case secolari realizzate in mattoni cotti e crudi che necessitano di grandi interventi di manutenzione, molto dispendiosi e complessi. Questo fa sì che tuttora vengano preferite le costruzioni di nuova realizzazione rispetto al restauro degli edifici storici. Quelle che sono state re-

cuperate, sono state soggette a stravolgimenti che hanno mutato considerevolmente l'immagine dei borghi e soprattutto il loro colore⁴¹.

Alcuni esempi significativi di questa problematica, riportati in questa tesi, sono rappresentati da alcuni edifici siti nei centri storici dei comuni di Monticello d'Alba, Balsiddero d'Alba e Santa Vittoria d'Alba. Analizzando gli estratti del Catasto Napoleonico e gli attuali Piani Regolatori di ogni comune, ritroviamo un impianto planimetrico simile nelle due carte. Molte delle abitazioni che venivano già mappate nel catasto antico, sono rimaste tali mentre altre sono presenti solo nei nuovi Piani Regolatori e rappresentano l'espansione urbana dei comuni.

Sono stati confrontati alcuni edifici e di questi è stata fatta una documentazione fotografica riportata nelle pagine seguenti. Quello che possiamo osservare dalle fotografie è come le stesse costruzioni che erano presenti da secoli, oggi hanno una nuova immagine falsificata, dovuta ad interventi di rifacimenti d'intonaco con malte cementizie e tinteggiature con colorazioni moderne.

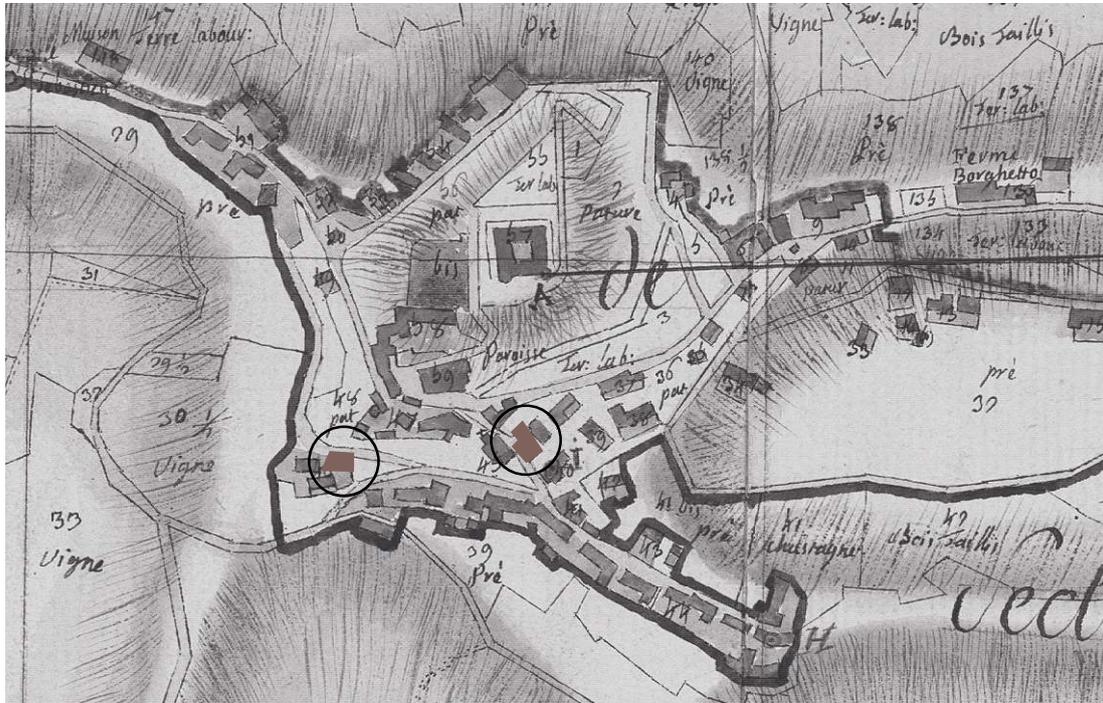
41 Baldassarre Molino, Tra cielo e terra: i colori dell'abitare a Montà: il pino colore del comune di Montà, Comune di Montà, 1997



Abitazione rurale, Santo Stefano Roero

Foto dell'autore

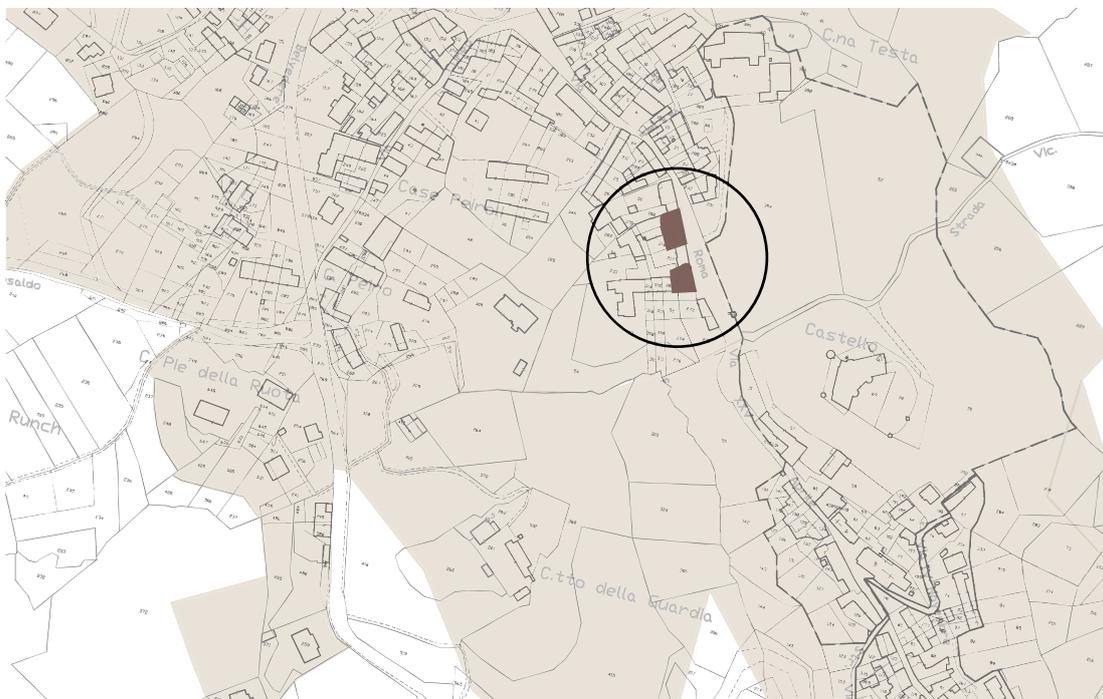




1. Monticello d'Alba
 Archivio di Stato Torino/Sez. Riunite/Catasti/A. Francesi finiti/ A pf 070,f
 2.Piano Regolatore di Monticello d'Alba



1. Abitazione, Monticello d'Alba
2. Circolo A.N.A, Monticello d'Alba
Foto dell'autore



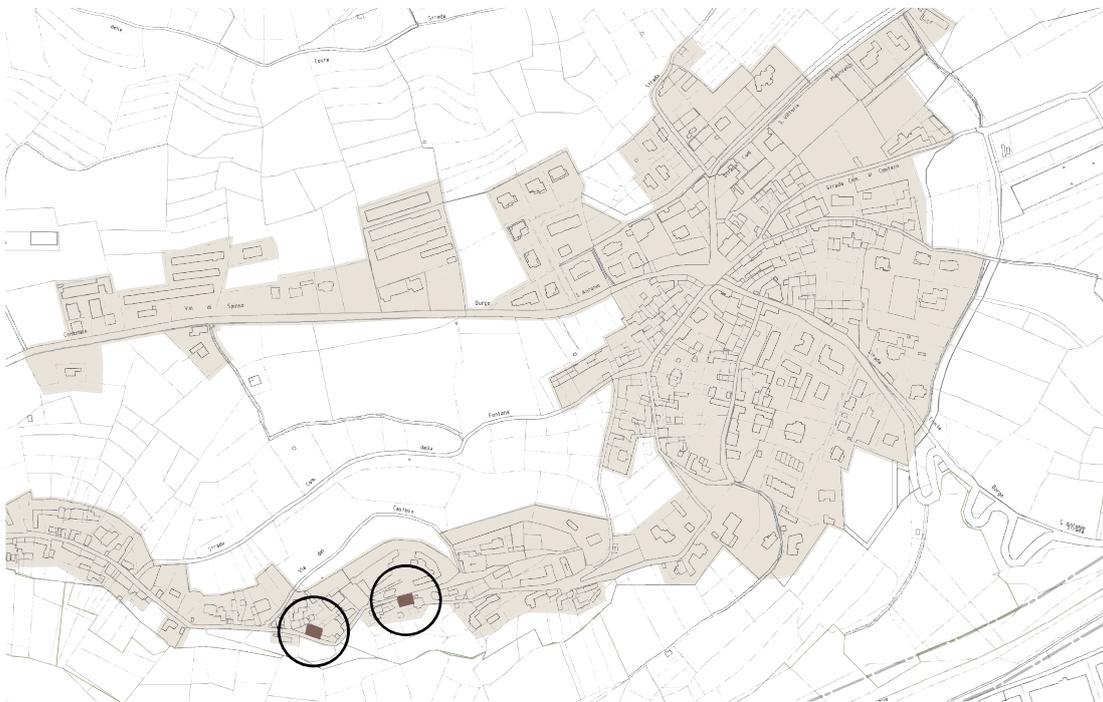
1. Baldissero d'Alba
Archivio di Stato Torino/Sez. Riunite/Catasti/A. Francesi finiti/ A pf 070,f
2. Piano Regolatore di Baldissero d'Alba



1. Abitazione, Baldissero d'Alba

2. Abitazione, Baldissero d'Alba

Foto dell'autore



1. Santa Vittoria d'Alba
Archivio di Stato Torino/Sez. Riunite/Catasti/A. Francesi finiti/ A pf 070,f
2.Piano Regolatore di Santa Vittoria d'Alba



1. Abitazione, Santa Vittoria d'Alba
2. Abitazione, Santa Vittoria d'Alba
Foto dell'autore

Nel Negli ultimi anni, il crescente turismo di nicchia legato alla storia del vino e alle specificità di questi borghi, sta sensibilizzando i comuni e la popolazione ad una riqualificazione urbana più consapevole.

Un esempio tangibile di questo processo è rappresentato dai borghi delle Langhe, area territoriale confinante con il Roero. A partire dagli anni '70, con lo sviluppo del turismo legato ai prodotti unici del territorio, le popolazioni locali hanno investito i propri capitali nel territorio cercando di offrire un prodotto sempre più eccezionale e di creare una serie di servizi ricetti e ristorativi per contornare l'esperienza vissuta sul territorio⁴². La crescente attenzione per il patrimonio ambientale e per gli equilibri naturalistici, ha cambiato il modo di pensare i centri rurali. Si è aperto un dibattito su come interpretare questi edifici: da un lato, questa visione di nuova progettazione, ha portato i progettisti a pensare l'architettura sulla base di materiali a basso impatto ambientale. Dall'altro l'innovazione tecnologica e il nuovo stile modernista, ha impiantato stili differenti in assoluto contrasto con il territorio, giustificando la modernità a discapito di un'integrità con gli stili locali⁴³.

Trattando il tema del territorio

42 Francesca Chiorino, *Cantine secolo XXI*; Mondadori Eclèta, 2011.

43 Francesca Chiorino, *Architettura del vino*, Mondadori Eclèta, 2007.

e della valorizzazione delle sue architetture non si può non affrontare il tema del rivestimento delle superfici e del loro aspetto estetico che ha caratterizzato gli stessi borghi. Per tutelare il trattamento dell'immagine storica degli edifici e i suoi caratteri di autenticità, i comuni delle Langhe si sono dotati di Piani del Colore, strumenti urbanistici per la gestione delle caratteristiche cromatiche delle superfici architettoniche dei centri storici.

Nel 2012 è stato sovvenzionato dalla Regione Piemonte il "Piano colore dell'unione dei comuni delle Langhe" di cui fanno parte Barolo, Monforte, Novello, Verduno, Serralunga, Rodello, Roddi, Castiglione Falletto, e La Morra. Il piano è stato diretto dall'architetto Mauro Ricchetti di Genova, specializzato in materia. È stata effettuata una ricerca dei colori storici su un campione di 1200 edifici volto alla ricerca dei colori e dei fondi originali. Il lavoro compiuto, ha permesso di stilare un piano del colore volto alla conservazione delle caratteristiche cromatiche e materiche realizzate anticamente nelle facciate del luogo. Sulla base di queste prescrizioni ogni comune dell'unione si è dotato di un piano specifico per il controllo delle colorazioni dei centri storici⁴⁴.

Ma tornano al Roero, i comuni facenti parte dell'unione territoriale, non si sono ancora dotati

44 www.gazzettadalba.it/category/Langhe

di questi strumenti urbanistici. Fanno eccezione il Comune di Montà e il comune di Canale, in cui il piano è stato approvato solamente il 30 luglio del 2018. Inoltre, l'area sta iniziando solo da pochi anni ad essere meta di percorsi turistici che, portando capitale sul territorio, incentivano la riqualificazione e la rigenerazione urbana. Un articolo pubblicato sulla "Gazzetta d'Alba", un giornale locale, racconta come negli ultimi anni vi sia un forte interesse per l'area territoriale sulla sinistra del Tanaro, ovvero il Roero⁴⁵.

«Il Roero si è dimostrato molto attivo nel valorizzare le sue peculiarità: un esempio è quello dei percorsi dedicati al turismo outdoor Di solito i turisti non conoscono la differenza tra destra e sinistra Tanaro, ma vogliono solo alloggiare in un'area dove ci siano attività da svolgere e bei luoghi da vedere: l'impegno che il Roero ha dimostrato sta fruttando e credo che il numero di turisti crescerà ancora».
(Franco Artusio)

I sindaci del Roero si sono posti l'obiettivo di valorizzare il proprio territorio e l'articolo riporta le parole del presidente dell'"Associazione dei Sindaci del Roero" e primo cittadino di Guarene, Franco Artusio:

«Abbiamo lavorato in sinergia su tanti diversi piani di sviluppo, anche grazie al prezioso aiuto del direttore del sito Unesco Roberto Cerrato. Il nostro ultimo progetto, dedicato ai prodotti del Roero, costituirà un altro bel tassello».

45 www.gazzettadalba.it/category/Roero

Guarene stesso rappresenta un esempio della crescita del turismo. Attualmente, conta 20 strutture ricettive ed il numero dei turisti che visitano il comune è triplicato. L'assessore al turismo del comune, Piero Rivetti, commenta così il percorso:

«Dal 2015 a oggi l'introito per la tassa di soggiorno è passato da 9mila a 32mila euro. Il nostro paese è stato riconfermato come Comune turistico dalla Regione e stiamo valutando di candidarci per ottenere il riconoscimento di "Bandiera arancione", il marchio di qualità turistico-ambientale conferito dal Touring club italiano»⁴⁶.

Parallelamente allo sviluppo territoriale anche la riqualificazione urbana sta vedendo nuova vita. Da un lato c'è la voglia di tornare ad abitare quei centri storici minori ora in parte disabitati, dall'altra nascono nuove attività ricettive, volte ad ospitare ed intrattenere un pubblico in aumento. Il tema del rifacimento del rivestimento e del suo colore si inserisce in queste iniziative. Gli stessi comuni del Roero sono attenti allo sviluppo del territorio che deve rispettare i canoni paesaggistici per cui è stato candidato a patrimonio dell'umanità. La paesaggistica ed i

46 www.gazzettadalba.it/2018/10/il-turismo-vo-la-gli-stranieri-scelgono-la-sinistra-del-tanaro/4 Ottobre 2018

beni culturali svolgono un'importante attività di monitoraggio sugli interventi nei centri storici, ma questo non è sufficiente per trattare il tema nell'insieme. Inoltre, gli interventi di tutela si soffermano solo sugli edifici a vincolo storico, non tutelando l'architettura locale minore che ha determinato la storia locale.

>
Centro storico Guarene d'Alba
Foto dell'autore



4. OBIETTIVI DELLA RICERCA

Il rivestimento degli edifici è uno dei caratteri architettonici che concorrono alla qualificazione e diversificazione dei contesti urbani e paesaggistici. Le operazioni di tinteggiatura o di rifacimento dell'intonaco su edifici storici, sono soggette a due grandi tipologie di problematiche a cui bisogna prestare molta attenzione. La prima è legata alla storia dell'edificio, al suo linguaggio architettonico, alla sua coerenza storico compositiva ed infine alla sua destinazione d'uso. La seconda motivazione è legata al tema d'insieme ovvero al rapporto tra l'edificio singolo ed il contesto ambientale in cui è inserito.

La riflessione che s'intende effettuare in questa fase sperimentale, parte dall'osservazione sullo stato attuale degli edifici storici minori del Roero, privi di un rivestimento protettivo idoneo o con rivestimenti inadeguati per le caratteristiche tecnologiche locali. L'analisi precedentemente effettuata mostra che i rivestimenti maggiormente utilizzati, sono stati quelli a base di calce o terra successivamente soppiantati da quelli moderni a base di cemento, spesso incompatibili con l'architettura locale e che portano ad una falsificazione dell'immagine. Partendo dalla lettura dei testi tecnici sull'ar-

gomento e delle sperimentazioni che sono state attuate sul campo, esamineremo delle malte per l'intonaco confezionate con le materie locali.

L'obiettivo della tesi è quello di riprendere l'antica tradizione delle malte in calce e terra utilizzate per le abitazioni nel Roero dando nuova vita ad una tradizione secolare e mostrandone i vantaggi applicativi.

Sono state prelevate 12 terre differenti per documentare la gamma colorimetrica delle terre del Roero ed è stata condotta una sperimentazione su 6 terre appartenenti a comuni differenti.

Le valutazioni che verranno fatte riguardano la determinazione del modulo elastico dinamico delle malte, la granulometria e petrografia dei materiali, l'indice colorimetrico ottenuto dall'impiego delle terre differenti e la resistenza meccanica delle malte confezionate. La sperimentazione al fine di proporre:

- Malte per un restauro distinguibile per la protezione delle architetture locali realizzate con mattoni crudi o mattoni cotti.
- Malte Bio per una nuova architettura sostenibile territoriale.

Un articolo del "Journal of Cleaner Production" del 2013, riporta uno studio fatto dai ricercatori del Politecnico di Milano in

cui vengono esaminati gli impatti ambientali prodotti dai cicli di produzione dell'intonaco in terra e degli'intonaci convenzionali industriali. I risultati mostrano come gli'intonaci a base di terra richiedano molta meno energia per la produzione. L'impatto ambientale di un intonaco convenzionale industriale produce un maggior consumo di energia di cui il 63 – 85 % del complessivo attribuita all'energia spesa per la produzione dei leganti industriali, quali cemento e calce idraulica. Inoltre, l'emissione di CO_2 dovuto al trasporto dei componenti della miscela ha un impatto notevole nella determinazione dell'inquinamento ambientale. Ciò evidenzia l'importanza di trovare fonti e materie prime locali per migliorare ulteriormente la sostenibilità del processo⁴⁷.

Infine, la riflessione della sostenibilità è legata al tema della comunicazione della territorialità tramite la finitura. L'area del Roero ha carattere prevalentemente agricolo e intorno ai propri prodotti enogastronomici sta sviluppando la propria economia territoriale legando l'agricoltura al turismo. Nello specifico, ogni paesaggio agricolo è espressione di una biodiversità locale strettamente correlata alla tipologia di terreno. In campo vitivinicolo questo concetto ha diversificato

47 Paco Melià, Gianluca Ruggieri, Sergio Sabbadini, Giovanni Dotelli, Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters, *Journal of cleaner Production*, Milano, 2013.

le tipologie di vini prodotti restituendoci una biodiversità locale. Il suolo, il clima della regione, la tipologia del vigneto e la cultura degli abitanti costituiscono il "terroir"⁴⁸, espressione contemporanea usata in ambito vitivinicolo per definire le caratteristiche territoriali della produzione del vino, che hanno portato alla determinazione di una molteplicità di specificità locali, diversificando i vini regionali e mondiali. L'architettura stessa è promotrice di questa varietà e oggi le cantine rappresentano una prima immagine comunicativa della cultura locale. Inoltre, le cantine oggi sono parte di nuovi itinerari di viaggi, che hanno generato un nuovo turismo alternativo, che tenta d'integrare paesaggio, gusto per l'arte e per l'esaltazione delle tecniche agricole.

Sperimentando l'uso di intonaci utilizzando le terre locali, s'inescherebbe una riflessione sul tema del rivestimento comunicativo e di un'architettura mitigata nell'ambiente. La terra del Roero che produce biodiversità con i suoi colori e le sue componenti mineralogiche, comunica visivamente tutte le sue peculiarità territoriali in un'architettura contemporanea, rispettosa delle tecniche e tecnologie sostenibili locali che utilizza le materie del territorio.

48 Chiorino Francesca, *Cantine secolo XXI*; Mondadori Eclèta, 2011.

FASE 2

CARATTERISTICHE DELL'INTONACO

In questa seconda fase verranno riportate le nozioni teoriche sulle malte per l'intonaco. Nello specifico verranno approfonditi gli intonaci in calce e gli intonaci in terra spigando nel dettaglio prima le caratteristiche dei due materiali leganti e poi le caratteristiche dell'intonaco confezionato con ciascuno dei due materiali.

Successivamente, verranno riportati i principali studi scientifici condotti sul tema, suddivisi in due categorie:

- Sperimentazioni sugli intonaci in terra mediante l'aggiunta di un altro legante che ne migliori le caratteristiche: la calce.
- Sperimentazioni sugli intonaci in calce mediante l'aggiunta alla miscela di un altro legante: l'argilla.

Infine, il capitolo si concluderà riportando l'esperienza pratica di un'azienda locale che promuove e commercializza intonaci da loro sperimentati in terra e intonaci in calce.

5 L'INTONACO

5.1 LA MALTA.

L'impasto costituito da legante, acqua e aggregato viene denominato malta e forma una miscela plastica in grado di indurirsi progressivamente per reazioni chimiche irreversibili, che danno come risultato un prodotto litoide con buona resistenza meccanica e in grado di aderire alle superfici¹. La definizione di malta viene riportata in alcune norme italiane:

UNI EN 998-1:2016

"Miscela di uno o più leganti inorganici, aggregati, acqua ed eventualmente additivi e/o aggiunte, utilizzate come intonaco esterno o intonaco interno (...)"².

UNI 10924 : 2001

"Miscela di leganti inorganici od organici, aggregati prevalentemente fini, acqua ed eventuali aggiunte e/o additivi organici e/o inorganici (o una miscela di solo legante e acqua) in proporzioni tali da conferire all'impasto allo stato fresco un'opportuna lavorabilità e, allo stato indurito, adeguate caratteristiche fisiche (porosità, permeabilità all'acqua, ecc.), meccaniche (resisten-

za, deformabilità, aderenza, ecc.), di aspetto, di durabilità, ecc"³.

La malta è costituita da una serie di componenti:

- I leganti: legano i componenti tra loro e incidono sulle proprietà adesive e di aggrappo della malta.
- Gli aggreganti: costituiscono la parte che reagisce fisicamente conferendo consistenza alla miscela e regolano il fenomeno del ritiro dell'impasto, evitando la formazione di crepe.
- L'acqua: assicurano l'idratazione del legante, permettendo la lavorazione dell'impasto durante la fase di preparazione e di posa, idrata i leganti innescando la capacità di legare ed innesca il processo di carbonatazione di alcuni leganti.
- Le cariche: conferiscono caratteristiche specifiche alla malta aumentando le prestazioni finali e sono aggreganti speciali.
- Gli additivi: sono sostanze naturali o sintetiche che possono essere aggiunte alla malta per aumentare determinate caratteristiche dell'intonaco⁴.

1 Elena Pecchioni, Fabio Frattini, Emma Cantisani, Le malte antiche e moderne, tra tradizione ed innovazione, Pàtron Editore, 2008.

2 UNI EN 998-1:2016 Specifiche per malte per opere murarie - Parte 1: Malte per intonaci interni ed esterni

3 UNI 10924:2001 Beni culturali - Malte per elementi costruttivi e decorativi - Classificazione e terminologia

4 Giovanni Walter Palestra, Intonaco: una superficie di sacrificio, Estalibri, Milano, 1995

Il tipo di malta varia in funzione del legante con cui fa reazione e gli conferisce la capacità di fare presa in condizioni differenti. Esistono malte in grado di fare presa solo reagendo con l'aria, cioè malte aeree, e malte in grado di fare presa anche in ambienti ad umidità costante o in presenza di acque stagnanti, cioè malte idrauliche. A seconda delle proporzioni dei materiali nella malta, ovvero leganti, aggregati, acqua ed eventuali additivi, questa avrà delle caratteristiche differenti che vengono raggruppate in tre categorie:

- caratteristiche legate al quantitativo di legante nella miscela.
- caratteristiche legate al quantitativo di acqua nell'impasto della miscela.
- caratteristiche legate all'aggiunta di additivi nella miscela.

La prima categoria è legata al quantitativo di legante impiegato rispetto all'aggregato. Se nella malta sarà contenuto un quantitativo di aggregato maggiore rispetto a quella del legante, verrà definita magra. In questo caso il legante non è sufficiente a riempire i vuoti tra i grani dell'inerte e la malta sarà molto traspirante ma poco durevole e resistente. Se invece nella malta il contenuto di legante è maggiore rispetto al contenuto dell'aggregato, verrà definita grassa. In questo secondo caso

il legante riempie gran parte dei vuoti che si formano nella malta rendendola più resistente all'usura ma meno traspirante e poco elastica.

La seconda categoria è legata al quantitativo di acqua impiegata nell'impasto plastico rispetto al rapporto tra aggregato e legante. Un impasto con poca acqua è poco lavorabile. L'acqua rischia di non essere sufficiente per idratare tutto il legante, con l'effetto della decoesione delle parti a seguito dell'asciugatura. Invece, un impasto con troppa acqua, determina un eccesso di fluidità che comporta delle difficoltà nell'aderire al supporto.

L'ultima categoria è legata al contenuto o meno di sostanze additivanti i quali modificano le caratteristiche fisico-chimiche in fase di lavorazione o dopo la presa.

La preparazione della malta avviene in cantiere ed è fondamentale conoscere le percentuali esatte dei vari componenti perchè, un errato dosaggio, potrebbe comportare una diminuzione della resistenza, della durabilità e generare degradi consistenti.

5.2 COMPOSIZIONE DELLE MALTE.

In questo paragrafo verranno spiegate in maniera dettagliate le caratteristiche dei vari componenti delle malte.

GLI AGGREGATI:

Gli aggregati sono dei materiali di origine naturale o artificiale che costituisce lo scheletro del conglomerato. Gli aggregati svolgono alcune importanti funzioni:

- Danno la compattezza, costituendo l'ossatura portante delle malte.
- Riducono il fenomeno del ritiro, che si genera per la perdita di volume della malta per incrudimento.
- Creano canalizzazioni che veicolano l'anidride carbonica nelle malte, favorendo la carbonatazione.

I requisiti richiesti ad un aggregato sono:

- Buona resistenza meccanica.
- Bassa porosità.
- Corretta granulometria.
- Assenza di argilla, sali e sostanze organiche.

Infine, gli aggregati provengono da:

- Depositi lacustri.
- Frantumazione di rocce di cava.
- Prodotti artificiali a comportamento pozzolanico.

Gli aggregati sono suddivisi in classi a seconda della granulometria che sotto viene riportata in tabella (Tab1).

Per la produzione di malte l'aggregato maggiormente utilizzato è la sabbia. È un materiale litoide fine, incoerente con granuli che vanno da una dimensione compresa tra i 0,06 e 2 mm. La funzione principale della sabbia è quella di costituire lo scheletro portante nella malta che conferisce la resistenza meccanica alla malta.

È essenziale per garantire la stabilità dimensionale della malta prevenendo le fessurazioni. A seconda della composizione chimica può essere di tipo siliceo, quarzoso, marnoso e calcareo. La sabbia può essere ottenuta per frantumazione naturale, cioè da processi naturali di erosione e degradazione meccanica di rocce di varia natura, oppure per frantumazione meccanica mediante la rottura di rocce di cava. La sabbia dev'essere ben lavata in maniera tale da allontanare le sostanze inquinanti e sali come cloruri e solfati.

A seconda se una sabbia provenga da cave di fiume,

Tabella 1 - Rif. Carlo Amedeo Reyneri, Intonaci in bioedilizia, EdicomEdizioni, Monfalcone, 2010

Denominazione dell'aggregato naturale	Denominazione dell'aggregato frantumato	Diametro dei granuli (mm)
Ghiaia	Ciottoli	> 6
Ghiaietto	Pietrischetto	6 - 2
Sabbia grossa	-	2 - 0,5
Sabbia fine	-	0,5 - 0,1
Sabbia molto fine	-	0,1 - 0,063
Limo grosso	-	<0,063
Limo fine	-	<0,020
Argilla	-	< 0,002

Tabella 2 - Rif. Carlo Amedeo Reyneri, Intonaci in bioedilizia, EdicomEdizioni, Monfalcone, 2010

Classificazione	Definizione	Esempi
Rotonda	Granuli con superficie completamente levigata	Ghiaia di mare o di fiume di varia natura
Irregolare	Granuli con spigoli parzialmente levigati e con spigoli arrotondati.	Ghiaia e selci
Appiattita	Granuli in cui una dimensione dell'aggregato prevale sull'altra.	Rocce lamellari
Spigolosa	Granuli con spigoli vivi all'intersezione di facce piane	Rocce frantumate di ogni tipo



Tabella 1
Tabella 2

lago, mare o di cave di frantumazione di rocce avrà caratteristiche diverse riportate in tabella 2 alla pagina 109 (Tab2). La sabbia da impiegare per la produzione di intonaci deve avere un buon mix granulometrico. Le sabbie monogranulari creando un maggior numero di vuoti di volume, che devono essere riempiti con un quantitativo di legante maggiore. Invece un buon mix granulometrico consente l'impiego di una quantità minore di legante.

L'ACQUA:

L'acqua è un componente essenziale all'interno di una malta perché:

- Idrata il legante.
- Conferisce la giusta lavorabilità in fase di messa in opera della malta.

La norma UNI EN 1008:2003⁵ sancisce che le acque potabili possono essere impiegate per gli impasti della malte senza controlli preventivi. L'acqua impiegata deve essere potabile e non contenere impurità di argilla o cloruri e solfati, che potrebbero influenzare negativamente le qualità della malta. Il rapporto legante acqua incide notevolmente sulle caratteristiche della malta e deve essere valutato

⁵ UNI EN 1008:2003 - Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua.

a seconda del tipo di legante impiegato.

I LEGANTI:

I leganti sono materiali che hanno la funzione di legare i componenti di una malta. I maggiori leganti utilizzati sono:

- Calce.
- Cemento.
- Gesso.
- Argilla.

A seconda del tipo di legante impiegato possiamo distinguere alcune tipologie principali di malte classificabili in alcune macro-famiglie:

- **Malte aeree:** formate da acqua sabbia e legante. I leganti che vengono impiegati sono calce aerea oppure il gesso. La caratteristica principale è che fanno presa solo a contatto con l'aria e non in ambienti umidi o a contatto con l'acqua.
- **Malte idrauliche:** formate da acqua sabbia e legante con capacità idrauliche. Queste malte sono in grado di indurire anche a contatto con l'acqua e si prestano per lavorazioni in ambienti umidi e freddi. Il legante impiegato è di tipo idraulico con aggiunte di aggregati con proprietà pozzolaniche di origine artificiale o naturale.
- **Malte cementizie:** formate da

acqua sabbia e cemento. Quest'ultimo materiale è un legante idraulico ad elevata resistenza. È una sottocategoria delle malte idrauliche con ottime resistenze meccaniche, fisiche e hanno una notevole durabilità. Queste elevate prestazioni però le rendono malte poco porose e non traspiranti.

- **Malte composte:** formate da acqua, sabbia e un mix di leganti. La miscelazione dei leganti avviene per migliorare alcune specifiche prestazioni della malta. Alcuni esempi sono le malte cementizie a cui viene aggiunta la calce

per migliorare la lavorabilità oppure le malte in calce a cui viene aggiunta una frazione di argilla per scopi colorimetrici.

- **Malte speciali o additivate:** formate da acqua, sabbia, legante e additivi. Vengono aggiunti quest'ultimi composti per migliorare ulteriormente alcune caratteristiche della malta come la lavorabilità, la resistenza, la stabilità meccanica.

MALTE	Gesso	Calce Aerea	Calce Idraulica	Cemento	Pozzolani	Speciali	Sabbie	Acqua	Additivi
Aeree		X					X	X	
Idrauliche		X			X		X	X	
Cementizie			X	X			X	X	
Composte				X			X	X	
Speciali	Tutte le malte precedenti					X	X	X	
	Tutte le malte precedenti						X	X	X

5.3 LA MALTA PER L'INTONACO.

Nello specifico in questa tesi verrà approfondita la malta per l'intonaco. Le caratteristiche richieste all'impasto di una malta per l'intonaco sono molteplici e dipendono dal tipo di malta confezionata⁶. In generale possono essere:

Caratteristiche fisiche:

- Buona porosità, consentendo l'assorbimento dell'acqua ma rimanendo impermeabile.
- Elevata resistenza ai cicli di gelo e disgelo, evitando fessurazioni che possono compromettere la durabilità e la stabilità dell'intonaco.
- Un corretto mix granulometrico degli aggregati, che influenzano l'omogeneità e le prestazioni dell'intonaco.

Caratteristiche meccaniche:

- Elevata resistenza meccanica, che dipende dalla composizione dell'impasto e dalla sua aderenza al supporto. È l'indicatore che incide sulla robustezza e sulla capacità della malta di resistere agli urti senza fessurarsi o deformarsi.

- Elevata elasticità, permettendo all'intonaco di adeguarsi ai piccoli movimenti del supporto murario su cui è stato posto in opera senza fessurarsi.
- Elevata durezza, che determina la capacità dell'intonaco di resistere alle abrasioni, agli intaccamenti e alle penetrazioni.

Caratteristiche termiche:

- Può avere caratteristiche termo isolanti, se confezionato con appositi componenti additivanti che ne migliorano le capacità d'isolamento (fibre nel caso di malte in terra).
- Deve avere un coefficiente di dilatazione termica simile al supporto a cui è stato ancorato per resistere alle dilatazioni strutturali.

Altre caratteristiche:

- Capacità di limitare la propagazione delle fiamme in caso d'incendio, proteggendo temporaneamente gli elementi tecnici di un edificio.
- Elevata resistenza alle infiltrazioni e alle intemperie.
- Elevate capacità igrometriche, regolando la permeabilità al vapore.
- Capacità acustiche se contiene aggregati fonoassorbenti integrati alla malta.
- Qualità visive, legate alla la-

⁶ Carlo Amedeo Reyneri, Intonaci in bioedilizia, EdicomEdizioni, Monfalcone, 2010

vorazione e alla finitura dell'intonaco.

- Durabilità nel tempo.

Quest'ultimo requisito è fortemente condizionato dall'aderenza della malta al supporto. Il rapporto fra malta e superficie di aggrappo è regolato dalla similarità fra le caratteristiche chimico-fisiche dei due elementi.

Il supporto deve avere determinate caratteristiche per favorire l'aggrappo:

- Non contenere difetti di costruzione.
- Avere un elevato grado di ruvidità, per favorire l'aderenza della malta.
- Risultare sufficientemente asciutto per non causare scarsa aderenza a seguito dell'asciugatura.
- Risultare pulito evitando la contaminazione di sostanze esterne nell'impasto della malta una volta posata.
- Avere porosità del supporto e dell'intonaco simili come la resistenza meccanica e il coefficiente di dilatazione, per agevolare la compatibilità.

Per garantire le prestazioni richieste, l'intonaco deve avere una certa corposità e un certo spessore. Viene realizzato in due o tre strati in funzione del tipo di rivestimento che si vuole ottenere. Le motivazioni sono:

- Ogni strato assolve una

funzione specifica che difficilmente sarebbero garantite da un solo strato.

- Il ricorso a differenti strati di malta con differenti granulometrie limita i fenomeni di ritiro a cui è soggetta e la formazione di microfessurazioni.

Gli strati che costituiscono l'intonaco sono tradizionalmente tre. Il primo, detto rinzaffo, è lo strato di aggrappo, di livellamento del supporto e regola l'assorbimento idrico. È lo strato che deve avere un elevato grado di compatibilità con il supporto in maniera da favorirne l'adesione. Presenta un'elevata resistenza meccanica e una bassa porosità perché vengono impiegate malte con un elevato quantitativo di legante. Per essere posata, il supporto dev'essere inumidito e la malta posata è composta da inerti grossolani utilizzati per avere una superficie rugosa che favorisca l'aggrappo degli strati successivi. Ha una consistenza fluida affinché la quantità di acqua assorbita dalla superficie di aggrappo non impoverisca eccessivamente la miscela del contenuto necessario alla sua idratazione.

Il secondo strato dell'intonaco o strato intermedio è costituito dall'arriccio. Ha la funzione di tenuta idrica e ha una resistenza meccanica e una porosità minore rispetto a quella del rinzaffo al fine di rendere lo strato esente da variazioni dimensionali

e cavillature. Viene posato prima che il rinzaffo abbia fatto presa e quindi ancora umido oppure si bagna lo strato indurito in maniera tale da non diminuire il quantitativo d'acqua d'impasto contenuto nell'arriccio. Gli inerti utilizzati hanno granulometria più fine con un contenuto di legante minore rispetto allo strato precedente al fine di garantire una buona compattezza della malta ed evitare fessurazioni dovute al ritiro.

Infine, il terzo strato è lo strato di finitura. Assicura l'omogeneità alla superficie e gli conferisce la qualità estetica richiesta. Ha minor resistenza meccanica e maggiore porosità in maniera tale da favorire l'espulsione dell'umidità assorbita dal corpo dell'intonaco. Con l'applicazione di questo strato, può anche essere prevista la colorazione finale dell'intonaco mediante l'aggiunta di terre colorate alla malta.

Nella preparazione di un intonaco vengono utilizzati leganti che possono essere: inorganici come la calce, il cemento e il gesso oppure organici come le resine naturali. Nell'architettura rurale piemontese i leganti maggiormente utilizzati nella storia sono:

- Dapprima l'argilla miscelata con acqua,
- Poi la calce e il gesso.
- Ed infine il cemento.

A seguito dell'indagine sulle

tipologie di intonaco del Roero, riportate nella fase 1 al capitolo 3 della tesi, abbiamo potuto appurare che gli intonaci maggiormente impiegati sono stati quelli a base di calce o terra.

5.4 LA CALCE.

La norma UNI EN 459 1 : 2010 fornisce la definizione aggiornata della calce:

“Ossido e/o idrossido di calcio, e ossido e/o idrossido di calcio e magnesio prodotti per decomposizione termica (calcinazione) del carbonato di calcio reperibile in natura (per esempio calcare, gesso, fossili) o carbonato di magnesio reperibile in natura (per esempio calcare dolomitico, dolomite)”⁷.

La calce deriva dalla cottura della pietra calcarea, una roccia sedimentaria costituita da carbonato di calcio e altre sostanze come magnesio, argilla e ossido di ferro. Viene prodotta dalla cottura, detta calcinazione, di questi calcari e a seconda della composizione originaria si determinano dei prodotti con differenti caratteristiche.

A seconda della quantità di argilla contenuta nella calce si può ottenere una calce aerea, ovvero una calce che reagisce solo a contatto con l'aria e contiene una quantità di argilla inferiore al 5%, oppure si può

7 UNI EN 459-1:2010 Calci da costruzione - Parte 1: Definizioni, specifiche e criteri di conformità

ottenere una calce idraulica, quando al suo interno la percentuale di argilla è compresa fra il 6 e il 20%⁸. In questo secondo caso la calce reagisce anche a contatto con l'acqua.

Con il termine calce viene indicata sia quella viva, ovvero l'ossido di calcio derivato dalla cottura delle pietre calcaree, sia la calce spenta che è costituita dall'idrato di calcio che si ottiene reidratando la calce viva.

La calce aerea è utilizzata per confezionare intonaci che fanno presa solo a contatto con l'aria. Si ottiene dalla cottura in forno della roccia calcarea, ad una temperatura di circa 900 °. Durante la cottura il carbonato di calcio si decompone in anidride carbonica e in ossido di calcio, un composto che prende il nome di calce viva. Questo prodotto può essere direttamente commercializzato o può subire un processo di spegnimento che prevede la bagnatura del composto con l'acqua per ottenere la sua idratazione. Il composto idratato prende il nome di calce spenta cioè l'idrossido di calcio. E' suddivisa in categorie a seconda del quantitativo di acqua impiegata per il suo spegnimento :

- Calce idrata da costruzione: contiene almeno 82 % di idrato di calcio.
- Fiore di calce: presenta un

contenuto di calce superiore al 91 %.

- Grassello: si ottiene aggiungendo dell'acqua alla calce già idratata, oppure spegnendo la calce viva con una maggiore quantità d'acqua.
- Latte di calce: ottenuta con un'ulteriore diluizione del grassello di calce.

La calce aerea è un legante che se viene mescolato con sabbia e acqua, da origine ad una malta che fa presa solo a contatto con l'aria. La reazione avviene per carbonatazione, ossia facendo reagire l'idrossido di calcio con l'anidride carbonica presente nell'aria. La reazione ha come effetto la riacquisizione della forma chimica iniziale della calce, ovvero del carbonato di calcio. Avendo una bassa resistenza meccanica, la calce aerea viene utilizzata per il confezionamento di malte per intonaci.

Rispetto alla calce aerea, quella idraulica fa presa anche in acqua. La sostanziale differenza è che la calce idraulica presenta un maggior quantitativo di argilla al suo interno. Si ottiene dalla cottura in forno della pietra calcarea ad una temperatura di 1100°. Grazie alla silice, all'allumina e all'ossido di ferro, contenuti nell'argilla, durante la cottura si formano dei composti che danno origine ad idrati insolubili. I composti che si formano, ovvero

8 Carlo Amedeo Reyneri, Intonaci in bioedilizia, EdicomEdizioni, Monfalcone, 2010

i silicati, gli alluminati e le ferriti di calcio sono la parte che dà idraulicità alla calce e gli permette di reagire anche sott'acqua. Oggi la calce idraulica è prodotta in stabilimento attraverso miscele di calce e pozzolana o calce e loppa basica d'altoforno.

Anche la calce idraulica deve subire un processo di spegnimento che trasforma l'ossido di calcio in idrossido di calcio. Il suo aspetto è in funzione dei composti originari e il suo colore può essere bianco-nocciola quando deriva da marne argillose, grigio quando è ottenuto dalla pietra calcarea e argilla. Le calce idrauliche si possono distinguere in due principali tipologie ovvero quelle naturali, derivanti direttamente dalla pietra calcarea, senza l'aggiunta di altre sostanze e quelle artificiali ottenute per miscelazione di calce idrata e argilla, pozzolana, scarti di produzione del clinker o loppa d'altoforno. Le calce idrauliche vengono classificate in funzione del loro grado di idraulicità secondo la legge UNI EN 459-1 che detta dei codici di classificazione.

5.5 INTONACO A BASE DI CALCE AEREA.

L'intonaco a base di calce aerea è una malta a più strati composta da acqua, sabbia e calce aerea. In passato questa malta è stata molto utilizzata perché la calce era uno dei pochi leganti conosciuti e di facile produzione. Inoltre, potevano essere aggiunte delle terre colorate o polvere di marmo per conferire qualità estetiche al composto. L'impasto può essere realizzato in cantiere dalle maestranze o viene commercializzato direttamente in prodotti premiscelati. Nella realizzazione di un intonaco multistrato, la quantità di legante deve diminuire dall'interno verso l'esterno per favorire la traspirabilità e la resistenza della malta negli strati idonei. Nel dosaggio dei vari componenti è importante considerare alcuni aspetti:

- Il rapporto del volume inerte-legante, che può oscillare tra i 2,5-3 parti d'inerte ogni unità di legante, valutando il tipo di strato che si vuole realizzare e la tipologia dell'inerte.
- La qualità del legante impiegato, ricercando la purezza della composizione della calce.

La presa e l'indurimento dell'intonaco in calce aerea avviene secondo un duplice processo: uno fisico e uno chimico. Il primo è la conseguenza dell'evaporazione dell'acqua d'impasto che viene assorbita dal supporto dell'intonaco e che evapora per effetto chimico. L'evaporazione dev'essere graduale per non compromettere le caratteristiche della malta e provocarne la fessurazione. Il secondo processo invece, consiste nella carbonatazione della calce, ovvero nella reazione dell'idrato di calcio con l'anidride carbonica. La carbonatazione è un processo endogeno e si sviluppa dall'esterno verso l'interno favorito dalla presenza della sabbia che crea dei canali nella malta che veicolano l'anidride carbonica. Le caratteristiche di un intonaco in calce aerea realizzato ad opera d'arte sono:

- Elevata porosità, che permette una buona traspirazione e deumidificazione dell'intonaco e dei supporti murari.
- Buona elasticità, permettendo all'intonaco il trasferimento delle sollecitazioni e limitando la formazione di cavillature.
- Buona capacità di contrastare l'efflorescenza superficiale, avendo natura poco alcalina.

Al tempo stesso presenta anche

delle problematiche:

- Ridotta resistenza meccanica iniziale, che aumenta con il tempo
- Sensibilità al congelamento, che provoca fessurazioni per il congelamento dell'acqua assorbita all'interno dei pori della malta.
- Tempi d'indurimento molto lunghi.
- Formazione di bottaccioni, nuclei di malta in cui la calce non si è perfettamente spenta che causano un rigonfiamento per idratazione e un conseguente distacco per fessurazione.
- Limitata resistenza agli agenti atmosferici in ambienti inquinati perché l'inquinamento e le piogge acide trasformano il carbonato di calcio in solfato di calcio ovvero gesso che non resiste all'acqua.

5.6 LA TERRA.

La terra è costituita da composti a natura inorganica e organica che ne caratterizzano la composizione. La parte inorganica è costituita da minerali a differente granulometria che può andare da pochi centimetri, ghiaia, alla grandezza del micron, argilla. Quest'ultima parte è fondamentale perché rappresenta la parte legante della terra. L'argilla è una roccia di tipo refrattario, a composizione eterogenea sedimentaria clastica. Può essere di origine marina, fluviale o proveniente da alterazioni di feldspati. L'argilla ha ottime caratteristiche⁹:

- Ha un'ottima plasticità, che si raggiunge mediante l'idratazione del composto.
- È un materiale soggetto ad incrudimento, raggiunto per eliminazione dell'acqua utilizzata per dare la plasticità.
- È un materiale soggetto a ritiro, conseguenza dell'incrudimento e dell'asciugatura.
- È un materiale traspirante e con un'ottima porosità.
- Ha colore proprio, determinato dal tipo di sostanze mineralogiche contenute all'interno che possono dare

delle sfumature di tipo grigio, verde, azzurro, bruno, nero, giallo e rosso .

A seconda della composizione chimica, possono essere suddivise in alcune categorie¹⁰:

- Caolini: contengono silicato di alluminio idrato.
- Argille plastiche chiare: contengono caolinite e minerali argillosi con un maggior contenuto di ferro.
- Argille refrattarie: contengono silicee, caolino e allumina e hanno composizione variabile. La loro caratteristica è l'elevato punto di fusione che permettono loro di essere impiegate come materiale refrattario.
- Argille betoniche: contengono montmorillonite con impurezze di quarzo, biotite, gesso e feldspati.
- Terre follone: contengono montmorillonite e minerali fibrosi.
- Argille diverse: contengono elementi differenti che non permettono loro di rientrare in nessuna delle categorie precedentemente citate, un esempio è l'argilla espansa .

9 Carlo Amedeo Reyneri, *Intonaci in bioedilizia*, EdicomEdizioni, Monfalcone, 2010

10 Annalisa Marchiaro, Marta Berzano, *Conservare e proteggere il patrimonio in terra cruda: sperimentazione di intonaci in terra*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Correl. Fabio Fratini, Loredana Luvidi, 2014

5.7 INTONACI IN TERRA.

L'argilla può essere utilizzata come materiale legante nella produzione di intonaci. La composizione della malta prevede la miscelazione del legante con sabbie silicee e calcaree. Possono essere aggiunte delle fibre che ne migliorano la stabilità e le prestazioni meccaniche¹¹. La presa della malta avviene per incrudimento ed essiccazione dell'argilla che si verifica per contatto con l'aria. La resistenza meccanica è in funzione dei componenti contenuti come i silicati, gli alluminati e gli ossidi di ferro¹².

Gli intonaci a base di argilla hanno bisogno di fondi assorbenti, privi di polvere e ruvidi che ne favoriscano l'aggrappo. La grande problematica di questo intonaco è la bassa resistenza all'acqua che ne limita l'impiego all'esterno in ambienti umidi e molto piovosi. Essendo una superficie di sacrificio, l'intonaco deve avere determinate caratteristiche di resistenza agli agenti atmosferici e una buona stabilità meccanica. Per fronteggia-

re a queste problematiche, sin dall'antichità, gli intonaci in terra vengono additivati con composti organici o inorganici oppure miscelati con altri leganti.

Le proprietà di un intonaco in terra con l'aggiunta di un altro legante sono equiparabili a quelli di un intonaco con leganti come calce e cemento. Un buon intonaco in terra migliora:

- L'aspetto del muro mascherando le imperfezioni.
- Protegge la muratura dall'azione della pioggia e del vento.
- Resiste alle fessurazioni avendo una buona elasticità.
- Ha una consistenza compatta che resiste ad urti e sfregamenti.
- Aderisce bene al supporto.
- Ha buona permeabilità al vapore acqueo.
- Migliora l'isolamento termico e acustico.
- Allo stato plastico, ha un'ottima lavorabilità che facilita la posa e l'impiego per le finiture.
- È reversibile, riciclabile e atossico.
- È composto da materie prime facilmente reperibili sul territorio.

L'intonaco in terra può essere applicato alle costruzioni in terra cruda, per similarità di materiale. Inoltre, ha un'ottima presa anche sulle superfici in laterizio che devono essere opportunamen-

11 M.I. Gomes, Et al, Earth -based mortars for repair and protection of rammed earth walls, Stabilization with mineral binders and fibres, Journal of Cleaner Production, 2017

12 Elena Pecchioni, Fabio Frattini, Emma Cantisani, Le malte antiche e moderne, tra tradizione ed innovazione, Pàtron Editore, 2008.

te pulite per favorire l'aggrappo. L'intonaco in terra è applicato in diversi strati con funzioni specifiche. Il primo strato serve come ancoraggio ed è composto da una malta molto fluida detta "barbottina" che viene gettata in uno strato sottile di pochi millimetri. Ha la funzione di legante fra il supporto e il corpo dell'intonaco. Lo strato successivo costituisce la parte resistente e impermeabile con spessore compreso fra pochi millimetri e 2 cm. Dev'essere opportunamente livellato per preparare lo strato all'ultima parte, la finitura. Questa, ha funzione decorativa e può essere realizzata da una malta a composizione più fine o da una tinta a base di calce colorata con terre¹³.

Nel corso degli anni sono state testate molte malte stabilizzate e miscelate con differenti composti e con aggregati di varia dimensione. Le maggiori sperimentazioni sul tema riguardano l'aggiunta alla terra di calce, cemento, gesso, pozzolana e fibre vegetali. L'aggiunta di un composto migliora le caratteristiche e prestazioni della miscela e provoca una reazione chimica irreversibile che modifica la struttura molecolare della terra.

Gli esiti che si possono ottenere sono:

- Prevenzione di crepe da restringimento per essiccazione
- Miglioramento della resistenza

za all'azione dell'acqua

- Aumento della capacità aggrappante al supporto
- Miglioramento della resistenza a compressione

In aggiunta ai prodotti stabilizzanti, possono essere impiegati anche degli additivi, ovvero dei composti che migliorano ulteriormente le caratteristiche della miscela. Queste sostanze possono essere di origine sintetica o naturale e non modificano la struttura molecolare della terra. Gli additivi di origine naturale sono: escrementi, urina, sangue animale, caseina, colle animali, oli e grassi, latticini e linfe. Quelli di origine sintetica invece sono: silani, silossani, silisoni, esteri di silice e sono composti che conferiscono idrorepellenza alla superficie.

13 Carlo Amedeo Reyneri, *Intonaci in bioedilizia*, EdicomEdizioni, Monfalcone, 2010



5.8 TERRE COLORANTI:

Nell'edilizia storica le finiture superficiali degli intonaci erano realizzate con sostanze di origine naturale chiamate pigmenti che sono suddivisibili in:

- Organici: il pigmento è una miscelanza di atomi di carbonio e idrogeno, ossigeno ed azoto, sostanze derivanti da origini animali o vegetali.
- Inorganico: il pigmento deriva dalla composizione chimica del minerale impiegato.

Inoltre, i pigmenti possono essere di origine:

- Naturale: la molecola di pigmento utilizzata deriva dall'impiego di un minerale o di un prodotto animale o vegetale.
- Sintetica: la molecola di pigmento deriva da un processo chimico industriale.

Nello specifico i pigmenti inorganici naturali venivano reperiti nelle vicinanze e le loro colorazioni dipendevano dalla geomorfologia dei suoli locali¹⁴.

La loro formazione è legata al

¹⁴ Vanessa Petiti, Malte storiche di Borgo Comalese: caratterizzazione dei materiali e prove di confezionamento di malte compatibili, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Paola Palmero, Correl. Anna Doleatto, 2015

lento disfacimento di minerali preesistenti a causa di fenomeni fisici e chimici che formano masse incoerenti terrose dette "ocre". La miscelazione di questi pigmenti con altri composti, come la sabbie e le argille, forma le cosiddette "terre coloranti". Sono costituiti da granelli di materiale insolubili che, inseriti in una malta, impartiscono il loro colore. I composti che danno il colore alle terre sono:

- Ossidi
- Carbonati
- Solfati
- Solfuri
- Cromati
- Silicati

A seconda della composizione chimica dei minerali si possono avere colorazioni differenti.

Bianco:

Classe chimica	Pigmento
Ossidi	Ossido di titanio
	Bianco di Zinco
	Ossido di Zinco
Solfuri	Solfuro di Zinco
	Litopone
Carbonati e Carbonio	Piombo bianco

Nero:

Classe chimica	Pigmento
Ossidi	Nero ad ossido di ferro
	Nero al ferro manganese
Carbonati e Carbonio	Nero di carbonio

Verde/Blu:

Classe chimica	Pigmento
Ossidi	Ossidi di cromo
	Ossidi di metallici misti
Cromati	Verde cromo
Altri	Blu di ferro
	Blu di manganese

Rosso/Arancio:

Classe chimica	Pigmento
Ossidi	Ossido di ferro
Solfuri	Solfoseleniuro di cadmio
Cromati	Rosso molibdato
	Arancio cromo
Altri	Cobalto

Grigio:

Classe chimica	Pigmento
Ossido	Ossido di Magnesio
Carbonati e Carbonio	Carbonato di calcio

Giallo/Marrone:

Classe chimica	Pigmento
Ossidi	Ossidi di ferro
	Giallo di cromo
	Rutilo
	Giallo nichel rutilo
Solfuri	Solfuro di cadmio
Cromati	Giallo di cromo
	Giallo zinco
	Cromati alcalino terrosi



Terre rosse - Ceresole d'Alba
Terre grigie - Corneliano d'Alba
Foto dell'autore



Terre gialle - Sommariva Perno
Terre marroni - Monticello d'Alba
Foto dell'autore

6 SPERIMENTAZIONI SUGLI INTONACI

Il lavoro di ricerca di questa tesi parte dalla lettura del materiale bibliografico relativo agli intonaci per la definizione del tipo di malta e della sua composizione da utilizzare. Il seguente capitolo riporta gli studi condotti sul tema che sono consultati per la definizione delle miscele. Verrà fatta questa distinzione:

- Studi scientifici su intonaci in terra con l'aggiunta di calce.
- Studi in calce con l'aggiunta di terra.

6.1 RICERCHE CONDOTTE SUGLI INTONACI IN TERRA.

Per la determinazione della miscela di terra da utilizzare è stata consultata una bibliografia di riferimento. Il primo contributo significativo all'opera è stato apportato da un articolo pubblicato da alcuni ricercatori del dipartimento di Ingegneria civile dell'Università di Lione¹⁵. Gli autori hanno sperimentato degli intonaci in calce/ sabbia e terra/ sabbia per la protezione degli edifici in terra. L'obiettivo era di proporre un metodo innovativo che consentisse di formulare

¹⁵ Erwan Harmard, Jean - Claude Morel, Fernanda Salgado, Alain Marcom, Nicolas Meunier, A procedure to assess the suitability of plaster to protect vernacular earthen architecture, ScienceDirect, Lyon, 2011.

malte per intonaci attraverso il coinvolgimento delle maestranze locali. Secondo i muratori, un buon intonaco in terra deve contenere una buona quantità di argilla, che ha lo scopo di legare la malta e prevenire l'erosione. Il rapporto sabbia / terra deve garantire una buona coesione delle parti e fronteggiare il fenomeno del ritiro che comporterebbe delle crepe nell'intonaco. A seguito di vari esperimenti sul giusto contenuto di argilla rispetto al peso secco della sabbia, è emerso che il 9% di argilla è la quantità ideale per la terra testata.

Un altro articolo consultato riporta il dibattito del 2007 in New Mexico da ricercatori locali sulla stabilizzazione della terra con la calce. Nella stabilizzazione di malte a base di terra la calce presenta maggiori vantaggi rispetto al cemento:

- Le particelle del materiale sono più piccole rispetto al cemento e presentano una granulometria tale da migliorare l'aderenza al supporto. Inoltre viene migliorata la coesione con la sabbia.
- Il fenomeno della carbonatazione della calce migliora le prestazioni della malta con l'invecchiamento. Al contrario, il cemento raggiunge in breve tempo la massima resistenza, ma la sua stabilità si riduce con il passare del tempo.

- I materiali a base cemento creano una barriera all'umidità che non permette l'evapotraspirazione dell'intonaco. La calce invece, contribuisce alla permeabilità dell'intonaco, accumulando o rilasciando l'umidità¹⁶.

Qui veniva dimostrato come un contenuto di calce compreso fra il 6 e il 10 % migliora le prestazioni della malta.

Invece, presso l'Università di Minho in Portogallo, un gruppo di ricercatori ha dimostrato come la stabilizzazione in calce migliori le prestazioni in termini di resistenza a compressione e all'erosione all'acqua. La ricerca ha contribuito notevolmente alle conoscenze specifiche sull'impiego degli intonaci in terra per i nuovi edifici e per la conservazione del patrimonio architettonico in terra esistente. È stato verificato che, un'aggiunta di calce del 4%, produce benefici sulla malta¹⁷.

Un altro studio effettuato presso l'Università d'Ingegneria civile di Perth in Australia, sperimenta l'aumento di rigidità indotto dalla stabilizzazione della calce per le costruzioni in terra rispetto al cemento Portland. Sono stati testati differenti provini con un diverso contenuto di calce

compreso fra lo 0 e il 6 %. La ricerca ha riportato che il contenuto ottimale fosse del 4 % ed oltre non si sono verificati ulteriori miglioramenti¹⁸.

Ad ulteriore conferma delle sperimentazioni sul tema, presso Politecnico di Torino, sono state condotte molteplici sperimentazioni seguite dalla Dottoressa Manuela Mattone relative agli intonaci in terra stabilizzati. Nello specifico, l'Architetto Gloria Giuria, ha sperimentato i benefici indotti dalla stabilizzazione degli intonaci in terra con la calce. In questa ricerca valutava il miglioramento delle prestazioni di un intonaco stabilizzato con il 5 % di calce e con il 10 %. La conclusione dell'opera dimostra che l'aggiunta del 10 % di calce sul peso della terra, contribuisce in maniera significativa al miglioramento delle prestazioni¹⁹.

In allegato vengono riportate le percentuali dei componenti sperimentati nei vari riferimenti riportati.

16 F.U. Contreras, L.F. Guerrero Baca, The use of lime in the conservation of earth construction, in Fourth International Adobe Conference of the Adobe Association of the Southwest, New Mexico 2007.

17 A.Camos, R.Eires, S. Jalali, Enhancing water resistance of earthen buildings with quicklime and oil, Journal of Cleaner Production, Portugal, 2007.

18 D.Ciancio, C.T.S. Beckett, J.A.H. Carraro, Optimum lime content identification for lime-stabilised rammed earth, Construction and Building Materials, Australia, 2013.

19 Gloria Giuria, Intonaci in terra stabilizzati con calce: prove sperimentali, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Correl. Stefano Invernizzi, Fabio Frattini, Silvia Rescic, 2018

6.2 RICERCHE CONDOTTE SUGLI INTONACI IN CALCE

Per la definizione del tipo di malta in calce con l'aggiunta di terra, sono state consultate molteplici fonti, tra cui gli studi delle tesi di laurea e dottorato condotte presso il politecnico di Torino. L'uso delle malte a base di calce nell'edilizia storica è risaputo e molteplici studi sono riferiti alla ricerca sulle malte per dei restauri storici. L'architetto Vanessa Petiti, nella propria tesi di laurea magistrale, tratta il tema delle malte da restauro verificando l'uso della calce come materiale legante nel Piemonte e formulando delle malte da restauro compatibili grazie a verifiche visive e procedurali. Fra le varie miscele proposte valuta il rapporto sabbia calce e l'impiego delle terre coloranti per la determinazione di finiture²⁰.

Presso il dipartimento di ingegneria dei sistemi edilizi e territoriali, l'architetto Alessia Trimarchi ha sperimentato la durabilità dei materiali utilizzati nell'ambito del restauro con l'obiettivo di caratterizzare delle malte con differenti tipi di legante. Lo scopo della ricerca è quello di definire

20 Vanessa Petiti, Maltestoriche di Borgo Comalese: caratterizzazione dei materiali e prove di confezionamento di malte compatibili, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Paola Palmero, Correl. Anna Doleatto, 2015

e valutare le differenti tipologie di malte da intonaco utilizzate per il restauro dell'edilizia storica. Ha stabilito dei rapporti fra sabbia/calce, sabbia/calce/terra e sabbia/terra. Il rapporto fra sabbia e calce è di 3/1, il rapporto sabbia/calce/argilla in pasta è di 12/2/2 e il rapporto fra sabbia/argilla in pasta è di 3/1²¹. Importanti studi sul tema e sugli intonaci dell'edilizia minore sono stati condotti dal dottor. Paolo Scarzella e dal dottor. Marco Zerbinatti. Il professor Scarzella ha raccolto e documentato in una serie di libri le terre coloranti per le tinte murali. Inoltre, a partire dagli anni '90, ha iniziato uno studio sulle malte utilizzate in Piemonte e in Valle d'Aosta. In collaborazione con il ricercatore e docente del Politecnico di Torino Marco Zerbinatti, hanno svolto una ricerca sugli errori commessi negli interventi di rifacimenti di malte, proponendo soluzioni idonee secondo le normative vigenti e le teorie odierne della conservazione e del restauro.

La tesi di dottorato di ricerca del docente Zerbinatti, pubblicata nel 1998, aveva l'obiettivo di contribuire a contestualizzare gli interventi di restauro, rispettando e analizzando la matrice tecnica e culturale che li ha generati, cercando di coope-

21 Alessia Trimarchi, Caratterizzazione di malte per interventi di manutenzione e conservazione : criteri di formulazione e miscelazione, confronto tra caratteristiche meccaniche, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Marco Zerbinatti, 2015

rare alla ricerca per la salvaguardia delle architetture minori nell'edilizia Piemontese e della Valle d'Aosta.

Tra gl'importanti studi condotti il capitolo "disgregazioni dovute alla presenza di solfati nel pietrame", illustra un'importante analisi di grande interesse per questo lavoro sperimentale. Questo studio dimostra che in un'ampia zona del Piemonte meridionale, tra cui l'area del Roero, vi sia una forte presenza di gesso nel Terreno, legata agli orizzonti geologici del Tortoniano e del Messiniano. La presenza di questo composto presenta delle problematiche d'incompatibilità con i nuovi leganti cementizi perché l'alluminato tricalcico si combina con i solfati generando composti espansivi estremamente pericolosi come l'ettringite, che portano a fessurazioni e distacchi del materiale.

Un esempio riportato dall'autore, descrive il caso studio della chiesa di San Ponzio a Monticello d'Alba dove, l'incompatibilità fra la malta cementizia applicata sull'antica architettura, realizzata con una malta contenente le materie prime locali, ha comportato il distacco di alcuni ciottoli dalla muratura. Conclude il paragrafo ponendo l'attenzione sull'importanza di conoscere le materie prime locali e le caratteristiche dei componenti con i quali si realizzano malta da rappezzo. Un altro importante paragrafo del dottorato di ricerca, "Giunti

murari e intonaci realizzati con malte di calce e argilla", illustra come nell'edilizia storica sia stata aggiunta alla malta a base di calce, una frazione di terra contenente argilla. Le malte aventi questa composizione sono ritrovabili in quelle zone lontane dalle cave d'estrazione dell'aggregato, perciò veniva impiegata la terra argillosa come surrogato. Inoltre, l'utilizzo dell'argilla come legante aveva un costo nullo e la parte rimanente di terra, costituita da limi e sabbie fini, veniva utilizzata per equilibrare le sabbie locali dei torrenti privi della frazione di sabbia fine. Infine, un ulteriore contributo alla conoscenza delle malte in calce e argilla, ancora riportato nella tesi di dottorato del ricercatore Zerbinatti, è legata alla modalità operativa di confezionamento di provini a base di argilla cruda e sabbia e sabbia, calce e argilla cruda. Il criterio adottato cercava di riempire i vuoti della componente arenacea con un uguale volume di terra ridotta in pasta e grassello di calce, secondo differenti proporzioni. A partire da un volume di terra, sono state aggiunte delle gocce d'acqua con una pipetta graduata fino ad ottenere una pasta lavorabile senza rifiuto d'acqua. L'operazione ha mostrato un aumento della massa del composto e una diminuzione del volume. Il vantaggio della trasformazione della terra secca in una pasta umida è dovuto alla bagnatura

dell'argilla che, essendo idrata, non riduce il contenuto d'acqua d'impasto della miscela. I provini confezionati utilizzando la terra in pasta e non secca, hanno dato luogo a meno cavillature e fessurazioni per ritiro, dimostrando l'efficacia della metodologia²². In allegato vengono riportate le percentuali dei componenti sperimentati nei vari riferimenti riportati.

6.3 RIFERIMENTI LOCALI

Per completare l'analisi e i riferimenti sul tema, è stata compiuta un'indagine ricercando le aziende che sul territorio, realizzano o stanno sperimentando intonaci in terra e in calce. Moltissime aziende oggi utilizzano intonaci premiscelati in calce e coloranti a base di terre. Inoltre, sul territorio Italiano, ormai sono moltissime le aziende che producono premiscelati per malte a base di calce e terre coloranti. L'impresa edile Fratelli Sartore di Santa Vittoria d'Alba, rappresenta un'eccezionalità sul territorio del Roero e negli ultimi vent'anni sta sperimentando e realizzando una linea d'intonaci in terra e calce utilizzando le terre locali. A seguito di un'intervista condotta a uno dei titolari dell'impresa, Marco Sartore, è stata documentata la loro esperienza e le loro conoscenze sul campo. L'impresa nacque nel 1923 e ancora oggi rappresenta un'istituzione a livello locale. Sono alla quarta generazione di impresari e oltre a realizzare complessi residenziali, edifici pubblici, civili abitazioni e capannoni industriali, da sempre si occupano del restauro architettonico. Tra i progetti più importanti in questo campo citiamo il restauro del castello di Santa Vittoria d'Alba,

22 Marco Zerbinatti, Sabbie, malte e intonaci nell'edilizia storica in Piemonte e in Valle d'Aosta, Tesi di dottorato, Politecnico di Torino, Rel. Paolo Scarzella, 1998.

comune dove oggi ha sede l'impresa. Oggi l'azienda si è molto ingrandita e si occupa anche di bioedilizia, promuovendo soluzioni tecnologiche alternative come l'uso della calce idraulica e intonaci in terra cruda.

L'impresario racconta i primi approcci al mondo della bioedilizia, avvenuti nel 1994:

“Quando sei un figlio giovane vuoi far uscire la tua identità, vuoi farti la tua strada (...) Ho iniziato nel 1994 e avevo un sogno di realizzare per me una casa sana, che rispecchiasse un po' i miei ideali (...). Ho conosciuto un belga Walter Kune e siamo stati con lui a Roma per quindici giorni e ci ha

fatto scoprire le tecniche costruttive dei romani che sono stati dei costruttori eccellenti (...). Abbiamo iniziato a chiederci come facessero alcune costruzioni a stare su dopo duemila anni, e lì mi si è aperto il mondo della calce idraulica. Poi usavano delle tecniche e degli accorgimenti che oggi sono scomparsi: l'orientamento, le aperture, il rapporto con la natura (...). Allora ho iniziato ad appassionarmi a questo mondo. Perché oggi se vai a Roma cosa vedi: coccio pesto, pozzolana, calce idraulica. Da lì è nato l'amore per la bioedilizia.”

Marco Sartore

Nel 2001 in un convegno sulla Bioedilizia l'impresario ha incontrato



Il castello di Santa Vittoria d'Alba

Foto dell'autore

il docente universitario del Politecnico di Milano Sergio Sabbadini. Attraverso un serie d'incontri e di sperimentazioni pratiche sul campo, l'architetto Sabbadini ha formato il costruttore nella realizzazione d'intonaci in terra, calce idraulica e terra.

"(...) E' stato facile imparare. Una volta che sai come funziona la terra, diventa facile lavorarla. Quando ti danno una ricetta e sei già cuoco, questa ricetta la fai tua."

Marco Sartore

Il docente Sabbadini ha istruito l'impresario edile all'uso della terra locale, nello specifico nell'uso della terra da scavo di cantiere. Successivamente è stata condotta una ricerca applicata sul campo direttamente dall'azienda, per comprendere quali fossero le percentuali giuste dei componenti e le possibili applicazioni della tecnologia. Oggi l'impresa realizza intonaci in terra utilizzando le terre locali per superfici murarie interne e intonaci in calce colorati con le terre per le superfici esterne. Sono state condotte anche delle ricerche per impiegare gli intonaci in terra cruda per superfici esterne, aggiungendo un 5 % di calce ma, l'impresario non le consiglierebbe. Al tempo stesso, sono state condotte delle sperimentazioni sull'aggiunta di terra ad un intonaco in calce, in percentuali del 10 %. Queste prove hanno mostrato un buon risultato sotto il

profilo colorimetrico e una buona compatibilità fra i due materiali che hanno un'ottima durabilità.

"(...) Devi trovare dei compromessi quando proponi la bioedilizia. L'obiettivo è fare delle case che non abbiano dei problemi e che soddisfino il cliente. Perché durante la mia esperienza ho visto moltissime case che erano state fatte in bioedilizia ma, essendo eccessivamente isolate, avevano poi dei problemi di traspirabilità che portano a macchie di umidità. Essendo un costruttore devo proporre delle cose che siano belle e che abbiano una certa durata. La bioedilizia per noi, è trovare un compromesso fra rispetto della natura e la stabilità e durabilità strutturale."

Marco Sartore

L'impresa realizza fondi per intonaci in calce o cocchiopesto e le finiture in terra cruda. Hanno un impianto per la macinazione dei coppi e una molazza per il trattamento e il confezionamento delle malte in terra o in calce e terra. Utilizzano principalmente la terra degli scavi delle fondazioni di cantiere, nello specifico quella cavata a circa 50 cm dalla superficie, per selezionare già in partenza una terra con un basso contenuto di sostanze organiche. Prima di realizzare un intonaco seguono un procedimento da loro sviluppato per la determinazione delle percentuali dei componenti:

Determinazione delle parti della terra.

- In un barattolo di vetro graduato vengono messi 5-8 cm di terra da cantiere.
- Successivamente il barattolo viene riempito con dell'acqua e il composto terra/acqua viene mescolato.
- Il composto fluido viene lasciato riposare per 3 giorni.
- Nei tre giorni di riposo, avendo differente granulometria, le parti della terra disciolta nell'acqua, ovvero ghiaia, sabbia, limo e argilla, si sedimentano diversificandosi per strati.
- Dopo il periodo di sedimen-

tazione è possibile riconoscere ad occhio nudo le parti della terra, suddivise per strati. Sulla superficie dell'acqua rimangono le parti organiche residue, quali radici e materiale organico, mentre i sedimenti si depositano per granulometria.

Determinazione della granulometria:

- La terra viene macinata in una molazza. La macinatura consente l'omogeneizzazione della terra.
- Mediante setacciatura manuale, la terra viene poi



Molazza per il confezionamento
di intonaci
www.fratellisartore.it

affinata secondo la granulometria richiesta per lo strato dell'intonaco. Le terre per finitura avranno granulometria fine, e le terre da rinzaffo avranno una granulometria maggiore.

Preparazione della miscela:

All'interno della molazza vengono miscelati i componenti della malta iniziando dalle percentuali sperimentate che vengono qui riportate in parti:

Terra	Calce	Sabbia
3		1
	1	3
12	1-1,5	2,5-3
2	2	12

Prove di consistenza:

- Determinato il tipo di malta da realizzare vengono fatte delle prove sulla consistenza. Ogni terra, avendo composizione granulometrica differente, è soggetta a delle correzioni in parti rispetto alle miscele di base sopra riportate.
- Se una terra è troppo magra, ovvero ha un quantitativo di argilla insufficiente, viene miscelata con un'altra terra con un maggior contenuto di argilla.
- Dopo due giorni dal confezionamento dei provini vengono fatte delle prove di sfregamento per comprendere la

stabilità della malta posta.

"(...) Ci sono delle terre che non vanno bene però hanno dei colori bellissimi, allora cosa faccio, aggiungo delle terre più grasse che mi danno la parte legante. Mischio le terre con altre terre (...) Le terre gialle della zona delle rocche sono molto sabbiose. Se metto un 10 % della terra che ho intorno a casa a Monticello, quella è più grassa e non mi cambia assolutamente il colore (...)"

Marco Sartore

In seguito alla determinazione dei componenti dell'intonaco, la malta viene confezionata direttamente nella molazza, posta in secchi di plastica e posata dai traboccanti mediante pompaggio a macchina o direttamente a mano.

A seconda del tipo di finitura che verrà realizzata, la granulometria della terra e degli inerti sarà differente. Vengono realizzati dall'impresa 3 o 4 strati con granulometrie differenti. L'impresa conclude l'intervista raccontando i rapporti con i clienti e il mercato degli intonaci in bioedilizia da loro proposto.

"...Ultimamente le facciamo tutte così. Un esempio nel campo del restauro è la chiesa di San Paolo ad Alba. Dentro, ho restaurato la chiesa e ho fatto tutte le volte con intonaci in terra grigia e il coccio pesto. L'altare è in coccio pesto. Sugli intonaci in terra ho passato il sapone di Marsiglia che serve per uniformare il colore e dare impermeabilità. Negli ultimi anni ne ho fatti

tantissimi e adesso stiamo facendo una casa per un importante famiglia della zona, con intonaci in terra e paglia".

Marco Sartore

In allegato al fondo della tesi viene riportata l'intervista completa.



Esposizione di intonaci in terra e intonaci
in cocciopesto
Foto dell'autore



Intonaci in calce e terra
www.fratellisartore.it



Intonaci in calce e terra
www.fratellisartore.it

FASE 3

I MATERIALI LOCALI

In questa terza fase vengono riportate le indagini e i criteri di scelta delle materie prime locali selezionate. L'obiettivo primario del progetto di tesi è di studiare le caratteristiche degli intonaci confezionati con le materie prime locali. I materiali utilizzati sono la terra, la sabbia, la calce e l'acqua. Inoltre, un altro obiettivo che la tesi si propone è quella di fornire delle informazioni sulle caratteristiche delle terre del Roero, dando un'alternativa tecnologica e delle informazioni procedurali alle imprese locali che realizzano intonaci. La terra e la sabbia provengono da cave attive o occasionali presenti sul territorio mentre la calce utilizzata proviene dalla fornace più vicina all'area studiata sita nel comune di Piasco.

Partendo dall'analisi della cartografia Provinciale e dalle informazioni relative alla sezione "Cave" del portale della Regione Piemonte, sono state studiate le caratteristiche del territorio e sono state mappate tutte le tipologie di terreni e le cave attive presenti nel Roero. Infine, è stata visionata la normativa relativa alle "terre e rocce da scavo" per valutare la possibilità d'impiegare i rifiuti generati dalle attività di scavo come "materie prime seconde" per nuovi processi produttivi sostenibili.

7 ANALISI TERRITORIALE

7.1 ANALISI PAESAGGISTICA

L'analisi territoriale e paesaggistica, condotta sulla cartografia e sulle informazioni ritrovate nei siti ufficiali provinciali e regionali, è di estrema importanza perché fornisce maggiori informazioni sulle scelte dei materiali da impiegare.

Il territorio del Roero è vincolato da una serie di normative che ne tutelano lo sviluppo suddivise in quattro livelli principali:

- Livello europeo/nazionale, attraverso direttive relative alla salvaguardia e la protezione del paesaggio.
- Livello regionale, attraverso strumenti attuativi di pianificazione come il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e il Piano Territoriale Regionale (PTR) che forniscono indirizzi di sviluppo e di tutela degli elementi qualificanti il paesaggio.
- Livello provinciale, mediante il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)
- Livello comunale, attraverso lo strumento urbanistico del Piano Regolatore Generale Comunale.

Nello specifico, il PTCP esprime indirizzi e definisce gli obiettivi e le politiche di sviluppo della Provin-

cia. Ha funzione di pianificazione ed è composto da una serie di elaborati¹:

- Relazione illustrativa: relazione che analizza sinteticamente i contenuti del piano ponendo l'attenzione sulle strategie e manovre d'intervento.
- Norme tecniche di attuazione: articoli normativi che indirizzano la pianificazione comunale e provinciale.
- Matrice ambientale: raccolta cartografica che è suddivisa in 9 elaborati grafici:
 1. Carta dei paesaggi insediati-vi;
 2. Carta della naturalità e della vegetazione;
 3. Carta dei valori culturali;
 4. Carta delle tutele paesaggistiche
 5. Carta dell'inventario degli elementi per la definizione del rischio ambientale;
 6. Carta della natura;
 7. Carta della capacità d'uso dei suoli;
 8. Carta litologica;

La consultazione delle carte del PTCP, pubblicate sul sito ufficiale della Provincia, è stata di fondamentale importanza. Sono state prese in considerazione alcune carte per studiare e capire la litologia del terreno e l'incidenza dell'attività dell'uomo sulla trasformazione dell'ambiente.

¹ www.provincia.cuneo.gov.it/pianificazione-territoriale/piano-territoriale-coordinamento

Da ogni carta è stata estratta la zona relativa al Roero e vengono riportati i confini territoriali e i centri abitati. Inoltre, ogni carta è stata rielaborata per selezionare le informazioni più interessanti per la tesi. Nelle pagine seguenti saranno illustrate le carte e verranno fatte le relative riflessioni confrontando i contenuti.



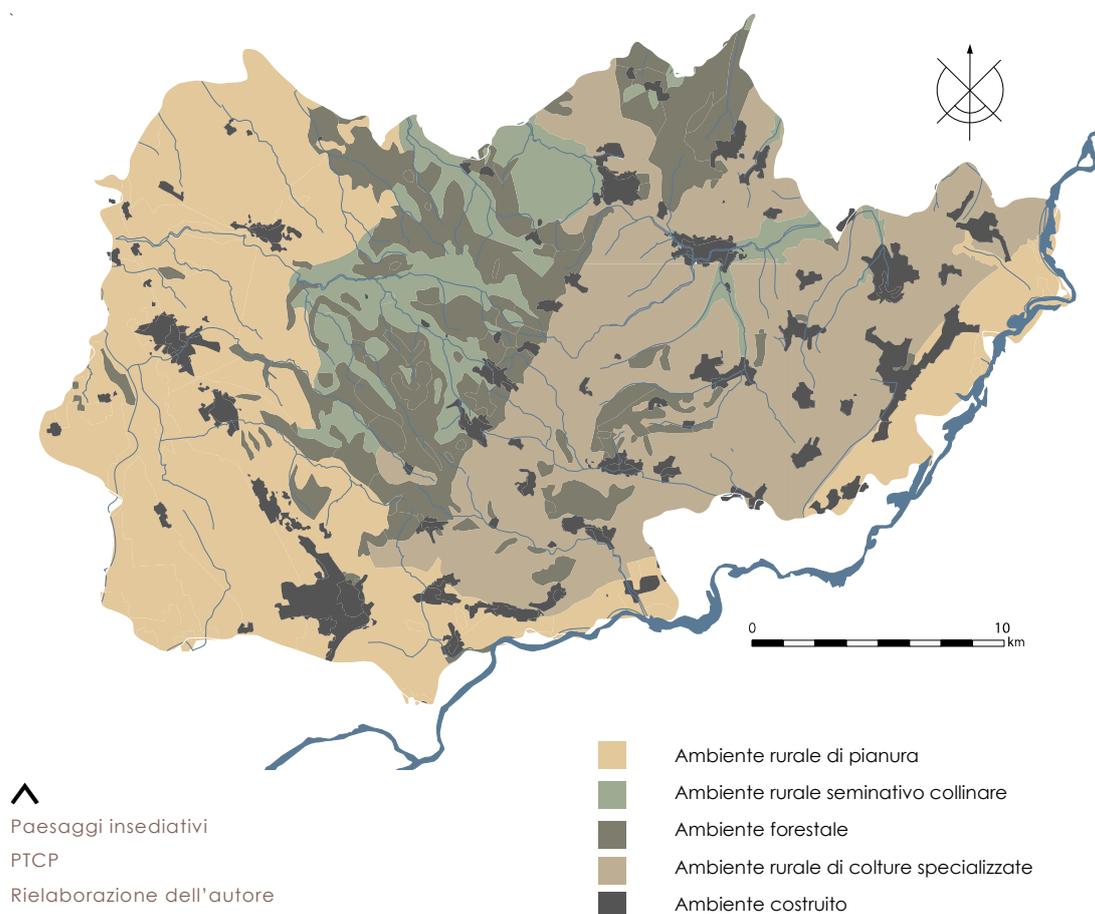
Guarene
Foto dell'autore

PAESAGGI INSEDIATIVI:

La prima carta riportata è quella relativa ai paesaggi insediativi e illustra l'insediamento dell'uomo sul territorio. Una delle prime informazioni che si possono leggere dalla carta è la presenza delle rocche che dividono il territorio del Roero in due fasce ben distinte.

La zona a Sud-est è la zona a carattere collinare dolce ed è caratterizzata dalle colture dei vigneti. La zona a nord-ovest invece, è la zona pianeggiante corrispondente al proseguimento dell'altopiano di Poirino. La carta mostra come nella parte a

sud-est il paesaggio sia stato fortemente condizionato dall'uomo che ne ha modificato l'aspetto. Inoltre, nella parte sud-est della zona, sono concentrati maggiormente i centri abitati. Secondo la legenda riportata a lato della carta la zona sud-est è un "ambiente insediativo rurale di colture specializzate", la zona vitivinicola. Invece, al di sopra della linea delle rocche l'area ha carattere prevalentemente boschivo seguita, allontanandosi dalla linea verso nord-ovest, da una zona seminativa pianeggiante.

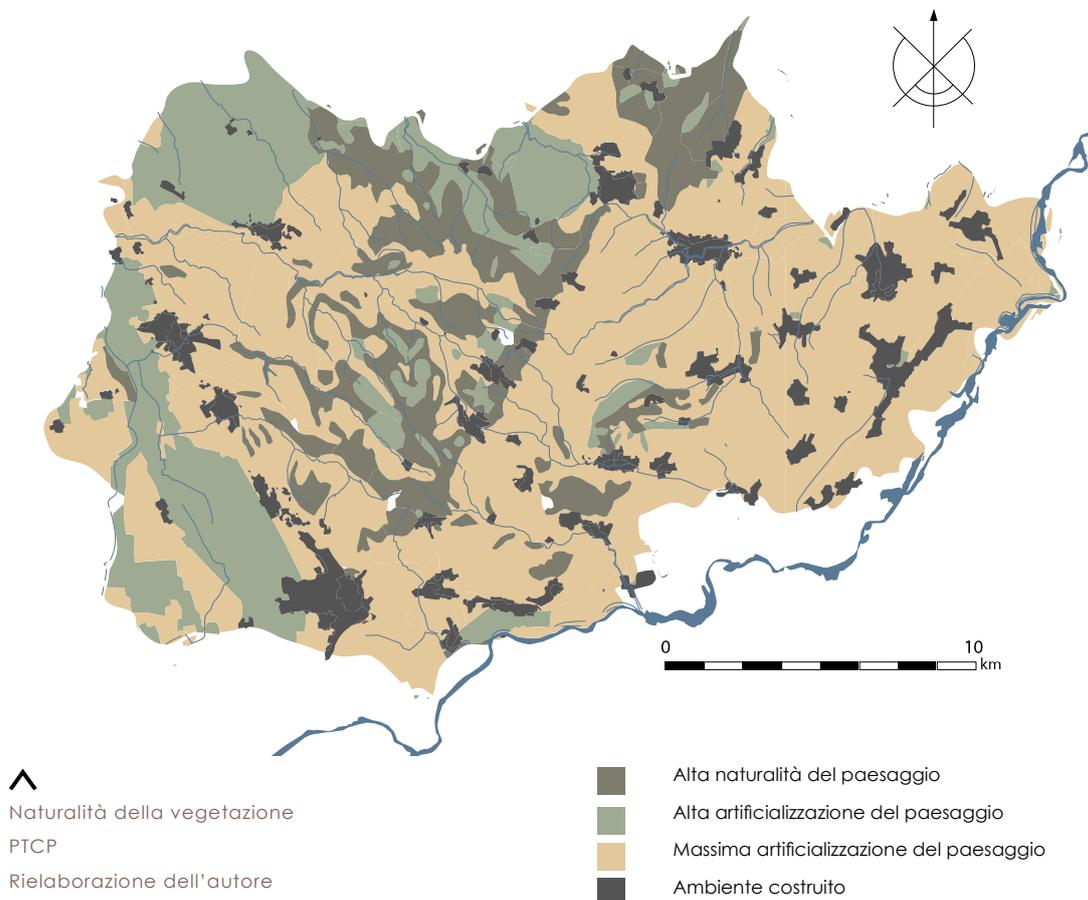


NATURALITA' DELLA VEGETAZIONE:

La seconda carta illustrata completa l'analisi della prima dando un grado di naturalità al paesaggio insediativo. Viene dato un grado che indica il livello di artificializzazione del paesaggio che va da grado uno, naturalità massima, a grado quattro, artificializzazione massima.

La zona sud-est ha grado quattro mentre l'unica zona uniforme a naturalità massima rimane quella in corrispondenza della linea delle rocche. Questa carta conferma l'operato dell'uomo sulle trasformazioni del paesag-

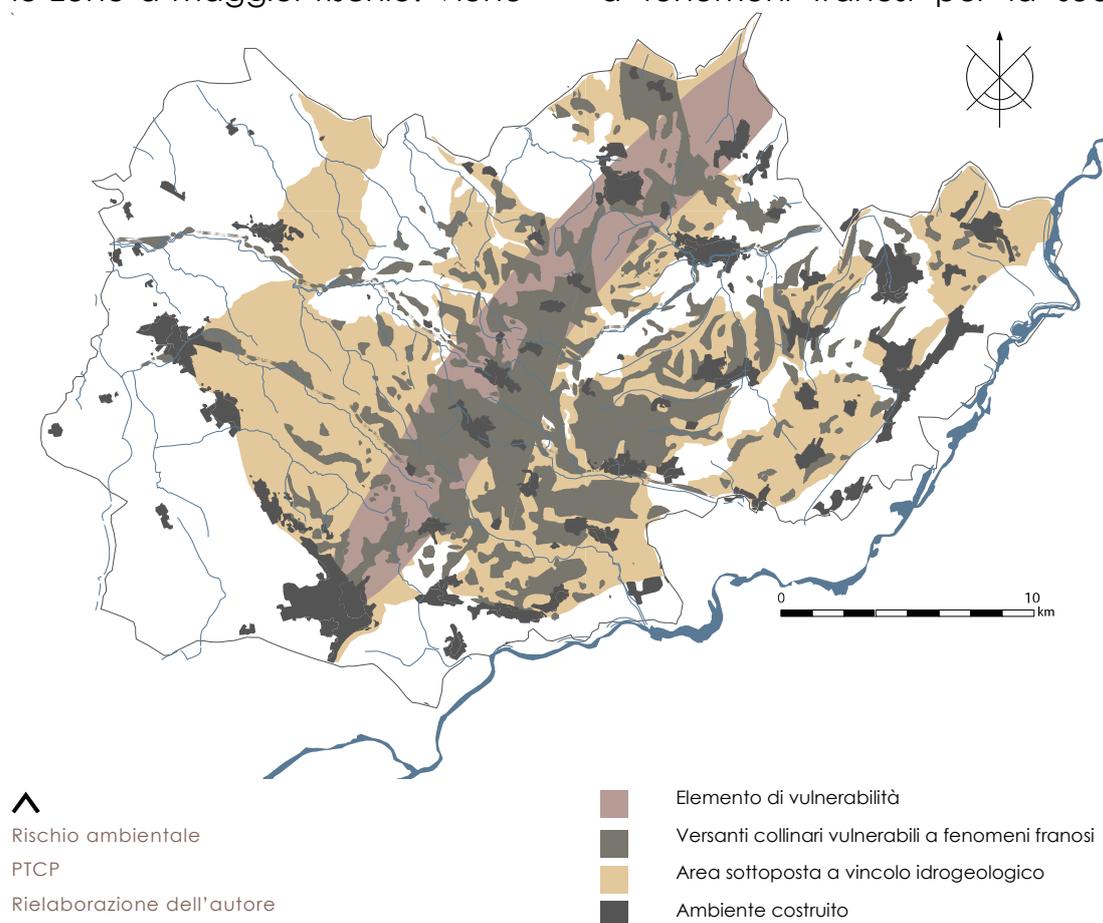
gio, mostrando un alto livello di artificializzazione del paesaggio nel Roero.



RISCHIO AMBIENTALE:

La seguente carta riporta le zone a maggiore rischio ambientale. Ricordiamo che la zona del Roero è un'area territoriale a carattere collinare -pianeggiante che presenta delle fratture nel terreno alte fino a 70 m chiamate "Rocche". Quest'area è soggetta a molteplici rischi ambientali legati nello specifico alla stabilità del suolo e alla sua erosione da parte del ruscellamento e degli agenti atmosferici. Il maggiore rischio a cui è soggetta è quello idrogeologico e nella carta vengono riportate le zone a maggior rischio. Viene

mostrato un primo elemento di vulnerabilità corrispondente alla zona delle rocche, soggetta a continue erosioni. Questa linea divide la zona in due aree che hanno morfologia differente. Come già detto in precedenza, la zona a sud-est ha carattere collinare dolce e la carta mostra che i versanti sono sottoposti a fenomeni franosi per fluidificazione dei terreni incoerenti della copertura superficiale. L'area è soggetta a vincolo idrogeologico. Inoltre, vengono riportate le zone di frane recenti. Invece, la zona a nord-ovest non ha versanti vulnerabili soggetti a fenomeni franosi per la sua



conformazione pianeggiante. La carta mostra come l'area sia fortemente condizionata dalla morfologia che ha caratteristiche differenti. Come vedremo in seguito, anche la tipologia di terreno sarà diversa confermando la stabilità di alcune zone e la friabilità di altre.



Elemento di vulnerabilità

Le Rocche del Roero

Foto dell'autore

CAPACITA' D'USO DEI SUOLI:

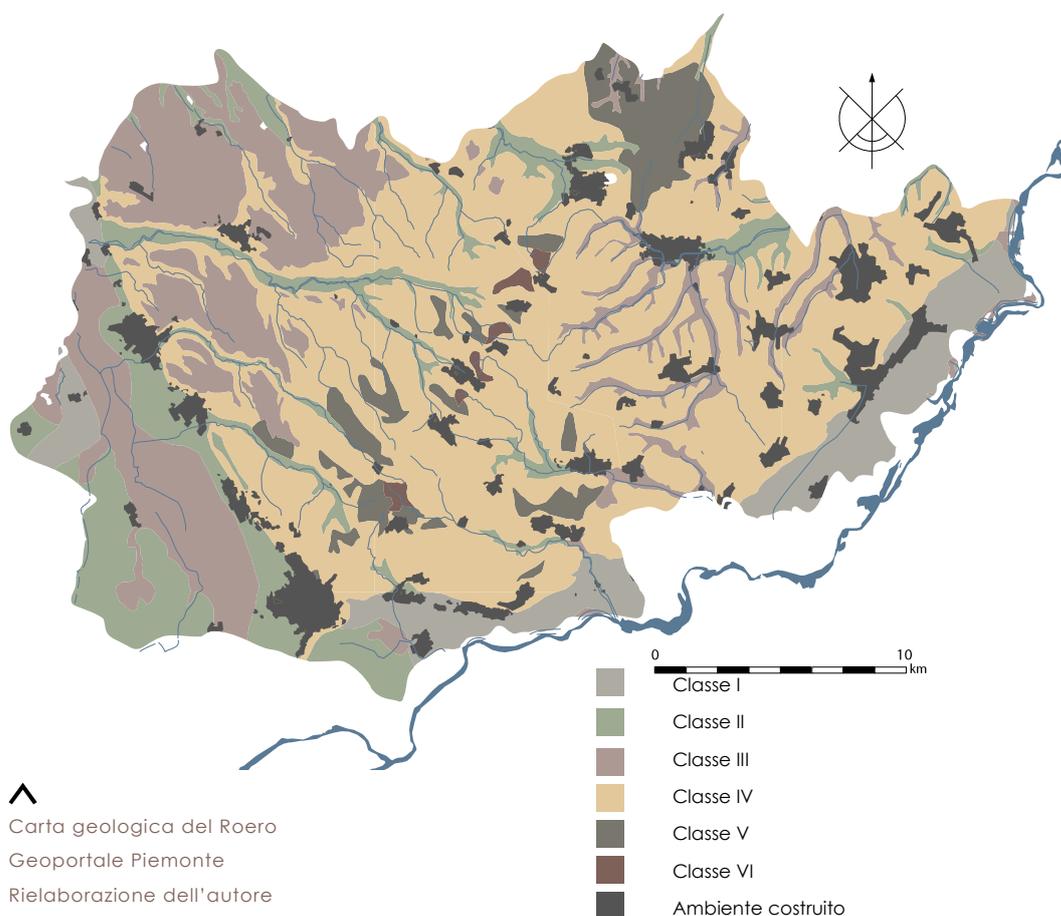
La carta riporta la capacità d'uso dei suoli ovvero una valutazione dei limiti alle utilizzazioni a fini agricoli e forestali secondo criteri pedologici e ambientali. La classificazione è suddivisa in otto classi:

- Classe I: Suoli privi di limitazioni
- Classe II: Suoli con alcune moderate limitazioni
- Classe III: Suoli con alcune limitazioni che riducono la scelta e le produzioni delle colture
- Classe IV: suoli con molte limitazioni che restringono la scelta delle colture e che ri-

chiedono accurate pratiche agronomiche

- Classe V: suoli con forti limitazioni che ne restringono l'utilizzazione
- Classe VI: suoli con limitazioni molto forti
- Classe VII: suoli con limitazioni fortissime
- Classe VIII: aree con limitazioni tali da precludere il loro uso per fini produttivi.

Il territorio del Roero ha una classificazione d'uso che va dalla classe I alla classe VI. Com'è già stato mostrato in precedenza nelle altre carte, gran parte del territorio è artificializzato ed



è utilizzato prevalentemente per scopi agricoli. La maggior parte del territorio del Roero è in classe IV, ovvero nella zona con molte limitazioni che ne restringono la scelta delle colture. Questa motivazione è legata alla pendenza del terreno, che ne condiziona il tipo di coltivazione. Solo la zona verso nord-ovest del territorio è in classe III.

In corrispondenza della linea di demarcazione delle Rocche i terreni sono in classe d'uso VI: suoli con limitazioni molto forti. Questa carta mostra che anche se vi è stata un grande artificializzazione del paesaggio da parte dell'uomo il territorio è vincolato

dalle caratteristiche morfologiche del terreno.



Capacità d'uso dei suoli

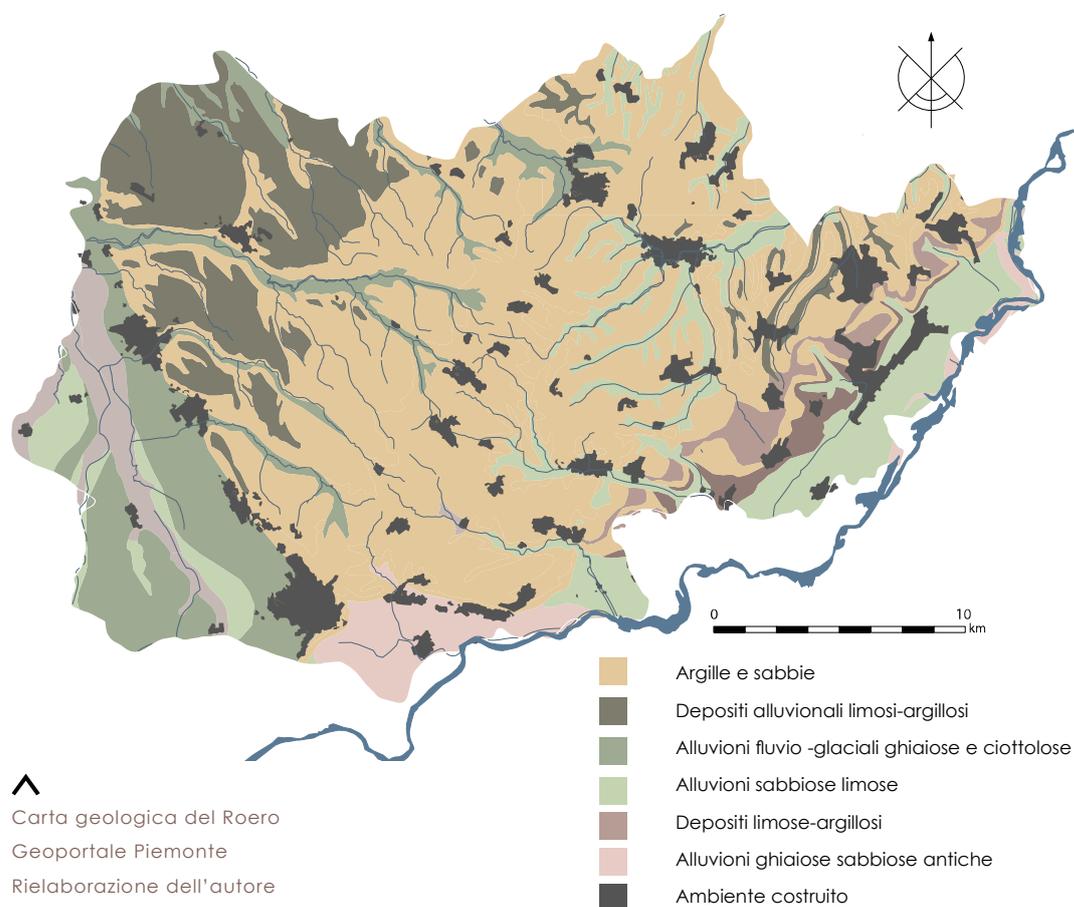
Classe IV

Foto dell'autore

LITOLOGIA:

L'ultima carta del PTCP che qui viene riportata mostra la litologia dei terreni, ovvero le informazioni relative alle rocce che compongono i terreni del Roero. La tipologia di terreno ha fortemente condizionato le scelte relative agli insediamenti dell'uomo. Come è già stato spiegato in precedenza, nel Roero la terra è stata utilizzata per scopi agricoli ma anche come materiale da costruzione per la produzione di mattoni crudi, mattoni cotti e intonaci con contenuto di argilla. La carta riporta le tipologie petrografiche dei terreni

del Roero. L'area è prevalentemente ricoperta da argille e sabbie in particolar modo nella zona centrale in prossimità della linea delle Rocche. A sud-est il Roero è delimitato dalla zona delle Langhe dal fiume Tanaro. In prossimità del fiume i terreni sono di tipo sabbioso e limoso e spostandosi verso le rocche diventa marnoso calcareo sabbioso. Sul confine sud dell'area studiata, i terreni sono di tipo alluvionale fluvio - glaciali ghiaiosi e ciottolosi. Per finire l'area a nord-ovest, confinate con i comuni della provincia di Torino, è costituita da depositi alluvionali prevalentemente limosi-argillosi.



Ai fini della ricerca le conclusioni che si possono fare dall'analisi sono: il paesaggio del Roero è stato molto artificializzato e preserva un certo grado di naturalità solo in corrispondenza della zona delle rocche. La zona ha carattere prevalentemente agricolo ma è fortemente vincolata dalla vulnerabilità dei versanti collinari al fenomeno erosivo dell'acqua. Inoltre, le rocche costituiscono un limite forte nell'area sia sotto l'aspetto della pericolosità sotto il profilo franoso, sia sotto la possibilità d'utilizzo dell'area. La scelta delle colture e le zone di produzione sono strettamente correla-

te alla tipologia di terreno che, come mostra la carta litologica, è prevalentemente argilloso e sabbioso. Infine, i centri rurali sono maggiormente concentrati nella zona sud-est dell'area o nella zona di estremo nord-ovest dove i terreni sono più stabili e pianeggianti.



Argille e sabbie

Foto dell'autore

GEOMORFOLOGIA DEI TERRENI

A completamento dell'analisi territoriale paesaggistica, fondamentale per illustrare le scelte delle materie prime locali selezionate, è stata consultata la carta della geomorfologia dei terreni del Piemonte. La carta consultata sul sito del Geoportale della Regione, è stata rielaborata e sono state riportate solo le informazioni relative al Roero. I sedimenti dell'area sono databili dal Miocene in poi e sono suddivisibili in alcune principali formazioni che si sono sedimentate in periodi differenti.

Nella carta vengono riportati i confini comunali e si può osservare come alcuni comuni presentino differenti formazioni geologiche. La diversità è in funzione dell'altimetria. Il Roero è una zona a carattere collinare e questa sua formazione è strettamente correlata al periodo di formazione e al sedimento depositatosi nelle ere geologiche. Le tipologie di sedimento sono suddivise in cinque classi di terreno che verranno commentate partendo da nord-ovest e spostandosi verso sud-est.

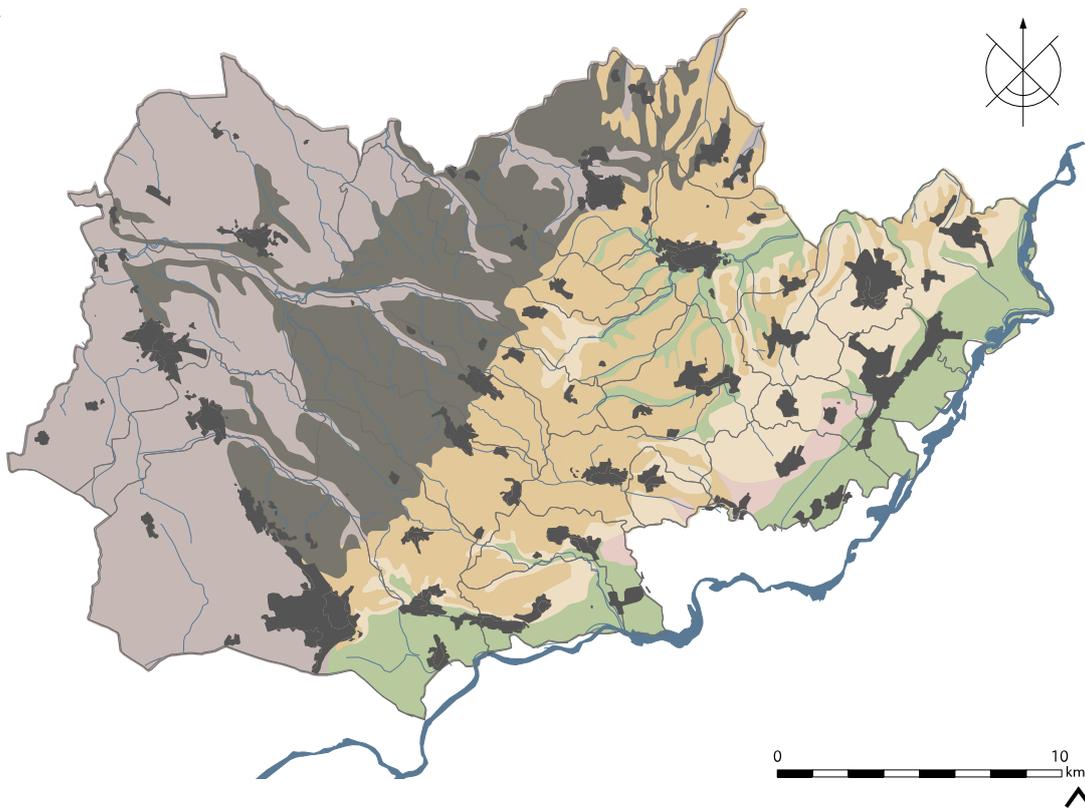
- La prima tipologia, corrispondente all'ambiente pianeggiante, è composta da depositi alluvionali di pianura di origine quaternaria, terreni "Villafranchiani".
- La seconda tipologia è composta dallo strato di

banchi argillosi del "Villafranchiano/Fossaniano" databili nel Pleistocene.

- La terza tipologia è composta dalle "Sabbie Astiane", ovvero sabbie a granulometria fine-media, è databile nel Pliocene superiore.
- La quarta tipologia è composta da argille e marne argillose, le "Marne di S.Agata", databili nel Miocene superiore – Pliocene medio.
- Infine, la quinta tipologia è costituita da strati marnosi databili nel Miocene medio.

L'interpolazione delle carte del PCTP e della carta della morfologia dei terreni permette di avere un quadro completo della morfologia e della litologia del Roero.

- Villafranchiano/ Fossaniano
- Sabbie Astiane
- Marne di S.Agata
- Strati marnosi, formazioni gesso solferee
- Depositi alluvionali, terreni quaternari
- Villafranchiano, depositi alluvionali quaternari
- Ambiente costruito



Carta geologica del Roero
 Geoportale Piemonte
 Rielaborazione dell'autore

7.2 CAVE ATTIVE

Per conoscere tutti gli usi del territorio che sono stati fatti da parte dell'uomo è stata condotta un'indagine sulle cave attive nel Roero. La ricerca parte dalla consultazione del sito della regione Piemonte nella sezione "Attività estrattive" del sito della provincia di Cuneo. La Regione Piemonte è competente nel rilascio delle autorizzazioni per l'apertura di cave ubicate in aree protette. Il processo di autorizzazione segue la legge regionale del 23/2016.

"La Regione, in attuazione degli indirizzi e degli obiettivi definiti dal diritto dell'Unione europea e dell' articolo 117 della Costituzione e nel rispetto della normativa statale, disciplina la pianificazione e l'esercizio delle attività di coltivazione delle cave, nonché la tutela e la salvaguardia dei giacimenti attraverso modalità di coltivazione ambientalmente compatibili e l'utilizzo integrale e adeguato delle risorse delle cave in funzione delle loro caratteristiche, in un contesto di tutela delle risorse naturali."²

La stessa normativa, 23/2016, prevede all'articolo 3, Capo II, la pianificazione delle attività estrattive attraverso il "Piano Regionale delle Attività Estrattive". Il PRAE definisce le linee per un corretto equilibrio fra attività

estrattive e tutela paesaggistica salvaguardando i giacimenti in corso di coltivazione.

È suddiviso in tre comparti a seconda del materiale estratto:

- Comparto materiali inerti: inerti da calcestruzzo, conglomerati bituminosi per riempimenti e sottofondi.
- Comparto materiali ad uso industriale: pietre ornamentali.
- Comparto materiali per impieghi industriali: pietre per uso industriale.

Il PRAE fa uso di uno strumento della rete unitaria della pubblica amministrazione regionale definito "Banca Dati delle Attività Estrattive" (BDAE)³. Questo servizio costituisce un'infrastruttura per l'informazione e la gestione dei dati territoriali sulle attività estrattive consentendo la tracciabilità delle autorizzazioni, delle concessioni e dello stoccaggio dei materiali estratti relativi ad ogni cava autorizzata. La gestione del servizio estrattivo è delegata all'autorità delle provincie. Secondo l'articolo 36, capo X, il controllo del rispetto della normativa vigente spetta ad organi di vigilanza regionali e provinciali. Hanno l'obbligo di verificare il rispetto delle prescrizioni dell'atto della concessione ed autorizzazione. L'ente che si occupa del controllo delle cave

2 Art 1, Capo 1, Legge Regionale n°23 del 2016.

3 <http://www.sistemapiemonte.it/cms/pa/attivita-economico-produttive/servizi/32-banca-dati-delle-attivita-estrattive-bdae>

è la "Polizia Mineraria".
 Ogni anno, questo ente pubblica un documento ufficiale in cui riporta le cave minerarie attive nelle diverse provincie. I documenti consultati sono stati visionati presso il sito della Regione Piemonte, alla sezione Settore Polizia Minerarie, Cave e Miniere. Sono stati consultati i rapporti rilasciati aggiornati al 2018 delle provincie di Cuneo, Torino ed Asti. In seguito, sono riportate le cave attive aventi sede nel territorio del Roero e le cave attive dei paesi confinanti con il territorio.

Comune	Località	Litotipo	Impresa
1. Alba	Vaccheria	Materiale alluvionale	S.A.E.G.A S.P.A
2. Alba	Piana Biglini	Materiale alluvionale	Calcestruzzi Stroppiana S.P.A.
3. Govone	Gorette	Materiale alluvionale	E.M.T – Bruno Roberto S.N.C.
4. Roddi	Molino	Materiale alluvionale	Calcestruzzi Stroppiana S.P.A.



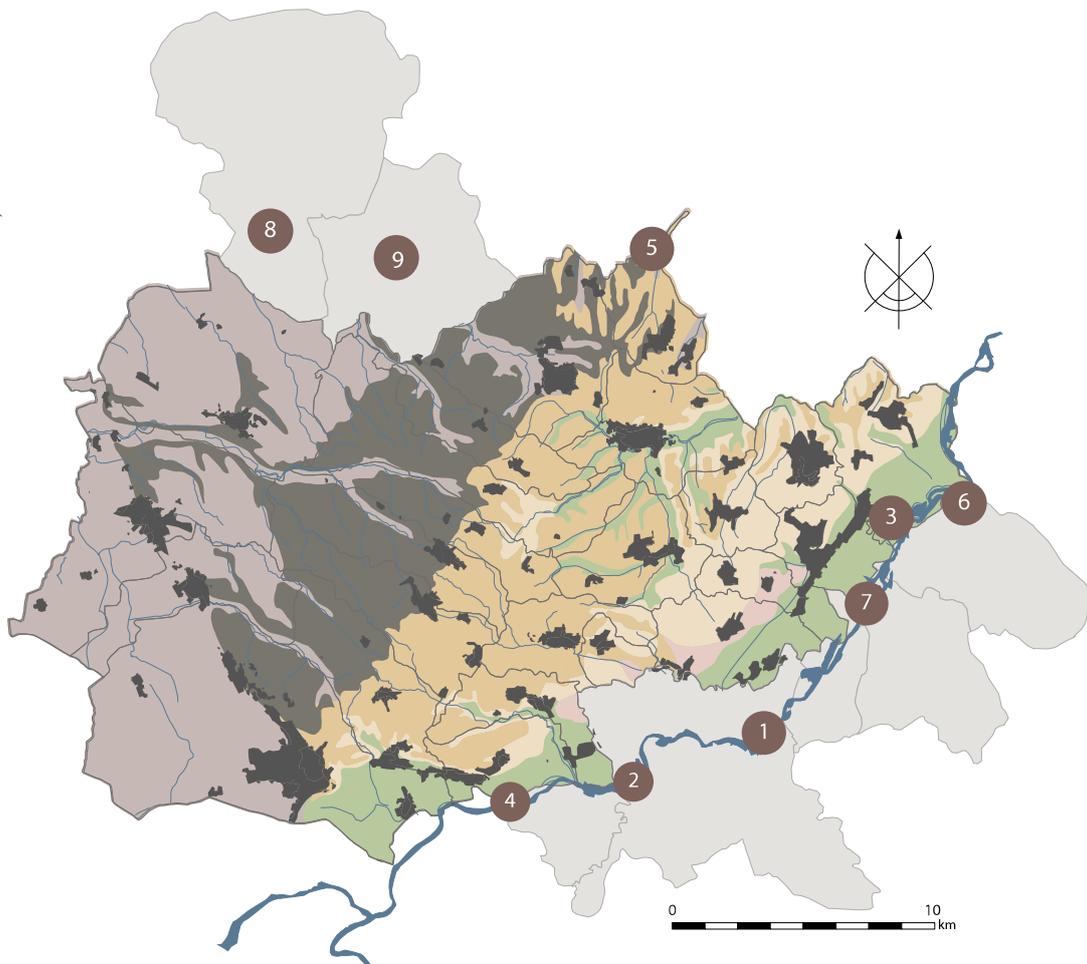
Comune	Località	Litotipo	Impresa
5. Cisterna d'Asti	Bricco Toni	Sabbie silicee	Simar S.R.L.
6. Castagnole delle Lanze	Capitto 4	Materiale alluvionale	BETON BOSCA
7. Neive	Cascina Luisa 5	Materiale alluvionale	Neive Calcestruzzi Rivella

Comune	Località	Litotipo	Impresa
8. Poirino	C.NA Coppette	Argilla	Fornace Mosso Paolo S.R.L
9. Pralormo	Scarrone	Argilla	Novo Guglielmo e Figli S.N.C



Provincia di Asti
Provincia di Torino

- Villafranchiano/ Fossaniano
- Sabbie Astiane
- Marne di S.Agata
- Strati marnosi, formazioni gesso solferee
- Depositi alluvionali, terreni quaternari
- Villafranchiano, depositi alluvionali quaternari
- Ambiente costruito



^
 Carta geologica del Roero
 Geoportale Piemonte
 Rielaborazione dell'autore

7.3 NORMATIVA "TERRE E ROCCE DA SCAVO"

Per suolo si intende lo strato superficiale della crosta terrestre formato da particelle minerali e materia organica. La materia è considerata una risorsa non rinnovabile dovuta alla lentezza con cui si rigenera a seguito di fenomeni di sedimentazione ed erosione.

Le problematiche del consumo di suolo vengono considerate un problema della collettività e la commissione europea nel 2006 ha emanato le "Strategie tematica per la protezione del suolo"⁴ che propone una serie di direttive a cui gli stati membri devono fare riferimento. Il documento delinea una serie di punti programmatici d'intervento che devono fronteggiare otto problematiche stabilite:

- Erosione
- diminuzione della materia organica,
- contaminazione locale diffusa,
- impermeabilizzazione,
- compattazione,
- diminuzione della biodiversità,
- salinizzazione,
- inondazioni e smottamenti.

⁴ COM 231 del 22 settembre 2006, Strategia tematica per la protezione del suolo.

Per fronteggiare il problema del consumo delle risorse e dell'erosione del suolo, la normativa vigente permette l'utilizzo delle terre e delle rocce da scavo come materiale sostitutivo a quello di cava per diminuire l'attività estrattiva ed incentivare il riuso della terra da cantiere. Per comprendere il processo e spiegare le modalità con cui sono state prelevate le terre, occorre illustrare le normative vigenti che hanno permesso l'impiego della terra come sottoprodotto.

L'evoluzione della normativa riguardante le terre e le rocce da scavo ha subito molteplici modifiche negli ultimi trenta anni. La prima classificazione e normativa in ambito di rifiuti è legata al DPR 915/82⁵ che ne determina il concetto ed elenca le tipologie di rifiuto speciali, mentre lo smaltimento era in conformità alle vigenti norme del DCI 27/07/1984.

*" Per rifiuto si intende qualsiasi sostanza od oggetto derivante da attività umane o da cicli naturali, abbandonato o destinato all'abbandono. Ai sensi del presente decreto i rifiuti sono classificati in: urbani, speciali, tossici e nocivi ."*⁶

La prima variazione della normativa è entrata in vigore con il D.Lgs. 22/97⁷. I rifiuti inerti derivanti da demolizione, costruzio-

⁵ Decreto del Presidente della Repubblica 10 Settembre 1982, n°915

⁶ Classificazione rifiuti, Art.2, Titolo I, Decreto del Presidente della Repubblica 10 Settembre 1982, n°915.

⁷ Decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22

ne, nonché i rifiuti pericolosi da scavo vengono classificati come rifiuti speciali ma sono esclusi dalla normativa rifiuti se non considerati pericolosi. Sono quindi esclusi dalla gestione dei rifiuti le terre e le rocce da scavo destinate all'utilizzo per rinterri, per riempimenti e per rilevati. La normativa non era sufficientemente chiara sulla destinazione d'uso della terra o sulla contaminazione chimica del terreno. La legge "Lunardi" del 21 dicembre 2001 n°443 prevedeva che :

*" Le terre e rocce da scavo, anche di gallerie non costituiscono rifiuti anche quando contaminate, durante il ciclo produttivo da sostanze inquinanti derivanti dalle attività di escavazione, perforazione e costruzione, sempreché la composizione media dell'intera massa non presenti una concentrazione di inquinanti superiore ai limiti massimi previsti dalla norme vigenti."*⁸

Inoltre, introduceva la possibilità di utilizzare le rocce da scavo in differenti cicli di produzione industriale nonché la ricollocazione in un altro sito sotto autorizzazione di un'autorità competente.

La normativa 443 del 2001, secondo la commissione della comunità europea, veniva meno a determinati obblighi previsti all'interno delle direttive 91/156/Cee. L'Italia venne costretta, mediante " la procedura d'infrazione della Commissione Ue contro l'Italia n° c(2002)/2002 del 26 giugno 2002" alla ridefinizione della normativa e all'adem-

pimento e al rispetto della qui sopra citata direttiva europea. La legge 31 ottobre 2003, n°306⁹ prevede importanti modifiche alla legge "Lunardi". La grande modifica apportata alla legge, prevedeva che la terra reimpiantata, dovesse essere utilizzata senza trasformazioni preliminari e secondo il progetto sottoposto a V.I.A ovvero, secondo le modalità previste nel progetto approvato dall'autorità amministrativa competente.

Un'ulteriore fase di evoluzione della normativa, che oggi rappresenta la base dei successivi aggiornamenti, è il n°152/2006¹⁰ denominato "Decreto Ambientale". Nella prima parte vengono definiti gli obiettivi del decreto:

"1. Il presente decreto legislativo ha come obiettivo primario la promozione dei livelli di qualità della vita umana, da realizzare attraverso la salvaguardia ed il miglioramento delle condizioni dell'ambiente e l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali".

*"2. Il presente decreto provvede al riordino, al coordinamento e all'integrazione delle disposizioni legislative nelle materie di cui all'articolo 1, in conformità ai principi e criteri direttivi di cui all'articolo 1, in conformità ai principi e criteri direttivi di cui ai commi 8 e 9 dell'articolo 1 della legge 15 dicembre 2004, n°308, e nel rispetto degli obblighi internazionali, dell'ordinamento comunitario, delle attribuzioni delle regioni e degli enti locali."*¹¹

La quarta parte del decreto rag-

9 Legge 31 ottobre 2003, n. 306

10 Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

11 2. Finalità, Parte prima, Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

8 Legge 21 Dicembre 2001, n°443.

gruppa e aggiorna le normative relative alla gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati. L'art. 186 n°1 è relativo alle terre e rocce da scavo che qui, data la sua importanza, viene riportato interamente:

"1. Fatto salvo quanto previsto dall'articolo 185, le terre e rocce da scavo, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati purché:

a) siano impiegate direttamente nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti;

b) sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo;

c) l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinate ad essere utilizzate;

d) sia garantito un elevato livello di tutela ambientale;

e) sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica ai sensi del titolo V della parte quarta del presente decreto;

f) le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento

alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione;

g) la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata. L'impiego di terre da scavo nei processi industriali come sottoprodotti, in sostituzione dei materiali di cava, è consentito nel rispetto delle condizioni fissate all'articolo 183, comma 1, lettera p)."¹²

Nel 2010 è stata revisionata ed aggiornata la norma e, attraverso l'articolo 12 del d.lgs. n° 205, è stato introdotto il concetto di sottoprodotto.

"1. È un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;

b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;

c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

2. Sulla base delle condizioni previste al comma 1, possono essere adottate misure per stabilire criteri qualitativi o quantitativi da soddisfare affinché specifiche tipologie di sostanze o oggetti siano considerati sottoprodotti e non rifiuti. All'adozione

di tali criteri si provvede con uno o più decreti del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, ai sensi dell'articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400, in conformità a quanto previsto dalla disciplina comunitaria.”¹³

Inoltre, l'articolo 184-ter “Cessazione della qualifica di rifiuto”, sempre introdotto dall'aggiornamento del d.lgs n°205 del 2010, illustra la possibilità d'impiego dei sottoprodotti.

“1. Un rifiuto cessa di essere tale, quando è stato sottoposto a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfa i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle seguenti condizioni:

13 Art, 184 -Bis, Decreto legislativo n. 205 del 2010

a) la sostanza o l'oggetto è comunemente utilizzato per scopi specifici;

b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;

c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;

d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.”¹⁴

Le terre che vengono reimpiegate e non smaltite come rifiuti, possono avere diverse destinazioni d'impiego:

- La prima per rinterri, riempimenti e rilevati.

14 Art, 184 -Ter, Decreto legislativo n. 205 del 2010



Analisi delle terre e rocce da scavo
www.edilportale.it

- La seconda nei processi industriali come sottoprodotto.

“l'impiego di terre da scavo nei processi industriali come sottoprodotti in sostituzione dei materiali di cava è consentito nel rispetto delle condizioni fissate all'articolo 183, comma 1, lettera p”.

“Le terre e rocce da scavo, qualora non siano utilizzate nel rispetto della disciplina fissata dall'articolo 186, sono sottoposte alla disciplina dei rifiuti”.

Nel rispetto delle condizioni prefigurate dalla normativa n° 152 del 2006 e n° 205 del 2010, se opportunamente dimostrato, le terre e le rocce da scavo possono essere utilizzate come materiale sostitutivo di cave in cicli di produzioni di materiali. L'aspetto più importante è la tracciabilità del materiale che dev'essere garantita dal produttore in fase di trasporto e nello stoccaggio in appositi registri. Nel caso in cui si voglia riutilizzare un sottoprodotto di scavo come materiale da costruzione dev'essere redatto un apposito progetto che deve essere approvato dall'autorità titolare del procedimento di V.I.A. Nella normativa è riportato anche la disciplina relativa allo stoccaggio del materiale che impone che questo deve essere utilizzato entro un anno dallo stoccaggio in siti indicati e comunicati all'ente statale di riferimento cioè il comune. Il periodo può essere esteso per un tempo di tre anni se il riutilizzo avviene nel medesimo cantiere.

A completamento del quadro

normativo sul tema, nel 2012 è stato redatto il nuovo decreto ministeriale n.161, entrato in vigore il 6 ottobre 2012¹⁵ che disciplina l'utilizzo delle terre e delle rocce da scavo attraverso la definizione di requisiti e passaggi documentali obbligatori. Il seguente decreto è poi stato abrogato dal più recente decreto n° 120, entrato in vigore il 13 giugno del 2017, che semplifica le procedure attuate nel decreto 161/2012, snellendo i passaggi documentali obbligatori.

La principale innovazione apportata dalla legge n° 162/2012 è legata alla definizione di “Materiali di riporto” e regola il libero utilizzo dei materiali eterogenei come sottoprodotti. La finalità del regolamento è quella di limitare, prevenendo la produzione di rifiuti e stabilendo criteri da soddisfare affinché i materiali da scavo possano essere utilizzati come sottoprodotti e non rifiuti. Nell'articolo 4 vengono definite le disposizioni generali del regolamento:

“In applicazione dell'articolo 184-bis, comma 1, del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni, è un sottoprodotto di cui all'articolo 183, comma 1, lettera qq), del medesimo decreto legislativo, il materiale da scavo che risponde ai seguenti requisiti:

a) il materiale da scavo è generato durante la realizzazione di un'opera, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produ-

¹⁵ Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare n. 161 del 2012

zione di tale materiale;

b) il materiale da scavo è utilizzato, in conformità al Piano di Utilizzo:

1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera, nel quale è stato generato, o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, ripascimenti, interventi a mare, miglioramenti fondiari o viari oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;

2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;

c) il materiale da scavo è idoneo ad essere utilizzato direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale secondo i criteri di cui all'Allegato 3;

d) il materiale da scavo, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla precedente lettera b), soddisfa i requisiti di qualità ambientale di cui all'Allegato 4.¹⁶

Nelle sopracitate definizioni viene introdotto il concetto di "Piano di Utilizzo". Questo è un documento che attesta e dimostra l'uso delle terre e delle rocce da scavo utilizzate come:

- Materiale di ripristini o miglioramenti ambientali nello stesso cantiere.
- Materiale sostitutivo a quelli di cava per processi produttivi esterni al cantiere

"Il Piano di Utilizzo del materiale da scavo è presentato dal proponente all'Autorità competente almeno novanta giorni prima dell'inizio dei lavori per la realizzazione dell'opera. Il proponente ha facoltà di presentare il Piano di Utilizzo all'Autorità competente in fase di approvazione del progetto definitivo dell'opera. Nel

16 Art 4, Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare n. 161 del 2012

caso in cui l'opera sia oggetto di una procedura di valutazione ambientale, ai sensi della normativa vigente, l'espletamento di quanto previsto dal presente Regolamento deve avvenire prima dell'espressione del parere di valutazione ambientale."¹⁷

Il riutilizzo dei materiali da scavo in impianti industriali è consentito solo se il processo produttivo prevede una produzione di prodotti merceologicamente ben distinti dai materiali da scavo, che presentano modifiche nelle caratteristiche chimico-fisiche.

I materiali, prima di essere impiegati, devono essere analizzati per comprendere il livello di inquinamento e di tossicità del terreno ed eventualmente verranno smaltiti come rifiuti classificati con le codificazioni CER 170504 oppure CER 170503*. Verificata la conformità del materiale da scavo ai livelli d'inquinamento stabiliti dall'allegato 2 della norma, viene redatto il piano di utilizzo.

Al fine di dimostrare la corretta applicazione del Piano di Utilizzo, è garantita la tracciabilità del materiale scavato, attraverso la compilazione dei seguenti documenti:

- Documento di trasporto: è il documento che attesta il trasporto del materiale e l'eventuale temporaneo stoccaggio in siti comunicati. Il

17 Art 5, Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare n. 161 del 2012

materiale dev'essere reimpiegato entro un anno dalla comunicazione del Piano di Utilizzo, che può essere esteso a tre anni se reimpiegato nello stesso cantiere.

- Dichiarazione di avvenuto utilizzo: è il documento che attesta l'avvenuto utilizzo e dev'essere compilato dall'autorità esecutrice del Piano a conclusione dei lavori di scavo e dei lavori di utilizzo.

Il decreto ministeriale n° 161/2012 è entrato in vigore attraverso il decreto legge 69/2013.

Infine, la legge 69/2013 è stata semplificata dalla legge n°120 del 13 giugno 2017¹⁸.

L'articolo 1 definisce le finalità:

"(...) disposizioni di riordino e di semplificazione della disciplina inerente la gestione delle terre e rocce da scavo, con particolare riferimento:

a) alla gestione delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti, ai sensi dell'articolo 184-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, provenienti da cantieri di piccole dimensioni, di grandi dimensioni e di grandi dimensioni non assoggettati a VIA o a AIA, compresi quelli finalizzati alla costruzione o alla manutenzione di reti e infrastrutture;

b) alla disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti;

c) all'utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti;

d) alla gestione delle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica."¹⁹

¹⁸ Decreto del Presidente della Repubblica n°120 del 2017.

¹⁹ Art. 1, Titolo I, Decreto del Presidente della Repubblica n°120 del 2017.

La semplificazione è legata alla classificazione degli interventi di scavo. Se le quantità di terre e di rocce da scavo prodotte sono inferiori ai 6000 metri cubi, la procedura prevede uno snellimento amministrativo sostituendo il Piano di Utilizzo con la Dichiarazione di Utilizzo. È una procedura semplificata che prevede delle modifiche al Piano di Utilizzo:

- La dichiarazione di scavo deve avvenire almeno 15 giorni prima e non 90 come per il Piano di Utilizzo.
- Le modifiche al Piano in corso d'opera sono semplificate.
- I tempi di reimpiego dei materiali come sottoprodotti possono essere prolungati una sola volta di 6 mesi, mentre nel Piano di Utilizzo fino a tre anni se utilizzato nello stesso cantiere.

In allegato alla tesi viene riportato il modulo del "Piano di Utilizzo".



Terre e rocce da scavo
Foto dell'autore

FASE 4

FASE SPERIMENTALE

In questa fase viene illustrato il procedimento di confezionamento delle malte con le materie prime locali selezionate. Il capitolo è suddiviso in:

- I criteri di selezione dei materiali.
- I materiali selezionati.
- L'analisi granulometrica dei materiali secondo due approcci metodologici differenti.
- Le procedure di confezionamento dei provini.
- Le prove sperimentali sui provini realizzati.

Gli aspetti che si vogliono valutare sono:

- Le caratteristiche mineralogiche e granulometriche dei materiali.
- Il modulo elastico dinamico della malte.
- L'indice colorimetrico dell'intonaco.
- La resistenza meccanica delle malte.

Per la fase di analisi e la procedura di confezionamento dei provini sono state consultate le tesi di Alessia Trimarchi e di Federico Vecchio. Per le prove sperimentali sono state visionate le tesi di Gloria Giuria, di Nada El Ghazzali, di Annalisa Marchiaro,

di Elena Bignamini e Federico Vecchio. I riferimenti sono illustrati nella bibliografia.

La consultazione dei precedenti elaborati è stata di fondamentale importanza per comprendere alcuni importanti aspetti:

- Modalità procedurali di analisi e di confezionamento delle malte.
- Aspetti normativi di riferimento.
- Dimensionamento e numero dei provini da realizzare per le prove sperimentali
- Modalità esecutive delle prove sperimentali.

8 I MATERIALI

8.1 CRITERI DI SELEZIONE DELLE MATERIE PRIME

Nella “Fase 3” dell'elaborato di tesi venivano mappate le cave attive sul territorio e spiegato come le terre e le rocce da scavo possono essere utilizzate come materie prime seconde in processi produttivi. Le cave attive sul territorio o nei comuni limitrofi al Roero sono principalmente d'estrazione di materiale alluvionale, fatta eccezione per le cave d'argilla di Poirino e di Pralormo e per la cava di sabbie silicee di Cisterna d'Alba.

In questo elaborato vengono spiegati i criteri di scelta dei materiali e viene riportata l'ubicazione della cava estrattiva.

Data la complessità dell'opera e la grandezza dell'area studiata, sono state fatte delle scelte per definire un'area di analisi ridotta che desse però delle informazioni procedurali da poter applicare anche per successive comparazioni con le altre aree non analizzate facenti parte del Roero.

L'analisi paesaggistica e territoriale ha svolto un ruolo chiave per la scelta dell'area di analisi. Infatti, l'analisi delle carte del PTCP aveva mostrato come l'area fosse divisa in due macro-aree delimitate dalla linea delle rocche: quella a sud-est a carattere collinare dolce con

un elevato grado di artificializzazione del paesaggio, quella a nord-ovest invece da una zona a carattere più naturale caratterizzata da un ambiente pianeggiante.

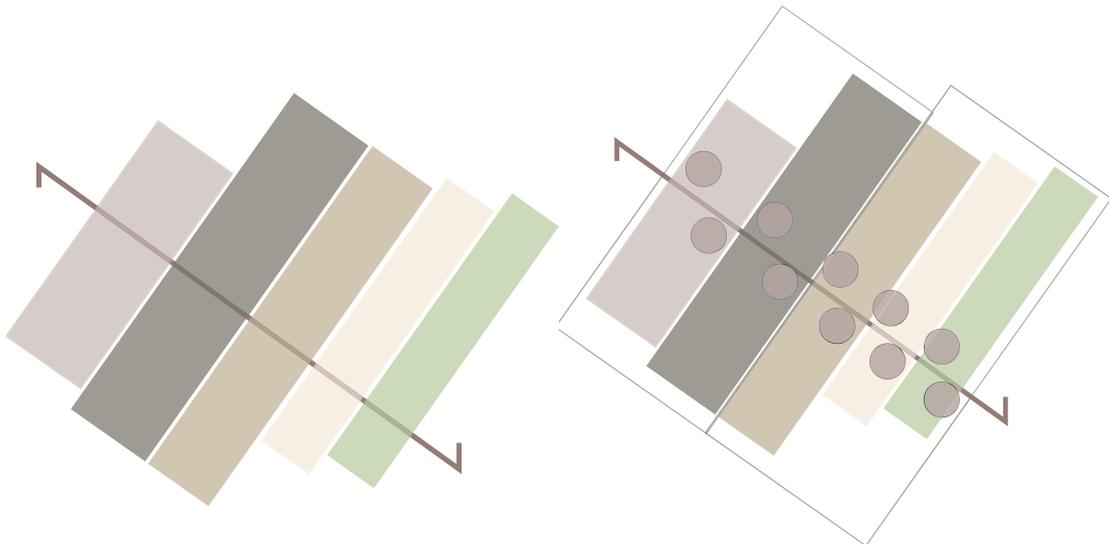
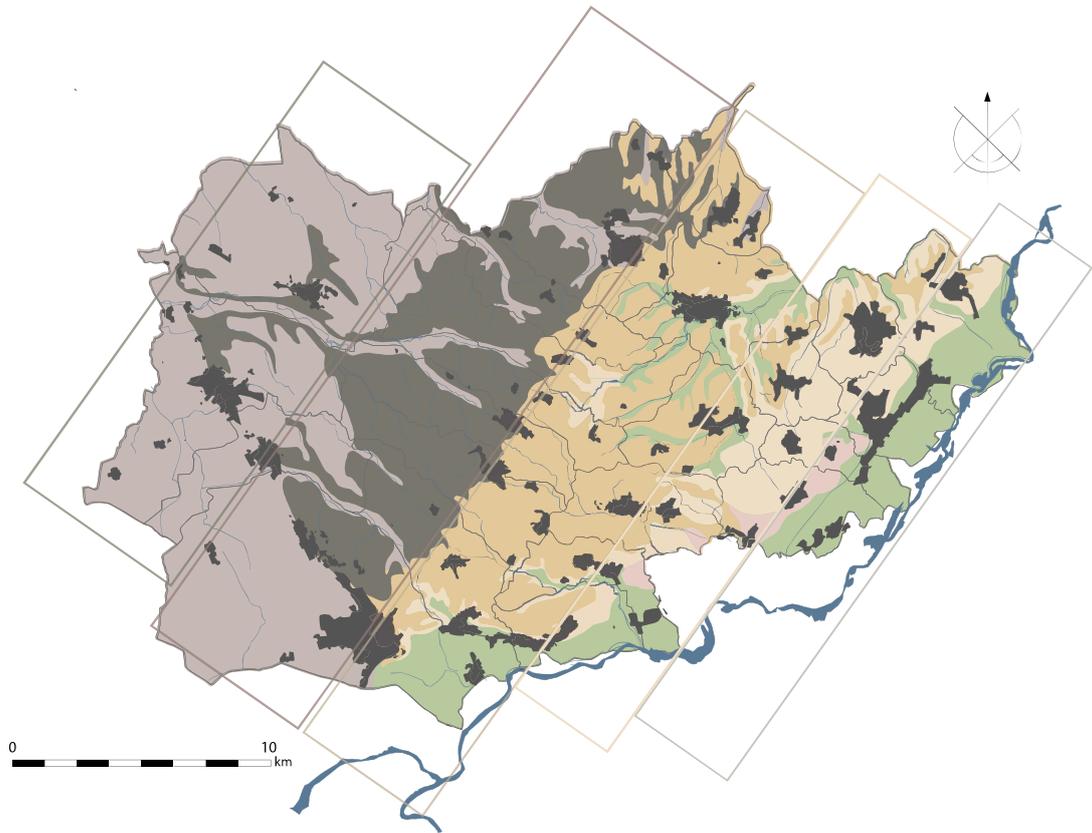
Inoltre, la carta della geomorfologia mostrava le tipologie di sedimenti depositatesi nel Roero nelle ere geologiche. I sedimenti si sono depositati in fasce che, in maniera schematica, possiamo definire come bande parallele alla linea delle Rocche. L'interpolazione delle informazioni ci permette di determinare un'area di studio ridotta che rispetti i seguenti criteri:

- Analizzi tutte le tipologie di sedimenti depositateti.
- Analizzi gli ambienti con differenti caratteristiche di artificializzazione, naturalità del paesaggio e capacità d'uso del suolo.

L'area selezionata è composta da una fascia che comprende sei comuni che si sviluppano in maniera perpendicolare alla linea di demarcazione delle Rocche. I comuni facenti parte dell'area di studio sono:

- Ceresole d'Alba
- Baldissero d'Alba
- Sommariva Perno
- Corneliano d'Alba
- Monticello d'Alba
- Santa Vittoria d'Alba

Nell'area selezionata non sono

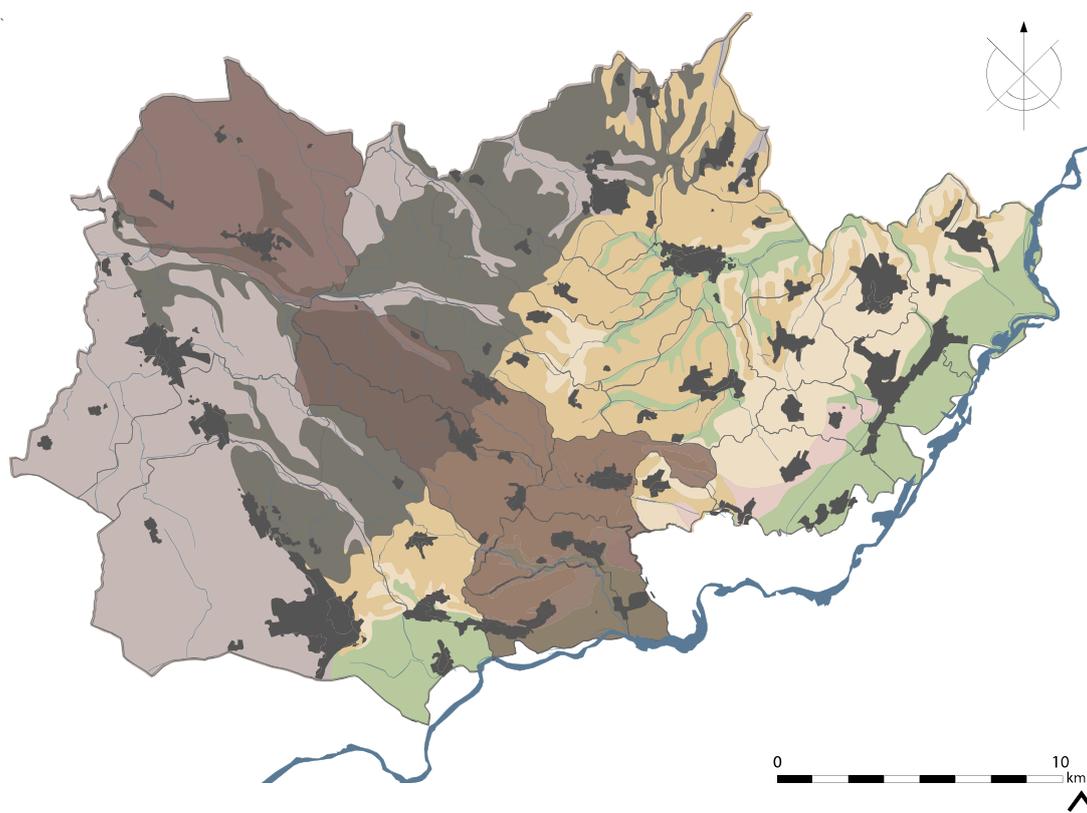


^
 Carta geologica del Roero
 Criterio di selezione delle materie prime
 Rielaborazione dell'autore

presenti cave attive d'estrazione di materiali ma, nel comune di Alba, confinante con i comuni di Monticello d'Alba e Santa Vittoria d'Alba, è presente la cava d'estrazione di materiale alluvionale dell'impresa Stroppiana S.R.L, avente sede in località Piana Biglini.

In seguito, vengono riportate le informazioni leggibili dall'analisi delle carte per ogni singolo comune e alcuni dati Istat aggiornati al 2018.

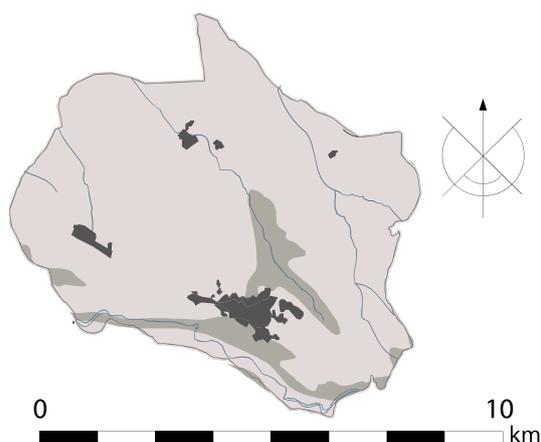
-  Villafranchiano/ Fossaniano
-  Sabbie Astiane
-  Marne di S.Agata
-  Strati marnosi, formazioni gesso solfree
-  Depositi alluvionali, terreni quaternari
-  Villafranchiano, depositi alluvionali quaternari
-  Ambiente costruito



Comuni di prelievo delle terre
 Geoportale Piemonte
 Rielaborazione dell'autore

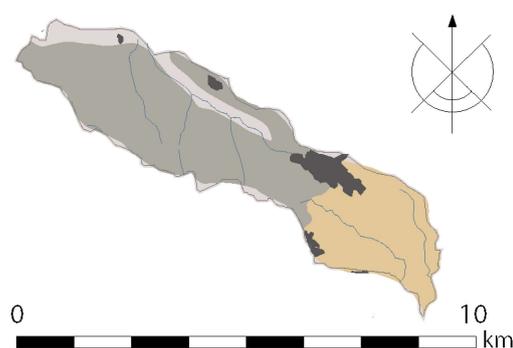
CERESOLE D'ALBA:

n° residenti: 2.072
Sup. tot.: 37,05 Km²
Densità: 56 ab./Km²
Ambiente: rurale di pianura/rurale seminativo collinare
Naturalità: alta artificializzazione del paesaggio / massima artificializzazione del paesaggio
Rischio ambientale: area pianeggiante / aree delimitate soggette a vincolo idrogeologico.
Capacità d'uso dei suoli: Classe III / classe IV
Litologia: depositi alluvionali prevalentemente limosi-argillosi / argille e sabbie.
Geomorfologia: depositi quaternari alluvionali.



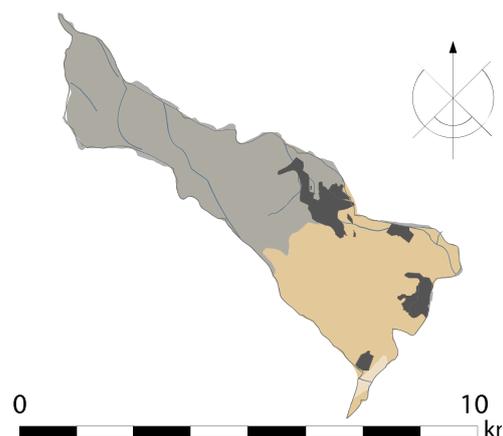
BALDISSERO D'ALBA:

n° residenti: 1.071
Sup. tot.: 15,33 Km²
Densità: 70 ab./Km²
Ambiente: rurale seminativo collinare/ forestale/ rurale con colture specializzate
Naturalità: alta artificializzazione del paesaggio/ alta naturalità del paesaggio
Rischio ambientale: area pianeggiante / aree delimitate soggette a vincolo idrogeologico/ versanti vulnerabili a fenomeni franosi .
Capacità d'uso dei suoli: Classe III / classe IV / classe V
Litologia: argille e sabbie.
Geomorfologia: depositi villafranchiani / sabbie Astiane



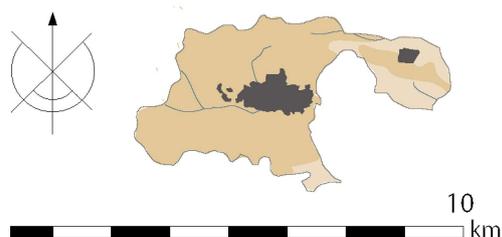
SOMMARIVA PERNO:

n° residenti: 2.791
Sup. tot.: 35,42 Km²
Densità: 178 ab./Km²
Ambiente: rurale seminativo
collinare/ forestale/ rurale con
colture specializzate
Naturalità: alta artificializzazio-
ne del paesaggio/ alta naturali-
tà del paesaggio
Rischio ambientale: area
pianeggiante / aree delimitate
soggette a vincolo idrogeologi-
co/ versanti vulnerabili a feno-
meni franosi / elementi di eleva-
ta vulnerabilità.
Capacità d'uso dei suoli: Classe
III / classe IV / classe V
Litologia: argille e sabbie.
Geomorfologia: depositi villa-
franchiani / sabbie Astiane



CORNELIANO D'ALBA:

n° residenti: 2.082
Sup. tot.: 10,09 Km²
Densità: 206 ab./Km²
Ambiente: rurale con colture
specializzate
Naturalità: massima artificializ-
zazione del paesaggio
Rischio ambientale: area
pianeggiante / aree delimitate
soggette a vincolo idrogeologi-
co/ versanti vulnerabili a feno-
meni franosi.
Capacità d'uso dei suoli: Classe
IV
Litologia: argille e sabbie /
marne calcareo-arenacee
Geomorfologia: sabbie Astiane /
marne di S.Agata



MONTICELLO D'ALBA:

n° residenti: 2.318

Sup. tot.: 10,24 Km²

Densità: 226 ab./Km²

Ambiente: rurale con colture specializzate/ rurale di pianura

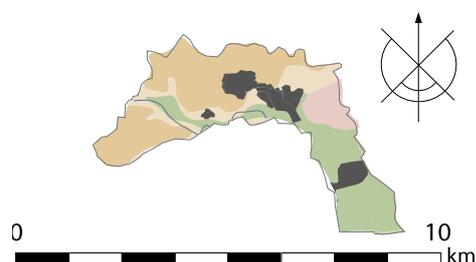
Naturalità: massima artificializzazione del paesaggio

Rischio ambientale: area pianeggiante / aree delimitate soggette a vincolo idrogeologico/ versanti vulnerabili a fenomeni franosi.

Capacità d'uso dei suoli: Classe I / classe III

Litologia: argille e sabbie / marne calcareo-arenacee

Geomorfologia: sabbie Astiane / Argille e marne argillose



SANTA VITTORIA D'ALBA:

n° residenti: 2.830

Sup. tot.: 10,08 Km²

Densità: 281 ab./Km²

Ambiente: rurale con colture specializzate/ rurale di pianura

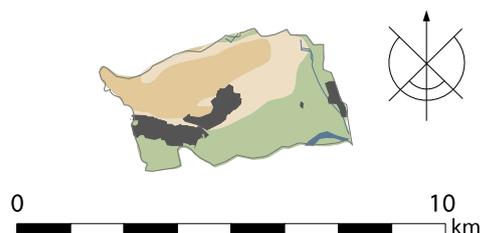
Naturalità: massima artificializzazione del paesaggio

Rischio ambientale: area pianeggiante / aree delimitate soggette a vincolo idrogeologico/ versanti vulnerabili a fenomeni franosi.

Capacità d'uso dei suoli: Classe I / classe III

Litologia: argille e sabbie/marne calcareo-arenacee /depositi alluvionali prevalentemente limosi-argillosi.

Geomorfologia: sabbie Astiane / marne di S.Agata



8.2 I MATERIALI SELEZIONATI

Le materie prime necessarie per il confezionamento degli intonaci sono:

- Terra
- Aggregati
- Calce

TERRA:

Volendo valutare ed analizzare le tipologie di terreni del Roero e il loro possibile utilizzo, la terra selezionata proviene da cave attive occasionali. Grazie alla consultazione della normativa relativa alle "Terre e rocce da scavo" la terra da scavo di cantiere può essere utilizzata come materia prima seconda in altri cicli produttivi. I vantaggi nell'utilizzare la terra di recupero sono:

- Utilizzare materie prime locali e a Km 0.
- Ridurre i rifiuti derivanti dalle attività di scavo.
- Utilizzare un materiale con un basso impatto ambientale per il confezionamento di malte.

Sono stati consultati i piani regolatori dei sei comuni di riferimento e nelle zone di nuova costruzione sono state prelevate le terre. Nei precedenti capitoli sono state il-

lustrate le tipologie abitative e gli intonaci di rivestimento utilizzati nei secoli nel Roero. Trattando il tema delle abitazioni residenziali, le aree selezionate per l'estrazione delle terre fanno riferimento alle sole "aree per nuove edificazioni residenziali" e non vengono considerate le aree ad espansione commerciale ed industriale. La scelta di escludere tali aree deriva dal fatto che si vuole restringere il numero di zone da analizzare mantenendo comunque una coerenza di tema trattando il residenziale.

Ogni comune ha destinato nel piano regolatore un elevato numero di aree per nuove edificazioni e sono state fatte delle scelte per ridurre il numero di campioni. Per ogni comune sono state prelevate due tipologie di terre provenienti da aree di nuova edificazione residenziale site nelle diverse frazioni dei comuni. La terra presente in una frazione di un comune ha la stessa tipologia morfologica e litologica mentre può cambiare da frazione a frazione per aspetti geomorfologici. Seguendo questo criterio non sono state prelevate due terre nello stesso centro urbano ma in centri urbani differenti.

Inoltre, ogni terra prelevata deriva dalla miscelazione di due campionamenti effettuati nello stesso sito. La scelta di miscelare due campioni deriva dal fatto che la terra non è un composto omogeneo e nello stesso sedimento può avere sfumature e

caratteristiche differenti. Invece, la mescolanza di due prelievi diversi, crea la condizione ottimale di uniformità granulometrica e colorimetrica.

Sono state realizzate delle schede illustrative che interpolano le informazioni prese dai piani regolatori e dalla carta geomorfologica. I dati riportati illustrano:

- I confini comunali.
- Le tipologie di sedimenti del comune
- I centri urbani
- Le aree di nuova edificazione residenziale
- Le aree di campionamento della terra.

A seguito di una richiesta scritta fatta al "Presidente dell'unione dei sindaci del Roero", Silvio Artusio, siamo stati autorizzati a campionare le terre nei vari comuni allo scopo di ricerca. La terra è stata cavata a circa 50 cm dal livello di campagna e successivamente è stata setacciata in loco con un setaccio a maglia di 4 mm.

La setacciatura serve per eliminare le parti residue organiche e per selezionare i grani di dimensioni inferiori, utilizzati per il confezionamento di malte per intonaci.

Le dodici terre prelevate sono state catalogate con un codice corrispondente al Paese di origine ed un numero.

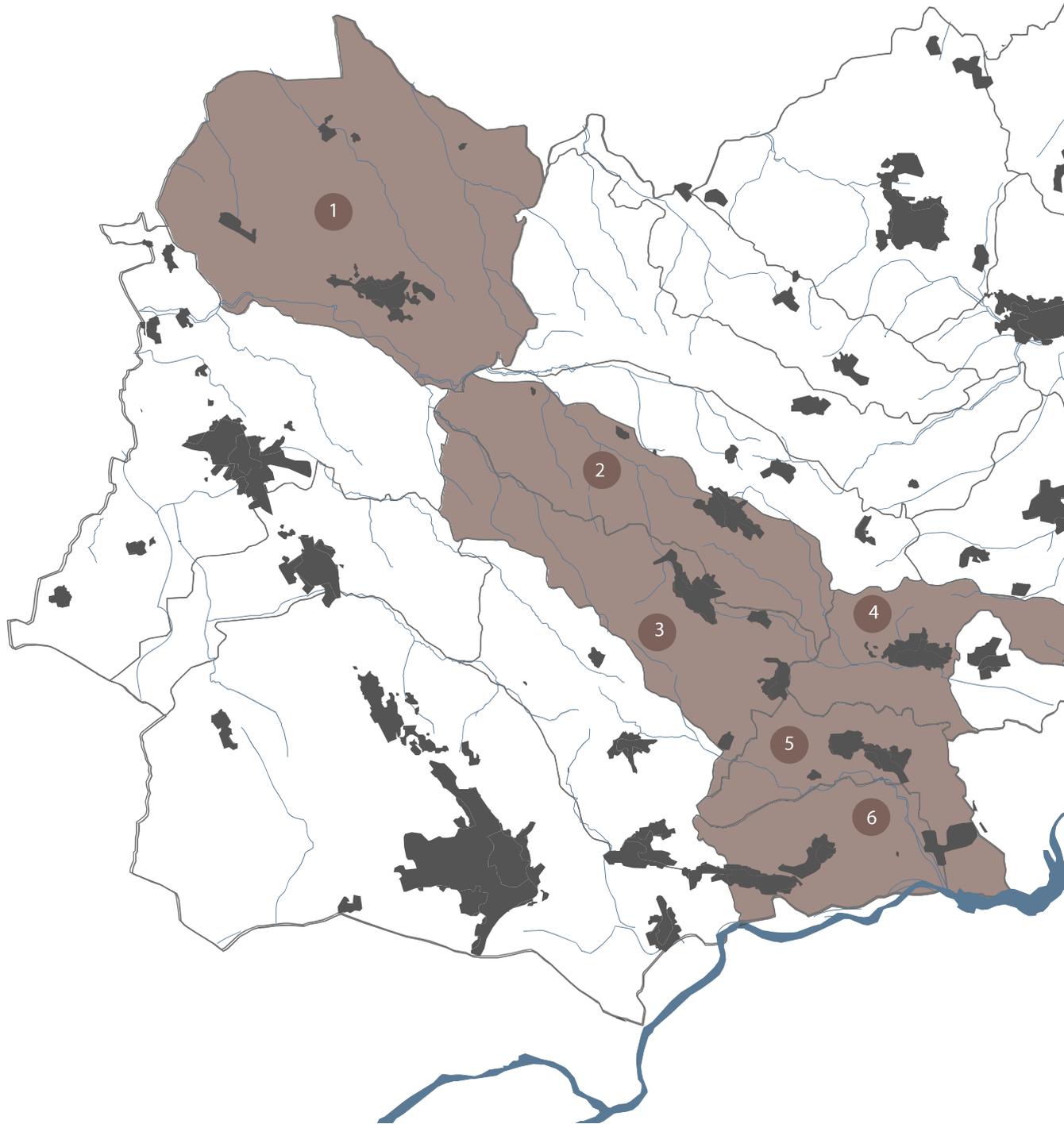
CODICE MALTA	COMUNE DI PRELIEVO
CE1	Ceresole d'alba
CE2	Ceresole d'alba
BA1	BALdissero d'Alba
BA2	Baldissero d'Alba
SP1	Sommariva Perno
SP2	Sommariva Perno
CO1	Corneliano d'Alba
CO2	Corneliano d'Alba
MO1	Monticello d'Alba
MO2	Monticello d'Alba
SV1	Santa Vittoria d'Alba
SV2	Santa Vittoria d'Alba

Delle terre prelevate sono state analizzate solo le terre con i seguenti codici:

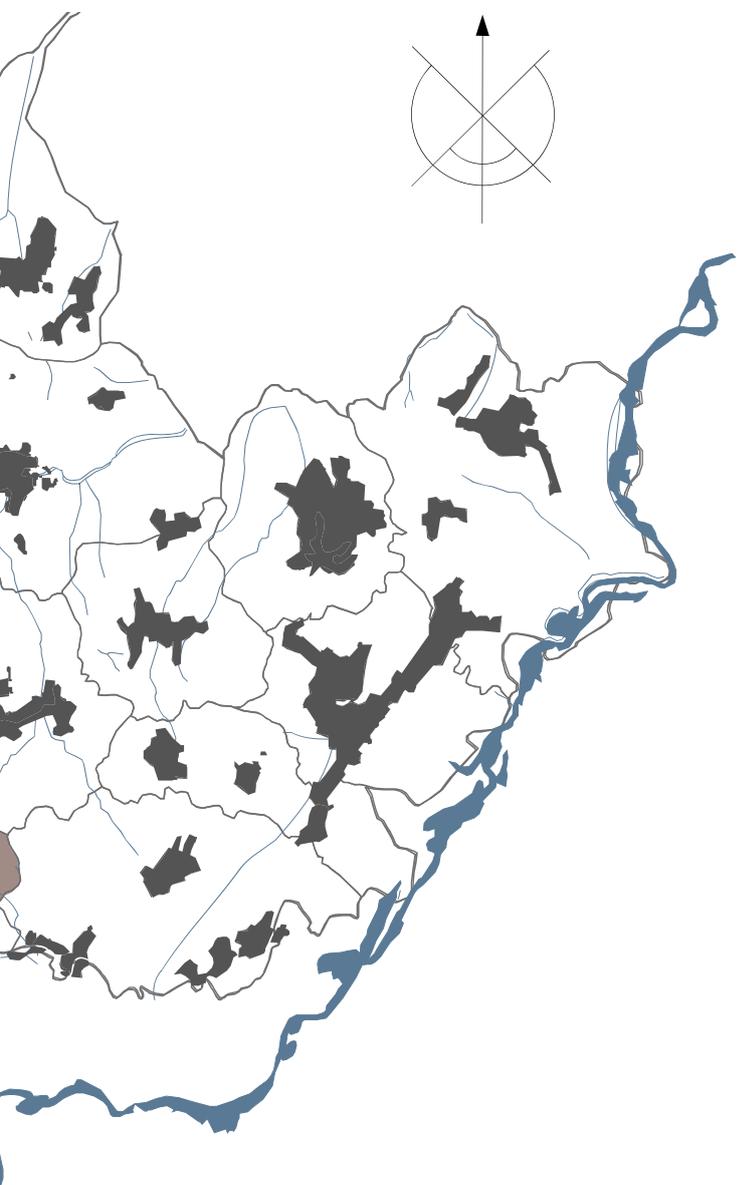
CE2
BA1
SP1
CO2
MO2
SV1

La scelta di analizzare queste terre è dovuta al fatto che presentano maggiori differenze colorimetriche e granulometriche. Molte delle altre terre prelevate presentano caratteristiche simili anche se sono state prelevate in comuni diversi.

In seguito, vengono riportate le schede compilate.



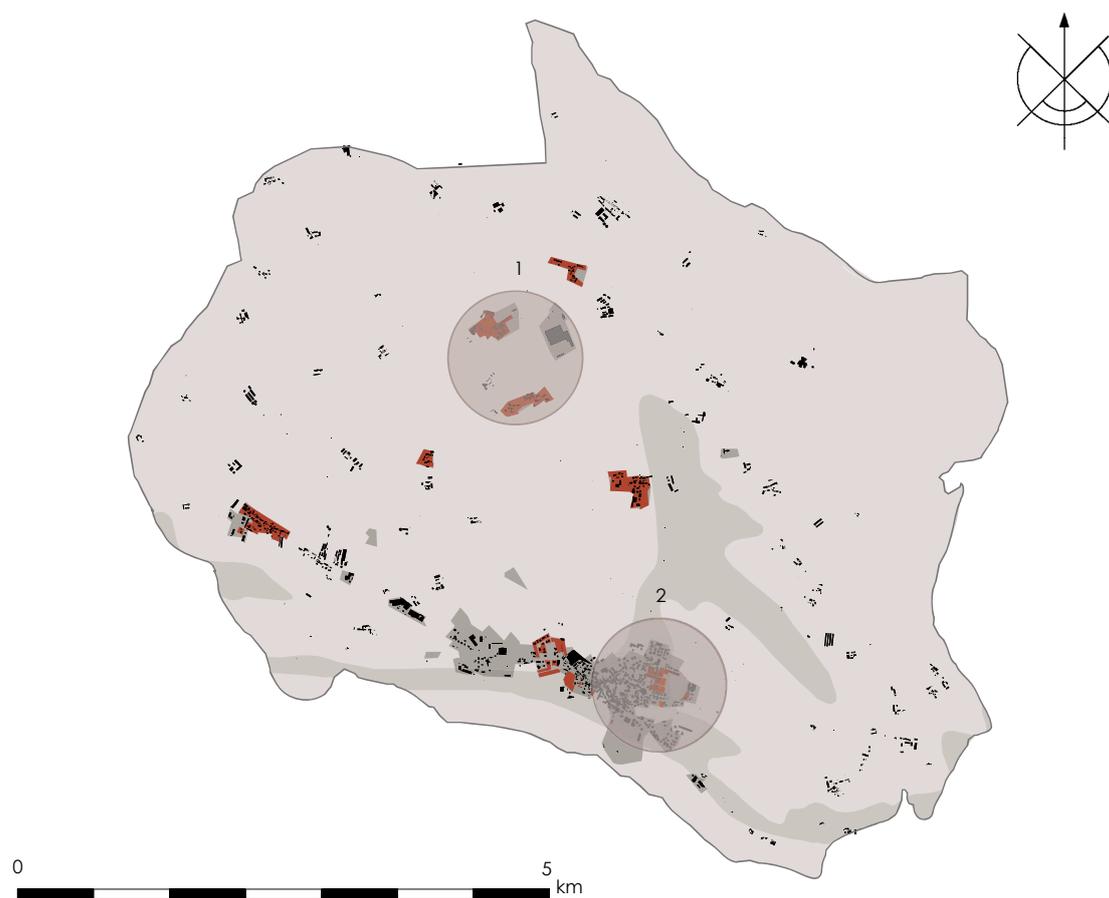
Comuni di prelievo delle terre
Geoportale Piemonte
Rielaborazione dell'autore



- Ambiente costruito
- ① Ceresole d'Alba
- ② Baldissero d'Alba
- ③ Sommariva Perno
- ④ Cornigliano d'Alba
- ⑤ Monticello d'Alba
- ⑥ Santa Vittoria d'Alba



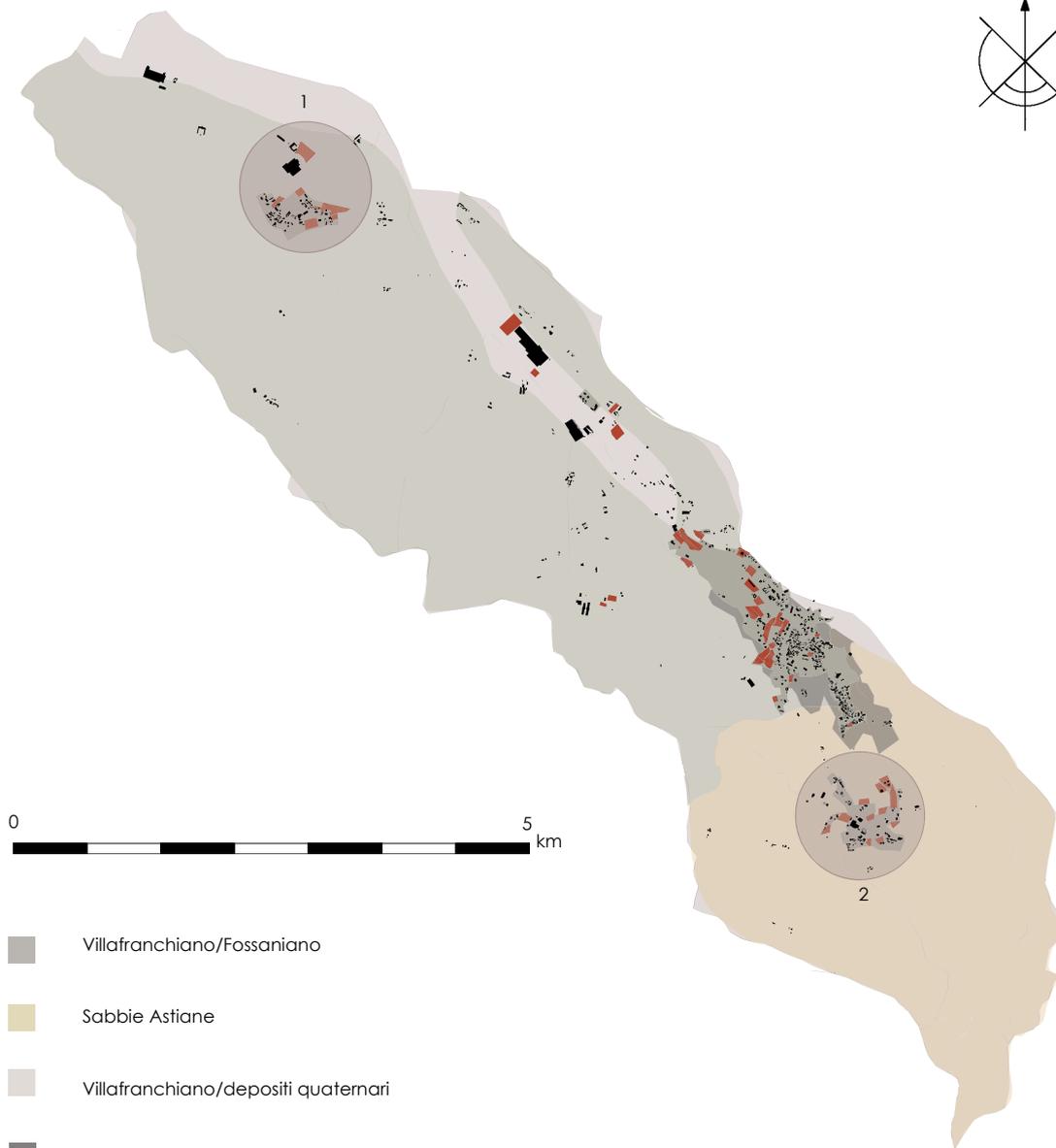
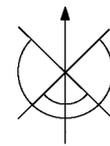
P.R.G. CERESOLE D'ALBA



-  Villafranchiano/Fossaniano
-  Villafranchiano/depositi quaternari
-  Ambiente costruito da P.R.G.
-  Lotti edificabili a destinazione d'uso residenziale da P.R.G.
-  Luoghi d'estrazione della terra
-  Abitazioni


Carta geologica e P.R.G.
Ceresole d'Alba
Rielaborazione dell'autore

P.R.G. BALDISSERO D'ALBA

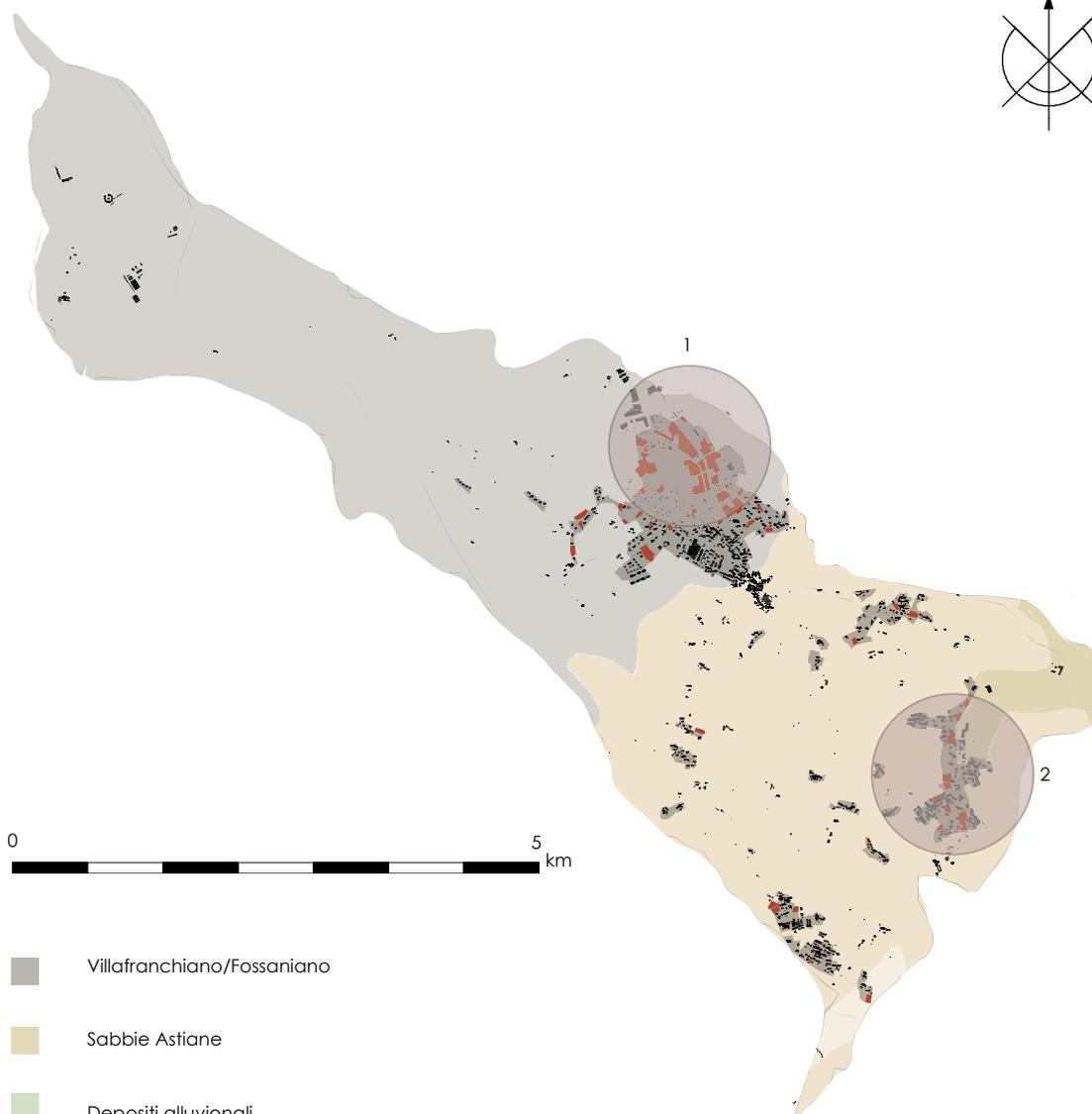
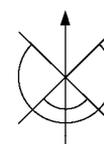


0 5 km

-  Villafranchiano/Fossaniano
-  Sabbie Astiane
-  Villafranchiano/depositi quaternari
-  Ambiente costruito da P.R.G.
-  Lotti edificabili a destinazione d'uso residenziale da P.R.G.
-  Luoghi d'estrazione della terra
-  Abitazioni

Carta geologica e P.R.G.
Baldissero d'Alba
Rielaborazione dell'autore

P.R.G. SOMMARIVA PERNO

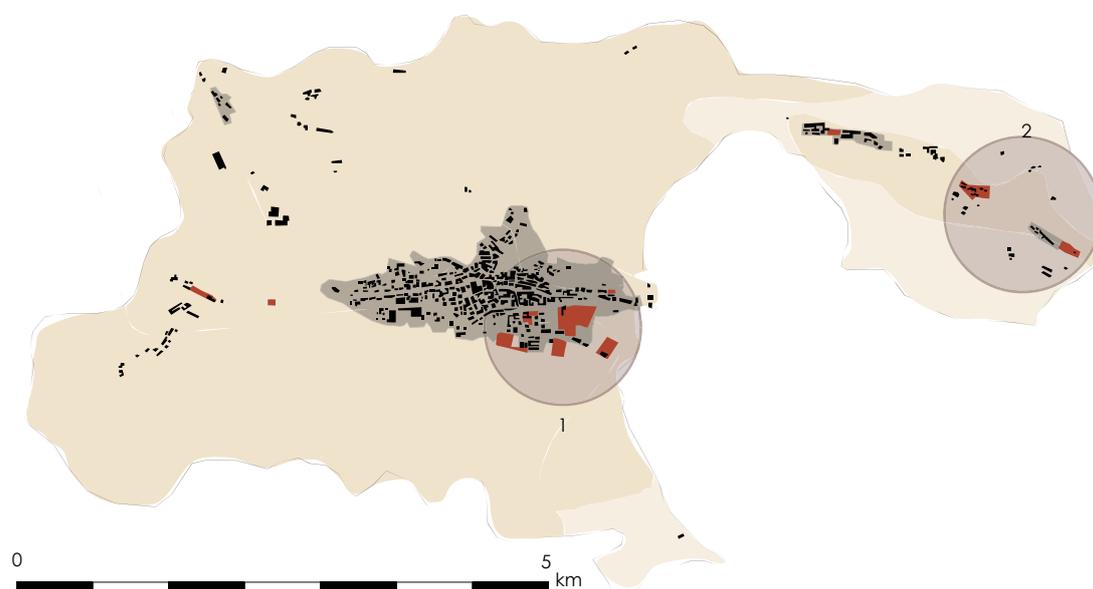
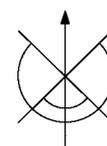


0 5 km

- Villafranchiano/Fossaniano
- Sabbie Astiane
- Depositi alluvionali
- Ambiente costruito da P.R.G.
- Lotti edificabili a destinazione d'uso residenziale da P.R.G.
- Luoghi d'estrazione della terra
- Abitazioni

Carta geologica e P.R.G.
Sommariva Perno
Rielaborazione dell'autore

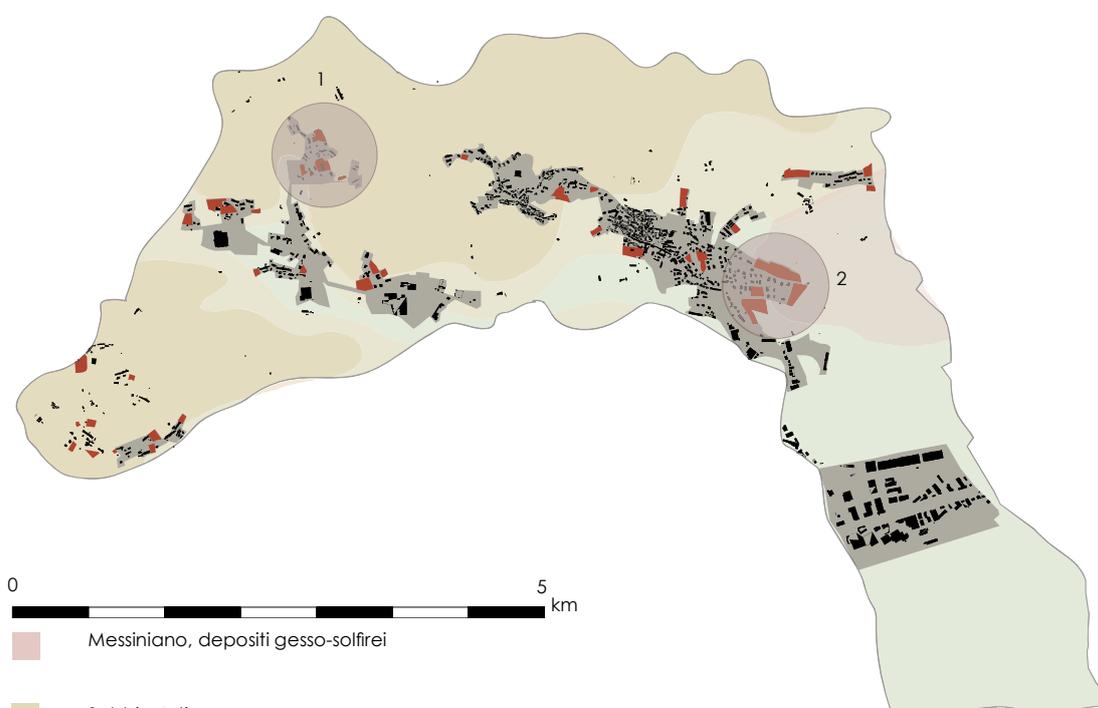
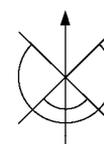
P.R.G. CORNELIANO D'ALBA



-  Sabbie Astiane
-  Argille Picenziane
-  Ambiente costruito da P.R.G.
-  Lotti edificabili a destinazione d'uso residenziale da P.R.G.
-  Luoghi d'estrazione della terra
-  Abitato


Carta geologica e P.R.G.
Corneliano d'Alba
Rielaborazione dell'autore

P.R.G. MONTICELLO D'ALBA

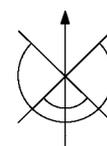


0 5 km

-  Messiniano, depositi gesso-solfirei
-  Sabbie Astiane
-  Argille piacentiane
-  Depositi alluvionali
-  Ambiente costruito da P.R.G.
-  Lotti edificabili a destinazione d'uso residenziale da P.R.G.
-  Luoghi d'estrazione della terra
-  Abitato

Carta geologica e P.R.G.
Monticello d'Alba
Rielaborazione dell'autore

P.R.G. SANTA VITTORIA D'ALBA



-  Sabbie Astiane
-  Argille Piacenziane
-  Depositi alluvionali
-  Ambiente costruito da P.R.G.
-  Lotti edificabili a destinazione d'uso residenziale da P.R.G.
-  Luoghi d'estrazione della terra
-  Abitato

Carta geologica e P.R.G.
Santa Vittoria d'Alba
Rielaborazione dell'autore

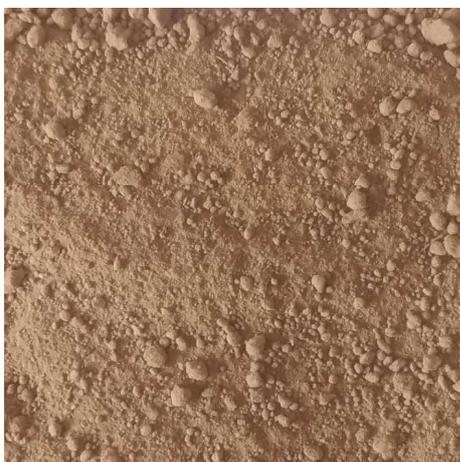
TERRE CAMPIONATE



CE1



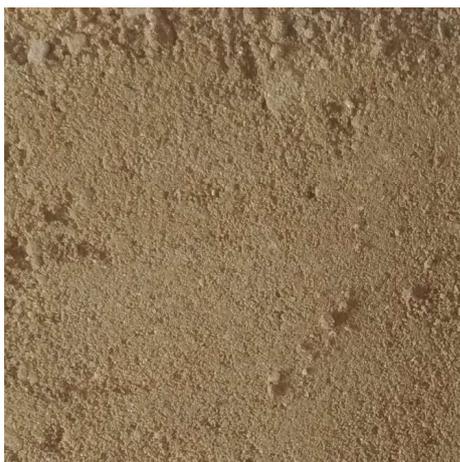
CE2



BA1



BA2



SP1



SP2



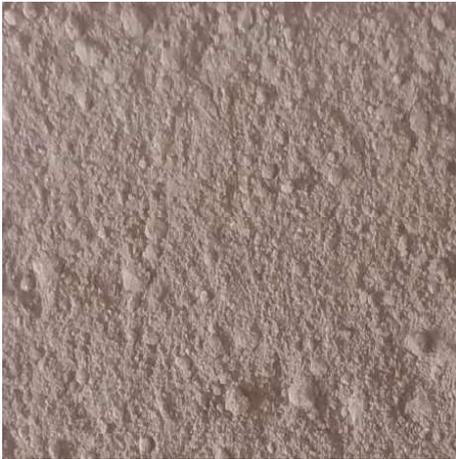
CE1-CE2. Ceresole d'alba
BA1-BA2. Baldissero d'Alba
SP1-SP2. Sommariva Perno



CO1



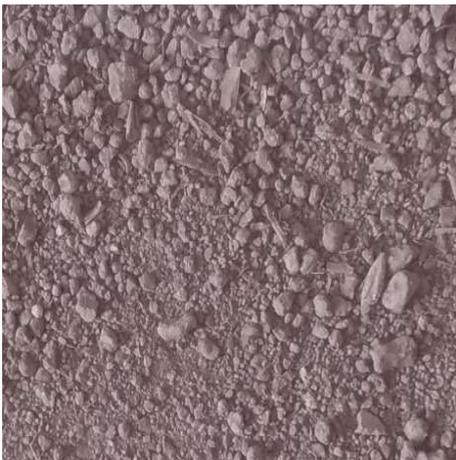
CO2



MO1



MO2



SV1



SV2

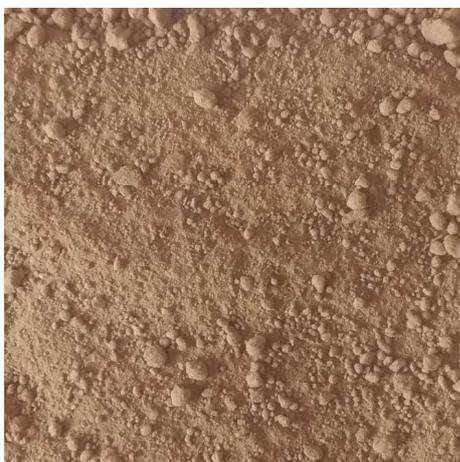
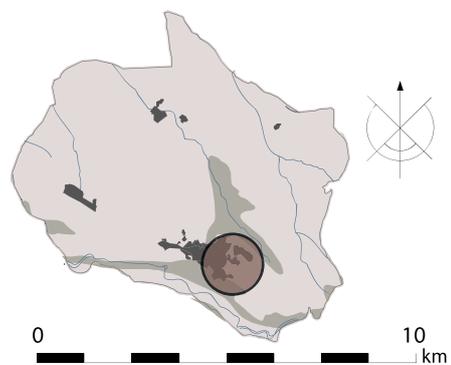


CO1-CO2. Corneliano d'Alba
MO1-MO2. Monticello d'Alba
SV1-SV2. Santa Vittoria d'Alba

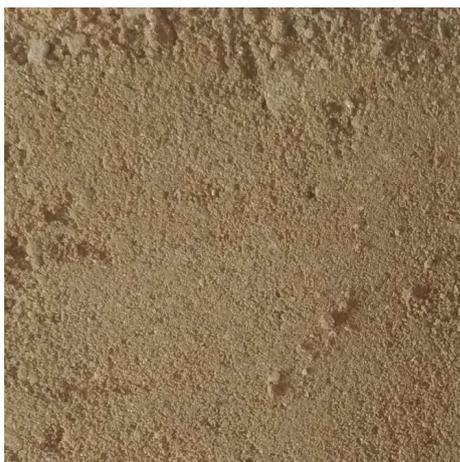
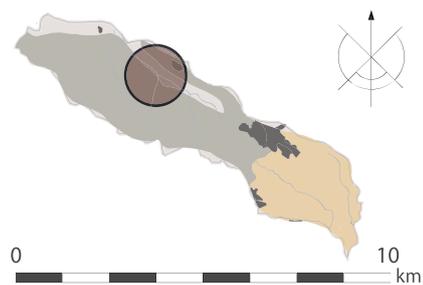
TERRE ANALIZZATE



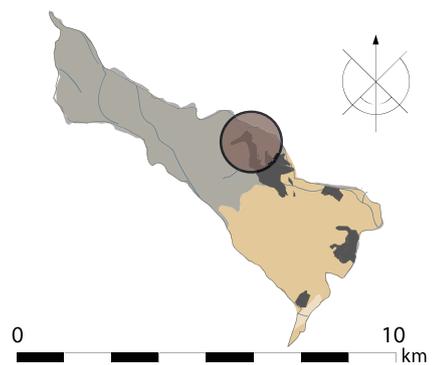
CE2



BA1



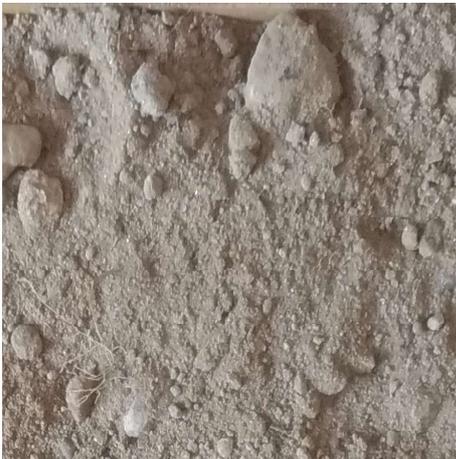
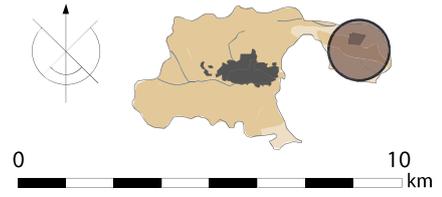
SP1



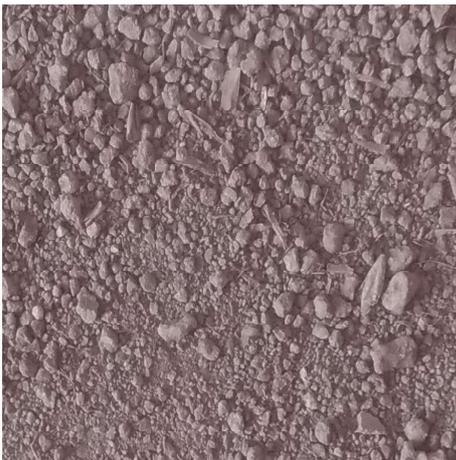
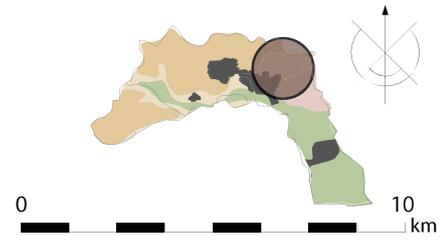
CE2. Ceresole d'alba
BA1. Baldissero d'Alba
SP1. Sommariva Perno



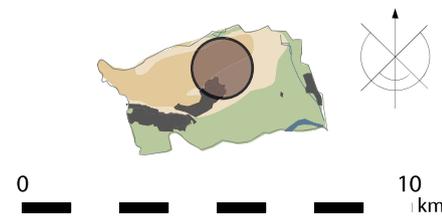
CO2



MO2



SV1



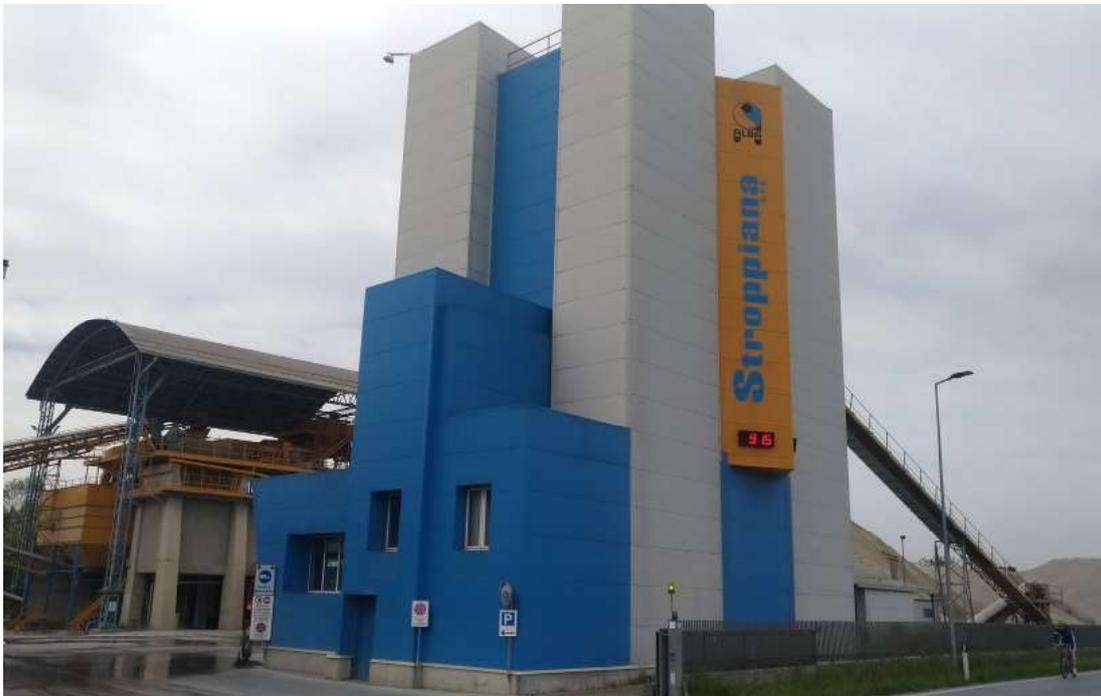
CO2. Corneliano d'Alba
MO2. Monticello d'Alba
SV1. Santa Vittoria d'Alba

AGGREGATI:

L'aggregato sabbia è stato preso nella cava attiva di Piana Biglini, frazione del comune di Alba denominata "Stroppiana S.R.L.". La cava di Alba ha sede sul confine con Monticello d'Alba, comune che rientra nella sezione ridotta e quindi si può considerare l'aggregato proveniente dalla cava di "Stroppiana" come materiale locale.

L'impresa estrae e commercializza materiale inerte ed è dotata di due impianti per la produzione di calcestruzzo preconfezionato. Dispone di un impianto per la lavorazione dell'inerte ed un laboratorio per le analisi e i test sull'aggregato e sul calcestruzzo. In allegato viene riportata la dichiarazione di prestazione rilasciata dall'azienda.

Nome commerciale	Sabbia lavata
Descrizione	Aggregato di origine alluvionale fluviale costituito da sabbia prevalentemente silicatica. Materiale di origine naturale e non frantumata.
Marcatura CE	UNI EN 12620 – Aggregati per calcestruzzo
	UNI EN 13139 - Aggregati per malta
Impieghi tipici	Intonaco, calcestruzzo e sottofondi



Stroppiana S.R.L
Foto dell'autore

CALCE:

Sul territorio del Roero e nelle vicinanze non sono state ritrovate aziende che producono calce. La calce utilizzata proviene dalla fornace attiva "Calce Piasco" di Piasco comune facente parte della provincia di Cuneo. La scelta dell'utilizzo di questo materiale è dovuta ai seguenti motivi:

- La fornace è una delle più vicine all'area di studio presa in considerazione.
- In passato nel Roero venivano utilizzate delle calci cotte con il carbonato di calce locale che aveva delle percentuali di ossidi e idrossidi di magnesio come la calce di Calce Piasco.
- La calce utilizzata è un grassello di calce stagionato 12 mesi in fossa .

La scelta di utilizzare un grassello di calce stagionato deriva dal fatto che la stagionatura permette un affinamento dei grani della calce. Il prodotto ha una maggiore qualità e la malta confezionata avrà una maggiore traspirabilità ed una maggiore resistenza meccanica.

Inoltre, utilizzando il grassello di calce, viene aumentata la lavorabilità del materiale, caratteristica fondamentale in fase di posa

della malta e di lavorazione. In allegato alla tesi viene riportata la scheda tecnica del grassello di calce utilizzato.



Grassello di calce invecchiato 12 mesi

www.calcepisco.it



Stabilimento Calce Piasco
Fossa per l'invecchiamento della calce
www.calcepisco.it

9 I METODI

9.1 ANALISI GRANULOMETRICA DEI MATERIALI.

La terza parte dell'attività sperimentale consiste nello studio della composizione granulometrica della sabbia e delle terre campionate.

Questa parte è di fondamentale importanza perché si determina la dimensione dei grani espressa in percentuale su una massa nota. Come già precedentemente menzionato, i grani possono avere una dimensione variabile.

Le malte per l'intonaco sono costituite da grani di dimensioni minori di 4 mm. La parte compresa fra i 4 e i 0,063 mm viene denominata sabbia, la parte compresa fra 0,063 e 0,002 mm limo ed infine i grani con dimensione minore ai 0,002 mm costituiscono la parte di argilla¹.

Quest'ultima frazione costituisce un legante naturale di conseguenza è molto importante conoscerne il contenuto all'interno di una massa terrosa. Gli studi teorici precedentemente citati riportano che il contenuto di argilla in una malta è compreso fra il 5 e il 12 %. Quantità minori non danno sufficiente potere legante mentre quantità superiori

provocano un ritiro eccessivo in fase di essiccazione e la conseguente formazione di crepe². Per smagrire il contenuto di argilla in una massa terrosa viene aggiunto un quantitativo di sabbia che consenta di abbassarne il contenuto sulla massa totale. Conoscere il corretto contenuto di argilla all'interno di una massa terrosa permette di stabilire la percentuale che si vuole mantenere e di calcolare il quantitativo di sabbia da aggiungere. Inoltre, l'aggiunta di una massa sabbiosa ha i seguenti vantaggi:

- Migliora la lavorabilità della malta in fase di confezionamento.
- Contrasta la segregazione dell'impasto.
- Minimizza il volume dei vuoti della massa terrosa, equilibrandone il contenuto in grani.

Sono state tracciate le curve granulometriche di riferimento ovvero dei grafici cumulativi che riportano le percentuali dei grani dei materiali. Sono stati adottati due metodi differenti:

- Metodo UNI-ASTM: metodologia di riferimento utilizzata nei laboratori del DISEG del Politecnico di Torino (TO).
- Metodo agronomico: metodologia utilizzata in ambito agrario e vitivinicolo preso il

1 39. Elena Pecchioni, Fabio Frattini, Emma Cantisani, Le malte antiche e moderne, tra tradizione ed innovazione, Patron Editore, 2008.

2 Gloria Giuria, Intonaci in terra stabilizzati con calce: prove sperimentali, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Correl. Stefano Invernizzi, Fabio Frattini, Silvia Rescic, 2018

laboratorio Enocontrol di Alba (CN).

La scelta della doppia metodologia è dovuta al fatto che si vogliono comparare i risultati del metodo agronomico con quello UNI-ASTM proponendo una soluzione alternativa e accessibile ad una committenza locale dando dei risultati precisi.

Il metodo UNI-ASTM fornisce dati con un alto livello di precisione e un mole di informazioni maggiore rispetto al metodo agronomico (UNI-ASTM: nove classi granulometriche. Agronomico: cinque classi granulometriche).

Inoltre, possono essere utilizzate differenti metodologie a seconda dei macchinari di cui è fornito il laboratorio come:

- Setacciatrice meccanica.
- Strumentazioni per l'analisi per sedimentazione.
- Elettroresistenza.
- Analisi di immagine.

Per la determinazione della granulometria della sabbia viene utilizzata il metodo della separazione meccanica a secco mediante setacciatrice automatica. Per la determinazione delle particelle di dimensioni inferiori a 0,063 mm viene eseguita l'analisi per sedimentazione. Il metodo agronomico è un metodo utilizzato in ambito agrario dai laboratori locali per lo studio della granulometria dei terreni agricoli. Il procedimento fornisce meno informazioni rispetto ad uno stu-

dio accademico ma dati comunque precisi ed esaustivi per comprendere il contenuto di argilla all'interno della massa terrosa. Inoltre, il metodo agronomico utilizzato è certificato e riconosciuto a livello italiano dal Decreto Ministeriale 13/09/1999³. Tutti i laboratori agronomici italiani fanno riferimento al decreto ministeriale sopra citato e questo permette il confronto dei dati prodotti. Ad ogni materiale è stato dato un codice di riferimento semplificato legato al paese di provenienza utilizzato per contraddistinguere le malte realizzate:

Paese	Codice
Ceresole d'Alba	CE2
Baldissero d'Alba	BA1
Sommariva Perno	SP1
Corneliano d'Alba	CO2
Monticello d'Alba	MO2
Santa Vittoria d'Alba	SV1
Sabbia di Stroppiana S.R.L.	STR

In seguito, verranno spiegate le procedure operative eseguite presso i due laboratori.

3 Decreto Ministeriale 13/09/1999: "Approvazione dei metodi ufficiali di analisi chimica del suolo"

9.2 ANALISI GRANULOMETRICA – METODO UNI-ASTM.

La campagna sperimentale sulle malte per gli intonaci è stata condotta presso il laboratorio del DISEG del Politecnico di Torino. L'attività è stata suddivisa in fasi. Per lo studio dell'aggregato sabbia sono state eseguite le fasi della preparazione del campione da analizzare e la setacciatura automatica, procedimento meccanico per la separazione dei grani di sabbia in parti aventi ugual dimensione.

Per le masse terrose sono state anche effettuate delle analisi per sedimentazione, procedimento con cui si determina la percentuale di limo e di argilla nel quantitativo analizzato. Nelle pagine successive verranno spiegate accuratamente le varie metodologie applicate⁴.

Preparazione dei campioni da analizzare:

1. Preparazione del campione
2. Pesatura del campione da analizzare
3. Miscelazione
4. Macinazione

Setacciatura automatica:

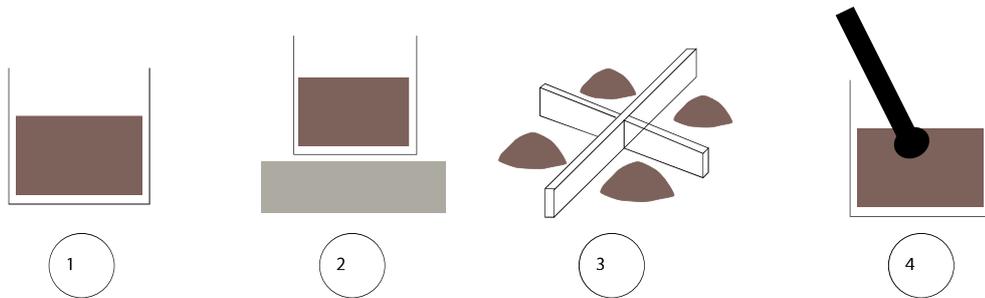
5. Setacciatura automatica
6. Pesatura del contenuto dei setacci
7. Elaborazione dei dati e tracciamento delle curve granulometriche

Analisi per sedimentazione:

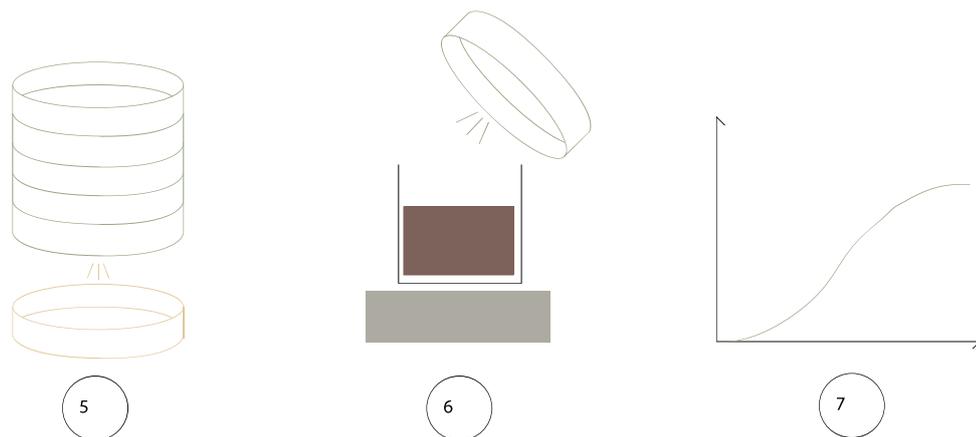
8. Preparazione del campione
9. Preparazione della soluzione da analizzare
10. Tempo di riposo
11. Agitazione della miscela
12. Misurazione della densità
13. Misurazioni della temperatura
14. Elaborazione dei dati e tracciamento delle curve granulometriche

⁴ Roberto Pennacchio, Tecnologie per il recupero di costruzioni in terra battuta in Piemonte, Tesi di Dottorato, Politecnico di Torino, 2015.

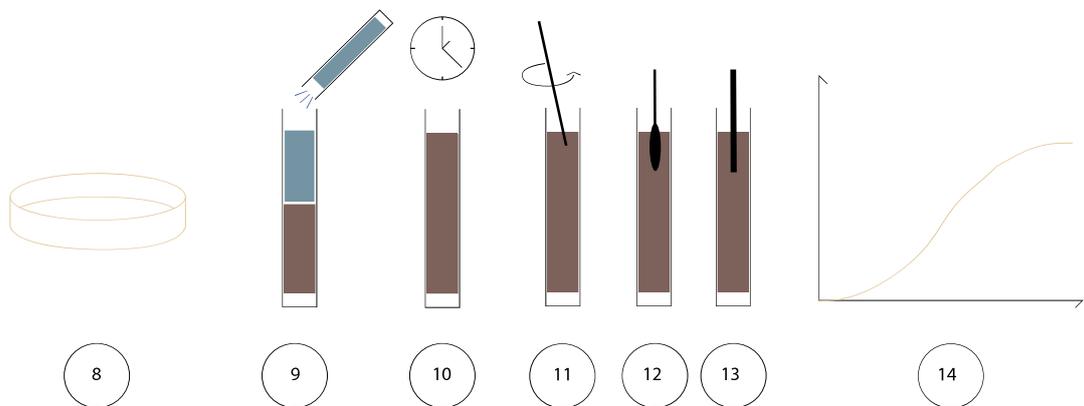
PREPARAZIONE DEI CAMPIONI DA ANALIZZARE



SETACCIATURA AUTOMATICA



ANALISI PER SEDIMENTAZIONE



PESATURA DEL CAMPIONE:

La norma UNI EN ISO 14688 -1: 2003⁵ stabilisce il quantitativo di materiale da analizzare a seconda del diametro delle particelle. La norma prevede che per un diametro di particelle inferiore a 4 mm si utilizzi un campione minimo di 0,2 Kg.

È stato analizzato un campione di sabbia di 1 Kg e un campione di terra di 1 kg.

La terra analizzata è costituita da due prelievi di 500g miscelati, estratti nello stesso sedimento

ma con caratteristiche colorimetriche e granulometriche differenti.

5 UNI EN ISO 14688-1:2018: Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione



Pesatura di un campione di terra

Foto dell'autore

MISCELAZIONE:

Uno degli aspetti essenziali dei campioni analizzati è l'omogeneità granulometrica in tutte le sue parti. I grani in fase di lavorazione e di movimentazione tendono a dividersi rispetto al loro peso e alla loro dimensione. È di fondamentale importanza che il composto risulti ben omogeneizzato in modo che siano presenti in parti uguali le varie dimensioni dei grani. La norma UNI EN 932-2:2000⁶ specifica il procedimento della quartatura per la miscela-

⁶ UNI EN 932-2:2000, Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio

zione del campione, metodologia di mescolanza da compiere sul campione per omogeneizzarlo. Il materiale viene depositato su una superficie piana e dura e successivamente viene suddiviso in quattro parti uguali secondo due linee perpendicolari fra loro. Successivamente le parti opposte vengono miscelate e poi si crea nuovamente un'unica massa miscelando le due parti create. L'operazione del quartamento del provino viene ripetuta per 6 volte per la massa di sabbia. Le masse terrose, essendo costituite da 2 campioni di terra differenti di 500 g, sono state quartate 10 volte.



Campioni di terra da miscelare con il processo del quartamento

Foto dell'autore



Preparazione del campione
Suddivisione in quattro parti del campione
Foto dell'autore

ESSICAZIONE DEL CAMPIONI:

I campioni di terra e la sabbia della cava di Stroppiana S.R.L sono stati essiccati in stufa per 24h ad una temperatura di circa 110°. Temperature maggiori potrebbero condizionare le caratteristiche del materiale e far innescare processi di trasformazione e di reazione degli ossidi come il viraggio del colore. L'essiccazione facilita la disgregazione dei grani in particolar modo delle particelle considerate finissime dei limi e delle argille⁷.

MACINAZIONE DEL CAMPIONE:

I campioni essiccati vengono nuovamente pesati e successivamente vengono macinati 100 g alla volta in un mortaio con un pestello. La macinazione disgrega ulteriormente le particelle che sono ancora coese dopo l'essiccazione. La macinazione deve avvenire con delicatezza per evitare di disgregare i grani e alterare la reale composizione granulometrica della massa analizzata. Per ovviare a questa problematica è stata eseguita una prima setacciatura con setacciatrice automatica di 100 g di campione allo scopo di separare le varie granulometrie. Successivamente, è stato macinato il contenuto di ogni setac-

cio composto da grani aventi stessa granulometria e poi è stato ricomposto il campione con le parti separate macinate. Il procedimento ha permesso di disgregare i grani ancora coesi senza compromettere la reale granulometria del campione. L'operazione di setacciatura al fine della macinazione del contenuto è stata eseguita due volte per ogni campione.

⁷ UNI EN 933-1 Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura - Preparazione del campione.

SETACCIATURA MECCANICA:

La setacciatura meccanica è una procedura eseguita con una setacciatrice automatica che consiste nel far passare all'interno di alcuni setacci con aperture differenti i campioni analizzati per un tempo di 10 minuti.

Mediante agitazione meccanica le masse analizzate vengono separate per dimensione granulometrica. La norma di riferimento utilizzata è la UNI EN 933 - 1 del 2012⁸ che stabilisce le procedure e la tipologia di setacci da utilizzare. I setacci utilizzati fanno riferimento alla norma UNI EN 933 - 2 del 1999⁹ e hanno le seguenti dimensioni: 4, 2, 1, 0.500, 0.250, 0,125, 0.063 mm. È importante definire due concetti per la corretta spiegazione della metodologia di setacciatura:

- Il quantitativo trattenuto dai setacci: ovvero la massa a dimensione superiore delle maglie del setaccio che viene trattenuta all'interno.
- Il quantitativo passante dai setacci: ovvero la massa a dimensione minore delle maglie dei setacci che transita nel setaccio successivo.

8 UNI EN 933-1:2012, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura

9 UNI EN 933-1:1999, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per stacciatura

Per eseguire l'analisi granulometrica vengono sovrapposti i setacci con apertura crescente verso l'altro. Il primo contenitore è costituito da un recipiente di raccolta del passante al setaccio 0.063 mm e successivamente vengono disposti gli altri setacci a maglie maggiori. Il contenuto del passante al setaccio 0.063 mm è costituito dalla frazione terrosa dei limi e delle argille mentre il contenuto trattenuto dai setacci con maglie superiori a 0.063 mm è costituito dalla frazione delle sabbie fini e grosse.

È stata eseguita la setacciatura per le sei terre analizzate, recuperando il contenuto del passante al setaccio 0.063 mm che poi è stata analizzata attraverso un'analisi per sedimentazione. Inoltre, è stata eseguita la setacciatura sulla sabbia della cava di Stroppiana S.R.L che ha riportato valori di trattenuto fino al setaccio 0.063 mm. A setacciatura ultimata vengono determinate le percentuali in massa dell'aggregato mediante pesatura del contenuto rimasto nei vari setacci e i dati vengono riportati in tabelle e grafici illustrativi. Questa operazione segue le prescrizioni della norma UNI EN 933-1:2012.

In seguito, vengono riportati i valori tabellari e grafici della sabbia STR mentre i valori delle sei terre analizzate vengono riportati a seguito della spiegazione dell'analisi per sedimentazione.



Setacci UNI utilizzati
Foto dell'autore

SABBIA
STROPPIANA S.R.L

- Codice sabbia: STR
- Quantitativo analizzato: 1000 g
- Peso trattenuto (g): a seguito della setacciatura viene pesato il contenuto dei singoli setacci.
- Peso trattenuto (%): trattenuto nei setacci espresso in % sul totale.
- Cumulativo (%): sommatoria dei trattenuti.
- Peso passante (g): sommatoria delle parti passanti al setaccio.

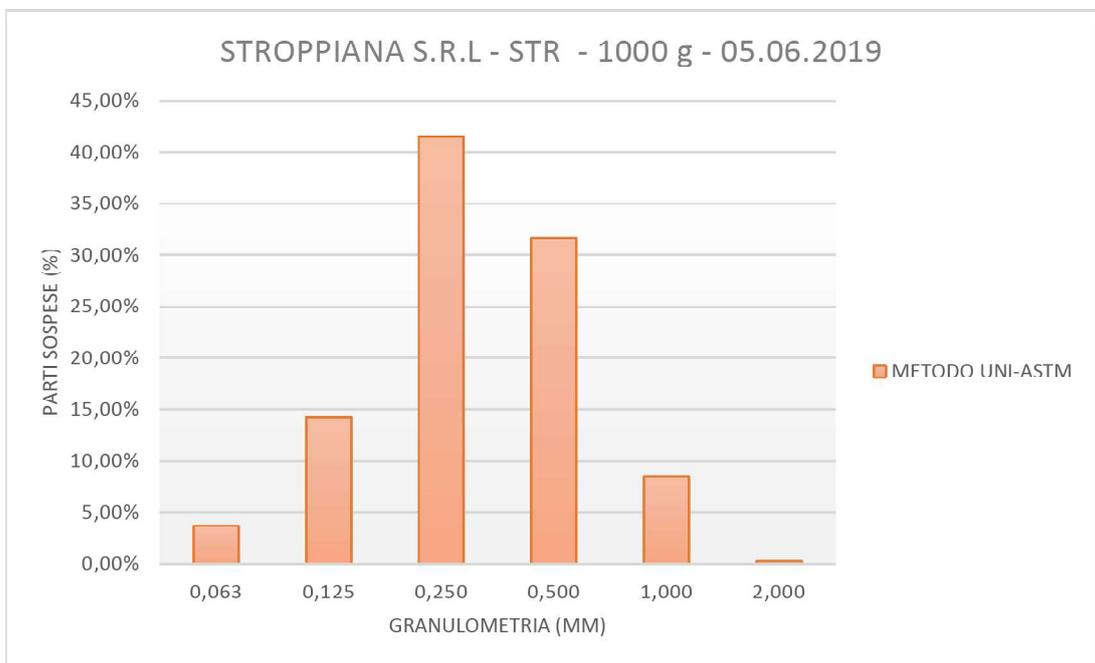
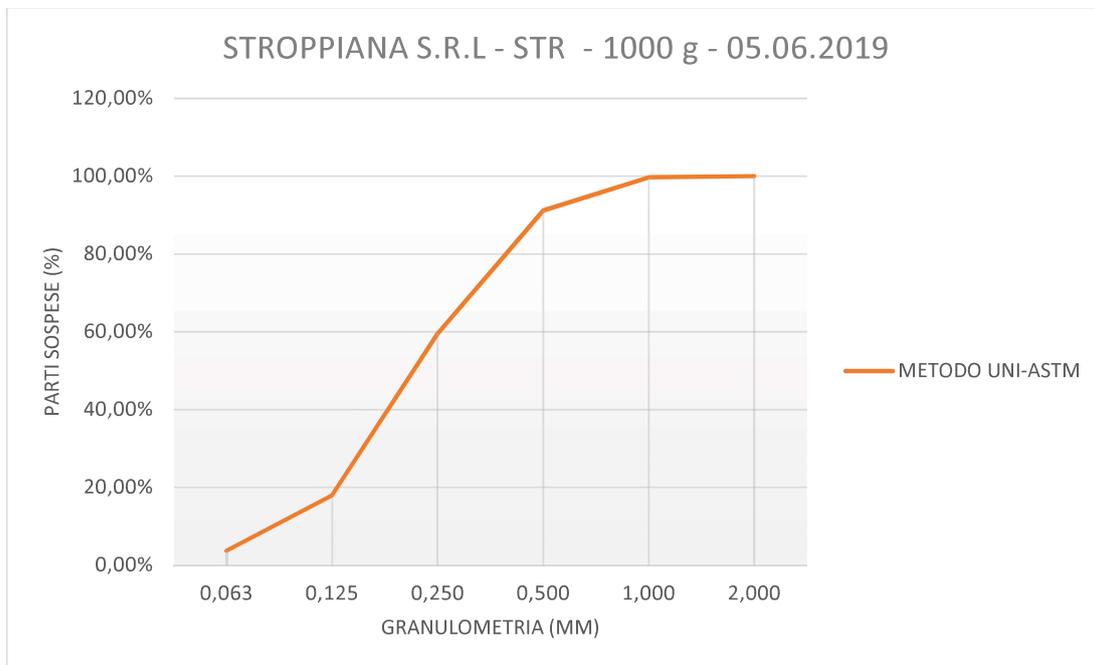
- Peso passante (%): passante espresso in % sul totale.

Il primo grafico A rappresenta la curva cumulativa dei trattenuti. Il grafico B il contenuto dei vari setacci.

STROPPIANA S.R.L - STR - 1000 g - 05.06.2019						
METODO UNI-ASTM						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
0,063	Sabbia fine	37,00	3,70%	3,70%	0,00	0,00%
0,125	Sabbia fine	142,83	14,28%	17,98%	37,00	3,70%
0,250	Sabbia fine	414,84	41,48%	59,47%	179,83	17,98%
0,500	Sabbia grossa	317,02	31,70%	91,17%	594,67	59,47%
1,000	Sabbia grossa	85,19	8,52%	99,69%	911,69	91,17%
2,000	Sabbia grossa	3,13	0,31%	100,00%	996,88	99,69%
Totale		1000,01	100%			



Percentuali del trattenuto e del passante
della sabbia STR



A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni setaccio

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE:

La frazione passante al setaccio 0.063 mm è costituita dalla parte terrosa dei limi e delle argille. Per determinarne il contenuto delle due parti si esegue l'analisi per sedimentazione. La procedura segue le indicazioni della normativa America ASTM D422-63¹⁰ che specifica la procedura e i calcoli da attuare.

La metodologia sfrutta la diversa velocità di sedimentazione delle particelle di una massa nota all'interno di un fluido e fa riferimento alla legge di Stokes secondo cui la velocità di caduta verticale di una particella sferica all'interno di un fluido è in funzione del diametro e del peso specifico del granulo, del peso e della viscosità del fluido in cui è immerso.

Misurando la densità del liquido ad intervalli regolari è stato possibile calcolare la dimensione delle particelle in sospensione in ciascun istante. Lo strumento di rilevazione della densità è il densimetro o idrometro, un galleggiante di vetro composto inferiormente da un bulbo tarato e superiormente da uno stelo graduato di rilevazione. Quello utilizzato è di tipo ASTM 151H secondo le specifiche della norma ASTM D422-63. Inoltre, per la prova sono necessari un cilindro graduato di capacità 1000 ml e un agitatore elettronico per la miscelazione del

composto.

La norma di riferimento prevede che per l'analisi venga utilizzato un campione di 50 g prelevato dal passante al setaccio con maglie di dimensione 0.063 mm. La miscela acqua-terreno viene considerata omogenea e il peso di volume della miscela è espresso dalla seguente formulazione:

$$y(0) = y_a + ((G_s - G_a)/G_s) * (P_s/V)$$

- $y(0)$ = peso di volume miscela terra-acqua (g)
- y_a = peso di volume della sola acqua (g)
- G_s = peso specifico dei grani (2,85 g/cm³)
- G_a = peso specifico dell'acqua (1 g/cm³)
- P_s = peso secco del campione (g)
- V = volume (g)

Al campione viene aggiunto un antiflocculante, il silicato di sodio liquido¹¹, in quantità pari a 40 ml avente la funzione di separatore dei grani. Il composto viene lasciato riposare per 24 h in maniera tale che vengano completamente separati.

Successivamente, il composto viene versato all'interno di un cilindro graduato con portata di 1000 ml in cui viene aggiunta acqua distillata fino a volume. Il composto viene miscelato con un agitatore elettronico per un periodo di circa 5 minuti.

Al termine della fase inizia il

10 ASTM D422-63 2007, Metodo di prova standard per l'analisi granulometrica dei suoli

11 Loris Dalla Costa, Caratterizzazione geotecnica e mineralogica dei terreni coinvolti in frane superficiali della provincia di Vicenza, Tesi di laurea magistrale, Rel. Mario Floris, Padova, 2014.

periodo di misurazione effettuato ad intervalli regolari di tempo standardizzati pari a 10'' – 20'' – 30'' – 1' – 2' – 4' – 8' – 30' – 1h – 2h – 4h – 8h - 15h – 24h dal termine della fase di miscelazione. Vengono misurate negli intervalli la densità e la temperatura del fluido.

Al variare della densità della miscela terra-acqua, che decresce progressivamente, si assiste ad una diminuzione della dimensione dei grani in sospensione che tendono a sedimentarsi sul fondo del cilindro graduato. La lettura del densimetro dev'essere corretta secondo due accorgimenti:

- Lettura R: Correzione dovuta all'innalzamento del livello della miscela acqua-terreno dovuta all'immersione dell'idrometro all'interno della miscela. La lettura leggibile sul cilindro graduato non corrisponderà più a 1000 ml ma ad un valore più alto dovuta all'immersione dell'idrometro.
- Lettura Rc: Correzione della lettura dell'idrometro dovuta all'innalzamento del livello dell'acqua a contatto con l'aerometro. Il valore leggibile sull'idrometro è un valore più alto rispetto al valore del pelo libero dell'acqua.

Il passaggio successivo consiste nel determinare le particelle in sospensione espresse in percentuale.

Le formule utilizzate fanno riferimento alla norma ASTM D422-63. La percentuale è in funzione del peso specifico del campione secco analizzato, del peso specifico dei granuli, del peso specifico del liquido in cui è immerso ed infine della lettura al densimetro corretta della lettura sul pelo libero dell'acqua (B). Le percentuali trovate vengono poi espresse in parti rispetto al quantitativo passante al setaccio 0.063 mm e corrispondono alle parti in sospensione al generico tempo t rispetto alla reale massa del campione.

$$P (\%) = (1000/PS) * (Gs / (Gs - Ga)) * (Rc - 1)$$

- P% : particelle sospese
- Ps: peso secco del campione
- Gs : peso specifico dei granuli
- Ga: peso specifico dell'acqua
- Rc : lettura della densità corretta

Il diametro delle particelle in sospensione è calcolato in funzione di una semplificazione della legge di Stokes. Il diametro è in funzione di:

$$D (\text{mm}) = K * (L/t)^{1/2}$$

- D (mm) : diametro delle particelle sospese
- K : costante dipendente dal peso specifico dei granuli
- L: costante dipendente dalla lettura dell'idrometro 151H.
- t: tempo trascorso dall'inizio del test
- I valori tabellari sono ritrovabili nella normativa ASTM D422-63.

Il procedimento termina con

l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica di una curva cumulativa che avrà sull'asse delle ascisse i diametri delle particelle in sospensione calcolati e sulle ordinate le parti percentuali in sospensione. Dalla lettura del grafico si può risalire alla percentuale delle particelle di argilla presenti sul totale.

I valori devono poi essere convertiti in parti rispetto alla massa passante al setaccio 0.063 mm. In seguito, vengo riportati i valori determinati per le sei terre in tabelle specifiche e le curve granulometriche dei campioni analizzati. I dati illustrati forniscono delle informazioni suddividendo il

terreno in nove frazioni:

- Sabbia grossa
- 1. 2,000 mm
- 2. 1,000 mm
- 3. 0,500 mm
- Sabbia fine
- 4. 0,250 mm
- 5. 0,125 mm
- 6. 0,063 mm
- Limo
- 7. 0,020 mm
- 8. 0,002 mm
- Argilla
- 9. <0,002 mm



Analisi per sedimentazione
Antifloculante: Silicato di Sodio liquido
Foto dell'autore

CERESOLE D'ALBA

- Codice terra: CE2
- Quantitativo analizzato: 1000 g
- Peso trattenuto (g): a seguito della setacciatura viene pesato il contenuto dei singoli setacci.
- Peso trattenuto (%): trattenuto nei setacci espresso in % sul totale.
- Cumulativo (%): sommatoria dei trattenuti.
- Peso passante (g): sommatoria delle parti passanti al setaccio.

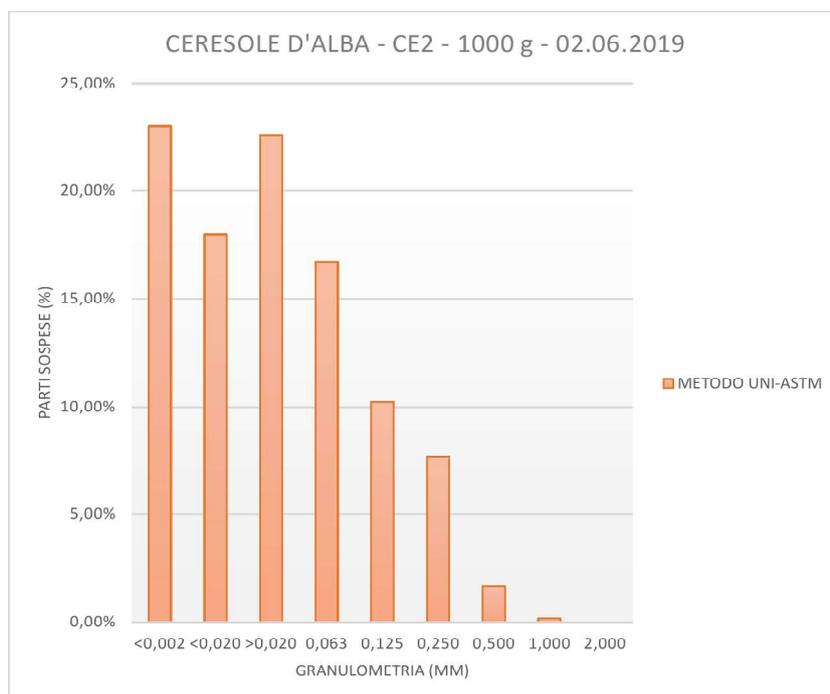
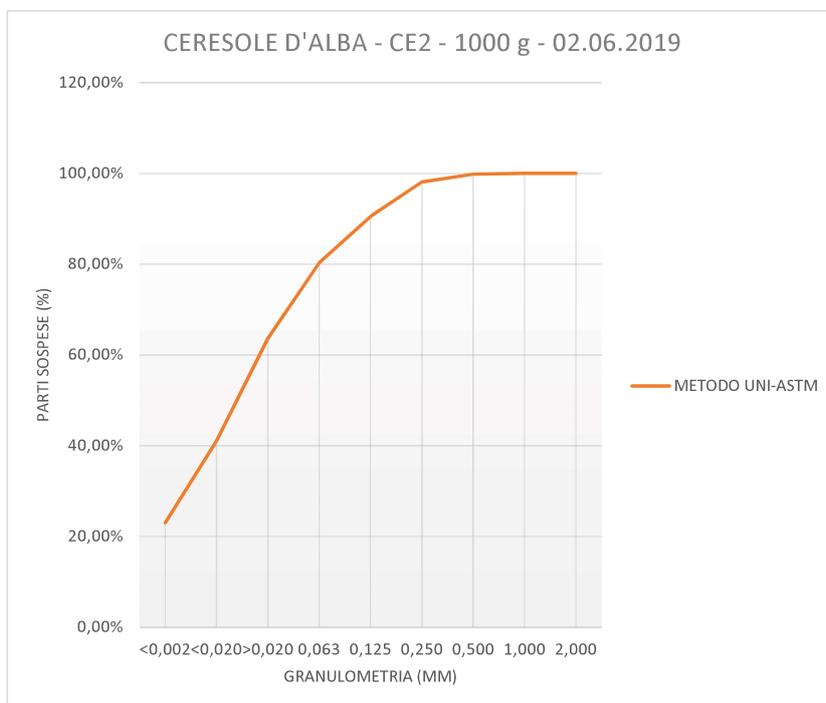
- Peso passante (%): passante espresso in % sul totale.

Il primo grafico A rappresenta la curva cumulativa dei trattenuti. Il grafico B il contenuto dei vari setacci. I valori relativi ai limi e alle argille sono stati presi in riferimento alle tabelle delle pagine successive. Il passante al setaccio 0.063 è stato analizzato attraverso l'analisi per sedimentazione che ha permesso di completare l'analisi granulometria inserendo nella tabella i relativi valori. Il passante era del 63,57 % che è stato suddiviso in un 23 % di argilla, un 18 % di limo fino e un 22,5 % di limo grosso.

CERESOLE D'ALBA - CE2 - 1000 g - 02.06.2019						
METODO UNI-ASTM						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	230,00	23,01%	23,01%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	180,00	18,01%	41,02%	230,00	23,01%
>0,020	Limo grosso	225,40	22,55%	63,57%	410,00	41,02%
0,063	Sabbia fine	166,84	16,69%	80,26%	635,40	63,57%
0,125	Sabbia fine	102,34	10,24%	90,50%	802,24	80,26%
0,250	Sabbia fine	76,44	7,65%	98,15%	904,58	90,50%
0,500	Sabbia grossa	16,66	1,67%	99,82%	981,02	98,15%
1,000	Sabbia grossa	1,82	0,18%	100,00%	997,68	99,82%
2,000	Sabbia grossa	0,00	0,00%	100,00%	999,50	100,00%
Totale		999,50	100%			



Percentuali del trattenuto e del passante della terra CE2



^
 A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni
 setaccio

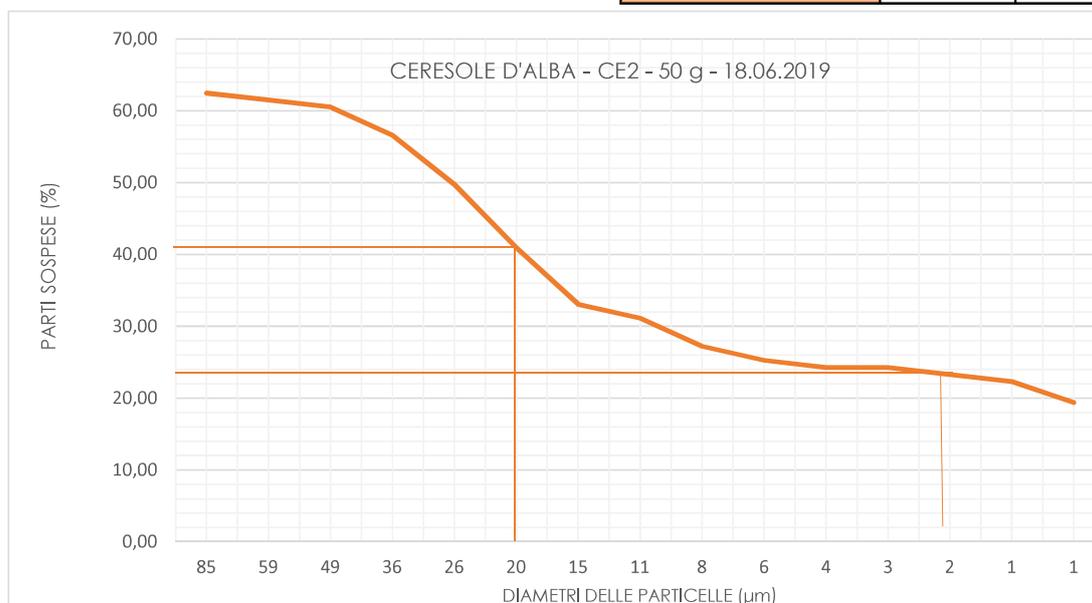
$$P (\%) = (1000/PS) * (Gs / (Gs - Ga)) * (Rc - 1)$$

- P% : particelle sospese
- Ps: peso secco del campione
- Gs : peso specifico dei granuli
- Ga : peso specifico dell'acqua
- Rc : lettura della densità corretta

$$D (\text{mm}) = K * (L/t)^{1/2}$$

- D (mm) : diametro delle particelle sospese
- K : costante dipendente dal peso specifico dei granuli
- L: costante dipendente dalla lettura dell'idrometro 151H.
- t: tempo trascorso dall'inizio del test
- I valori tabellari sono ritrovabili nella normativa ASTM D422-63.

DATI DI PARTENZA -CE2		
Tara del contenitore	17,00	g
Materiale analizzato	50,00	g
Antiflocculante	40,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,032	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm3
Peso secco del campione	50,00	g
Volume	1000,00	cm3
PERCENTUALI DA GRAFICO		
Argilla	63,54	%
Argilla	23	%
Limo fine	18	%
Limo grosso	22,54	%



Dati per l'analisi di sedimentazione della
terra CE2
Curva cumulativa della terra CE2

CERESOLE D'ALBA - CE2 - 50 g - 18.06.2019

GIORNO	ORA	p LETTURA (g/cm ³)	p LETTURA R (g/cm ³)	p LETTURA Rc(g/cm ³)	T (°C)	TEMPO (min)	PARTICELLE SOSPENSE %	PARTI SOSPENSE %	PROFONDITA' EFFETTIVA L (CM)	VALORI DI K	D. PART SOSPENSE (mm)	D. PART (µm)
18.06.2019	08:22:00											
18.06.2019	08:22:10	1,0320	1,0330	1,0319	25,5	0,16	98,29%	62,45	7,80	0,01215	0,08483	85
18.06.2019	08:22:20	1,0315	1,0325	1,0314	25,5	0,33	96,75%	61,47	7,80	0,01215	0,05907	59
18.06.2019	08:22:20	1,0310	1,0320	1,0309	25,5	0,50	95,21%	60,49	8,10	0,01215	0,04890	49
18.06.2019	08:23:00	1,0290	1,0300	1,0289	25,5	1,00	89,04%	56,58	8,60	0,01215	0,03563	36
18.06.2019	08:24:00	1,0255	1,0265	1,0254	25,5	2,00	78,26%	49,73	9,40	0,01215	0,02634	26
18.06.2019	08:26:00	1,0210	1,0220	1,0209	25,5	4,00	64,39%	40,92	10,70	0,01215	0,01987	20
18.06.2019	08:30:00	1,0170	1,0180	1,0169	25,5	8,00	52,07%	33,09	11,80	0,01215	0,01476	15
18.06.2019	08:37:00	1,0160	1,0170	1,0159	25,5	15,00	48,99%	31,13	12,10	0,01215	0,01091	11
18.06.2019	08:22:00	1,0140	1,0150	1,0139	25,5	30,00	42,83%	27,21	12,10	0,01215	0,00772	8
18.06.2019	09:22:00	1,0130	1,0140	1,0129	25,5	60,00	39,75%	25,25	12,90	0,01215	0,00563	6
18.06.2019	10:22:00	1,0125	1,0135	1,0124	25,5	120,00	38,21%	24,28	12,90	0,01215	0,00398	4
18.06.2019	12:22:00	1,0125	1,0135	1,0124	25,5	240,00	38,21%	24,28	12,90	0,01215	0,00282	3
18.06.2019	16:22:00	1,0120	1,0130	1,0119	25,5	480,00	36,66%	23,30	13,10	0,01215	0,00201	2
18.06.2019	23:22:00	1,0115	1,0125	1,0114	25,5	900,00	35,12%	22,32	13,10	0,01215	0,00147	1
19.06.2019	08:22:00	1,0100	1,0110	1,0099	25,5	1440,00	30,50%	19,38	13,70	0,01215	0,00119	1

^

Tabella di calcolo delle parti in
sospensione e dei diametri della terra CE2

BALDISSERO D'ALBA

- Codice terra: BA1
- Quantitativo analizzato: 1000 g
- Peso trattenuto (g): a seguito della setacciatura viene pesato il contenuto dei singoli setacci.
- Peso trattenuto (%): trattenuto nei setacci espresso in % sul totale.
- Cumulativo (%): sommatoria dei trattenuti.
- Peso passante (g): sommatoria delle parti passanti al setaccio.

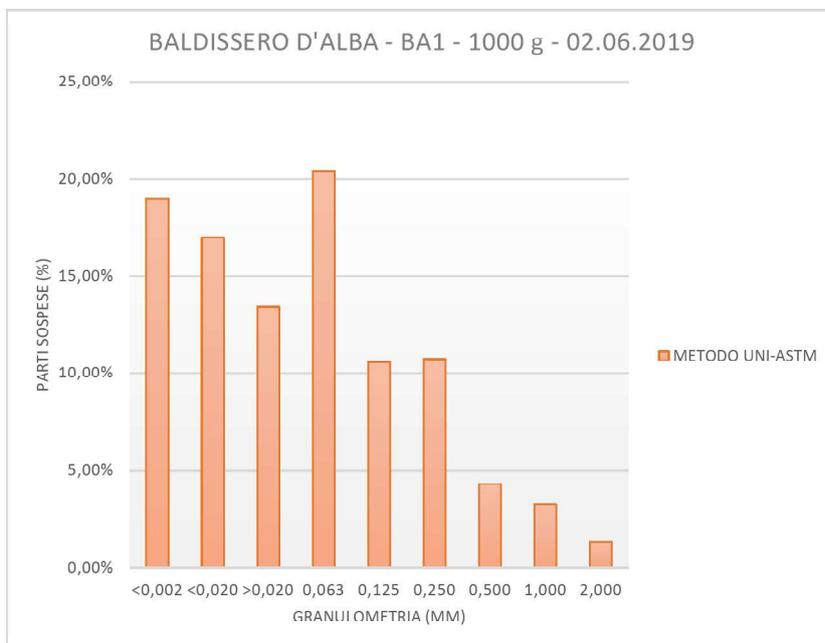
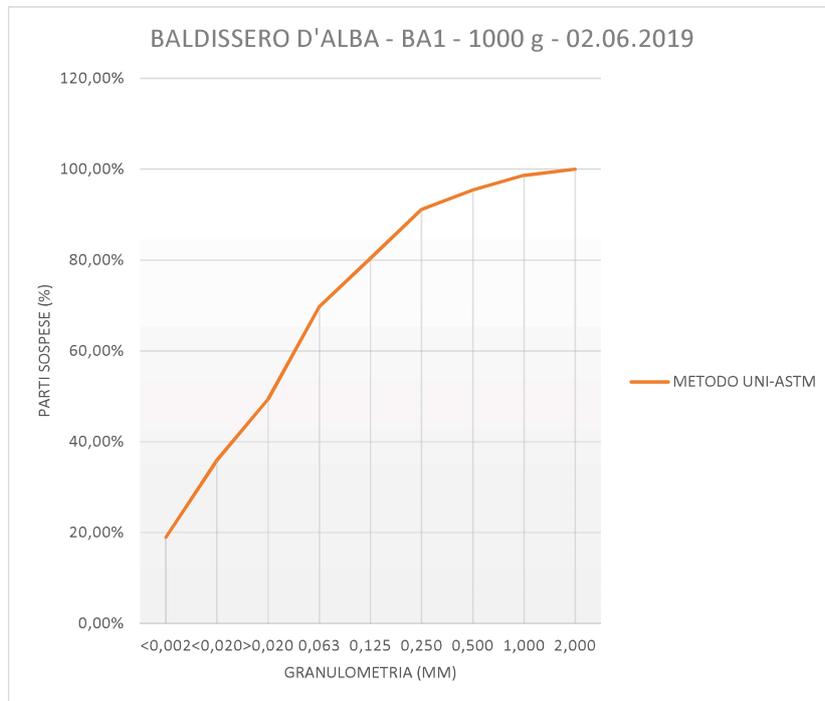
- Peso passante (%): passante espresso in % sul totale.

Il primo grafico A rappresenta la curva cumulativa dei trattenuti. Il grafico B il contenuto dei vari setacci. I valori relativi ai limi e alle argille sono stati presi in riferimento alle tabelle delle pagine successive. Il passante al setaccio 0.063 è stato analizzato attraverso l'analisi per sedimentazione che ha permesso di completare l'analisi granulometria inserendo nella tabella i relativi valori. Il passante era del 49.43% che è stato suddiviso in un 19 % di argilla, un 17 % di limo fino e un 13,44 % di limo grosso.

BALDISSERO D'ALBA - BA1 - 1000 g - 02.06.2019						
METODO UNI-ASTM						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	190,00	18,99%	18,99%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	170,00	16,99%	35,98%	190,00	18,99%
>0,020	Limo grosso	134,50	13,44%	49,43%	360,00	35,98%
0,063	Sabbia fine	204,02	20,39%	69,82%	494,50	49,43%
0,125	Sabbia fine	105,81	10,58%	80,39%	698,52	69,82%
0,250	Sabbia fine	107,47	10,74%	91,14%	804,33	80,39%
0,500	Sabbia grossa	43,12	4,31%	95,45%	911,80	91,14%
1,000	Sabbia grossa	32,25	3,22%	98,67%	954,92	95,45%
2,000	Sabbia grossa	13,32	1,33%	100,00%	987,17	98,67%
Totale		1000,49	100%			



Percentuali del trattenuto e del passante della terra BA1



A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni setaccio

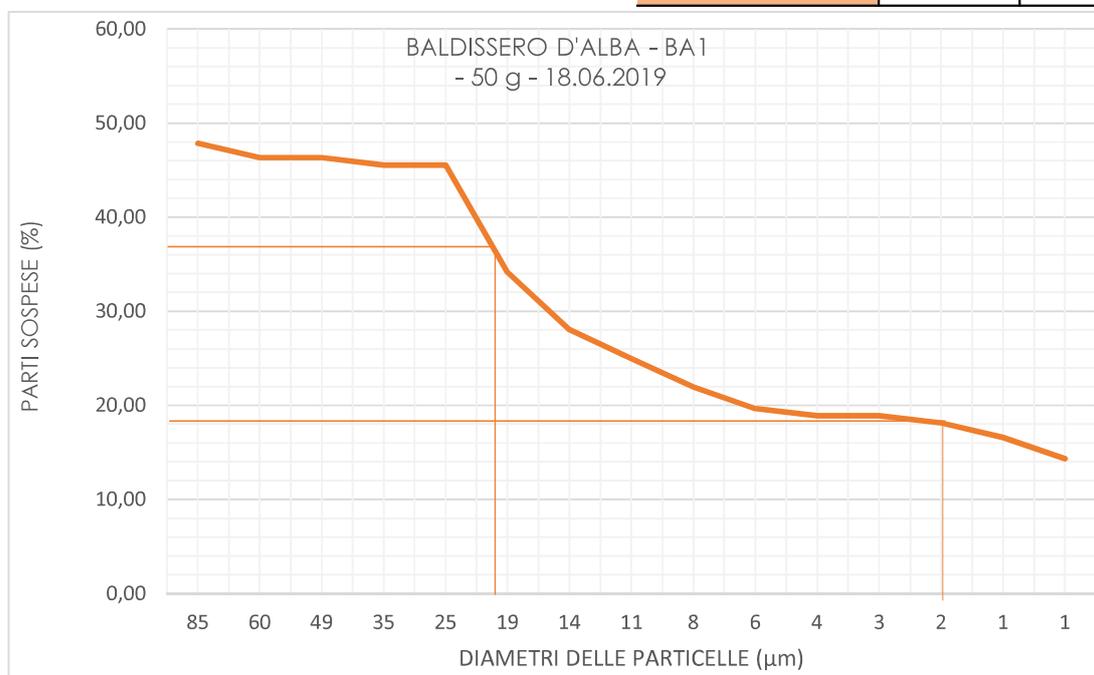
$$P (\%) = (1000/PS) * (Gs / (Gs - Ga)) * (Rc - 1)$$

- P% : particelle sospese
- Ps: peso secco del campione
- Gs : peso specifico dei granuli
- Ga : peso specifico dell'acqua
- Rc : lettura della densità corretta

$$D (\text{mm}) = K * (L/t)^{1/2}$$

- D (mm) : diametro delle particelle sospese
- K : costante dipendente dal peso specifico dei granuli
- L: costante dipendente dalla lettura dell'idrometro 151H.
- t: tempo trascorso dall'inizio del test
- I valori tabellari sono ritrovabili nella normativa ASTM D422-63.

DATI DI PARTENZA - BA1		
Tara del contenitore	17,00	g
Materiale analizzato	50,00	g
Antiflocculante	40,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,032	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm ³
Peso secco del campione	50,00	g
Volume	1000,00	cm ³
PERCENTUALI DA GRAFICO		
Passante al setaccio 0.063 mm	49,45	%
Argilla	19	%
Limo fine	17	%
Limo grosso	13,45	%



Dati per l'analisi di sedimentazione della
terra BA1
Curva cumulativa della terra BA1

BALDISSERO D'ALBA - BA1 - 50 g - 18.06.2019												
GIORNO	ORA	p LETTURA (g/cm ³)	p LETTURA R (g/cm ³)	p LETTURA Rc(g/cm ³)	T (°C)	TEMPO (min)	PARTICELLE SOSPENSE %	PARTI SOSPENSE %	PROFONDITA' EFFETTIVA L (CM)	VALORI DI K	D. PART SOSPENSE (mm)	D. PART (µm)
18.06.2019	16:42:00											
18.06.2019	16:42:10	1,0315	1,0325	1,0314	25,5	0,16	96,75%	47,84	7,80	0,01215	0,08483	85
18.06.2019	16:42:10	1,0305	1,0315	1,0304	25,5	0,33	93,66%	46,32	8,10	0,01215	0,06020	60
18.06.2019	16:42:30	1,0305	1,0315	1,0304	25,5	0,50	93,66%	46,32	8,10	0,01215	0,04890	49
18.06.2019	16:43:00	1,0300	1,0310	1,0299	25,5	1,00	92,12%	45,56	8,40	0,01215	0,03521	35
18.06.2019	16:44:00	1,0300	1,0310	1,0299	25,5	2,00	92,12%	45,56	8,40	0,01215	0,02490	25
18.06.2019	16:46:00	1,0225	1,0235	1,0224	25,5	4,00	69,02%	34,13	10,20	0,01215	0,01940	19
18.06.2019	16:50:00	1,0185	1,0195	1,0184	25,5	8,00	56,69%	28,03	11,30	0,01215	0,01444	14
18.06.2019	16:57:00	1,0165	1,0175	1,0164	25,5	15,00	50,53%	24,99	11,80	0,01215	0,01078	11
18.06.2019	17:12:00	1,0145	1,0155	1,0144	25,5	30,00	44,37%	21,94	12,30	0,01215	0,00778	8
18.06.2019	17:42:00	1,0130	1,0140	1,0129	25,5	60,00	39,75%	19,65	12,90	0,01215	0,00563	6
18.06.2019	18:42:00	1,0125	1,0135	1,0124	25,5	120,00	38,21%	18,89	12,90	0,01215	0,00398	4
18.06.2019	20:42:00	1,0125	1,0135	1,0124	25,5	240,00	38,21%	18,89	12,90	0,01215	0,00282	3
19.06.2019	00:42:00	1,0120	1,0130	1,0119	25,5	480,00	36,66%	18,13	13,10	0,01215	0,00201	2
19.06.2019	07:42:00	1,0110	1,0120	1,0109	25,5	900,00	33,58%	16,61	13,40	0,01215	0,00148	1
19.06.2019	16:42:00	1,0095	1,0105	1,0094	25,5	1440,00	28,96%	14,32	13,70	0,01215	0,00119	1



Tabella di calcolo delle parti in
sospensione e dei diametri della terra BA1

SOMMARIVA PERNO

- Codice terra: SP1
- Quantitativo analizzato: 1000 g
- Peso trattenuto (g): a seguito della setacciatura viene pesato il contenuto dei singoli setacci.
- Peso trattenuto (%): trattenuto nei setacci espresso in % sul totale.
- Cumulativo (%): sommatoria dei trattenuti.
- Peso passante (g): sommatoria delle parti passanti al setaccio.

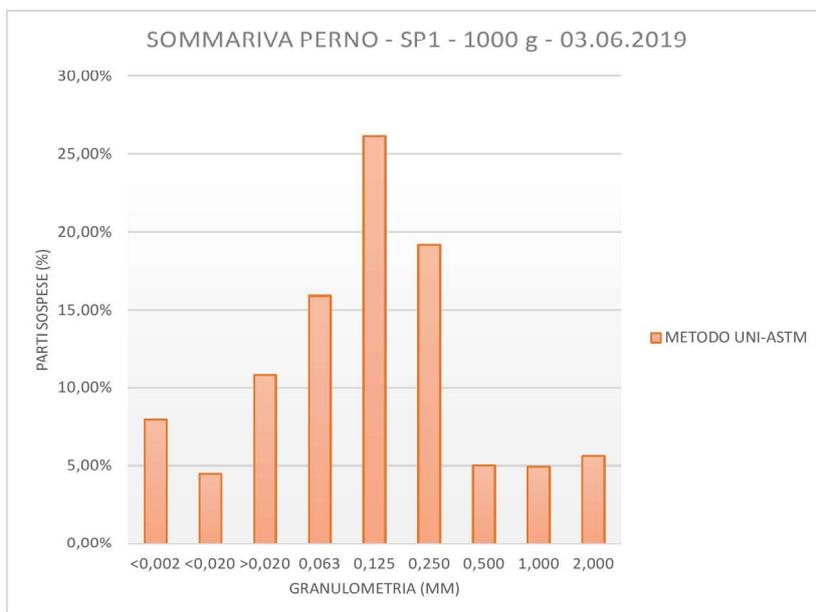
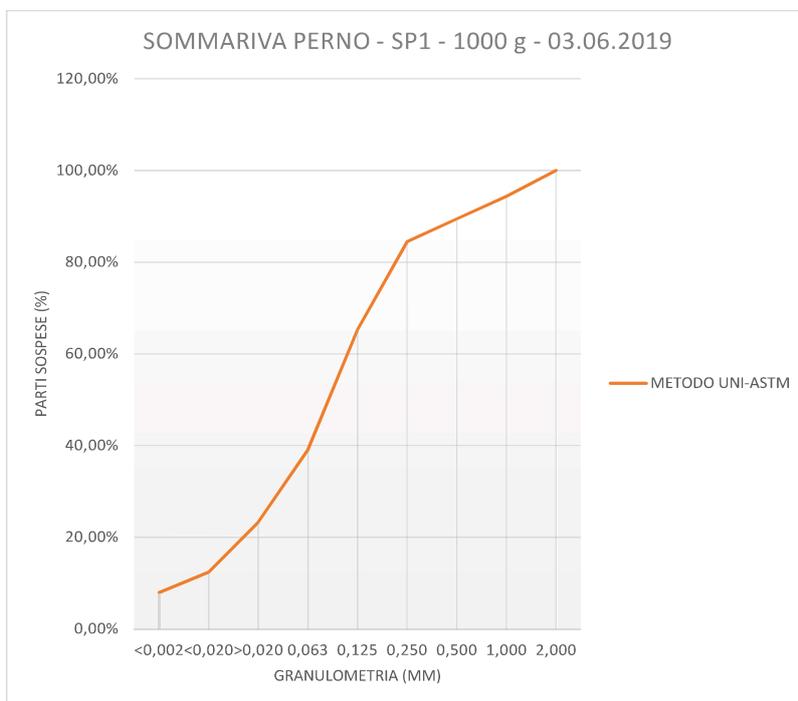
- Peso passante (%): passante espresso in % sul totale.

Il primo grafico A rappresenta la curva cumulativa dei trattenuti. Il grafico B il contenuto dei vari setacci. I valori relativi ai limi e alle argille sono stati presi in riferimento alle tabelle delle pagine successive. Il passante al setaccio 0.063 è stato analizzato attraverso l'analisi per sedimentazione che ha permesso di completare l'analisi granulometria inserendo nella tabella i relativi valori. Il passante era del 23,27 % che è stato suddiviso in un 8 % di argilla, un 4,5 % di limo fino e un 10,8 % di limo grosso.

SOMMARIVA PERNO - SP1 - 1000 g - 03.06.2019						
METODO UNI-ASTM						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	80,00	7,96%	7,96%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	45,00	4,48%	12,44%	80,00	7,96%
>0,020	Limo grosso	108,70	10,82%	23,27%	125,00	12,44%
0,063	Sabbia fine	159,67	15,90%	39,16%	233,70	23,27%
0,125	Sabbia fine	262,64	26,15%	65,31%	393,37	39,16%
0,250	Sabbia fine	192,43	19,16%	84,47%	656,01	65,31%
0,500	Sabbia grossa	50,29	5,01%	89,47%	848,44	84,47%
1,000	Sabbia grossa	49,61	4,94%	94,41%	898,73	89,47%
2,000	Sabbia grossa	56,13	5,59%	100,00%	948,34	94,41%
Totale		1004,47	100%			



Percentuali del trattenuto e del passante della terra SP1



A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni setaccio

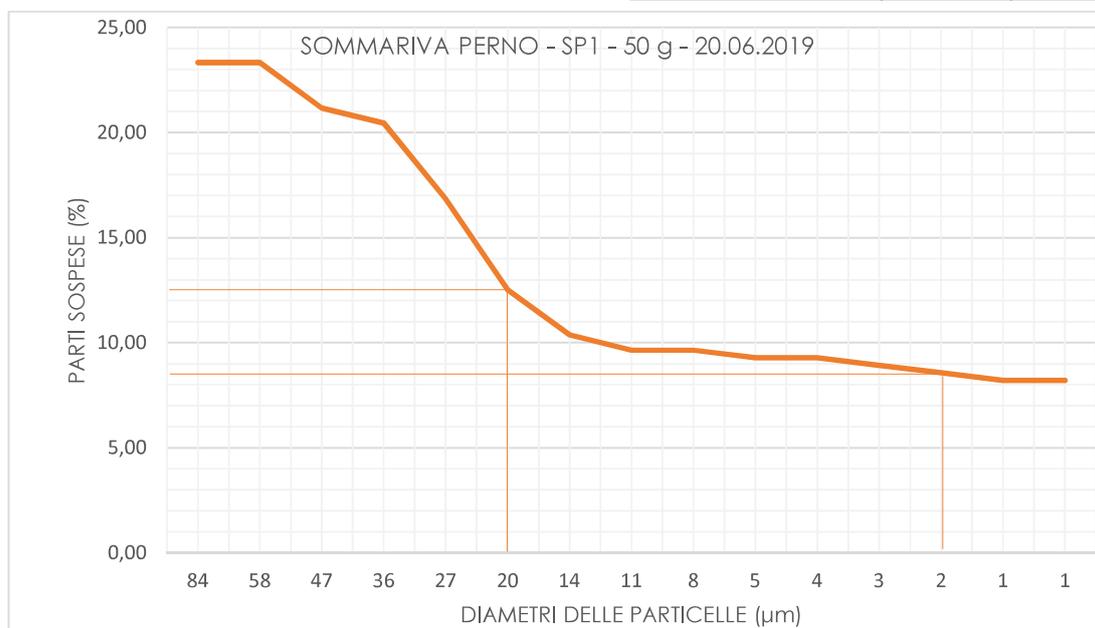
$$P (\%) = (1000/PS) * (Gs / (Gs - Ga)) * (Rc - 1)$$

- P% : particelle sospese
- Ps: peso secco del campione
- Gs : peso specifico dei granuli
- Ga : peso specifico dell'acqua
- Rc : lettura della densità corretta

$$D (\text{mm}) = K * (L/t)^{1/2}$$

- D (mm) : diametro delle particelle sospese
- K : costante dipendente dal peso specifico dei granuli
- L: costante dipendente dalla lettura dell'idrometro 151H.
- t: tempo trascorso dall'inizio del test
- I valori tabellari sono ritrovabili nella normativa ASTM D422-63.

DATI DI PARTENZA - SP1		
Tara del contenitore	17,00	g
Materiale analizzato	50,00	g
Antiflocculante	40,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,032	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm ³
Peso secco del campione	50,00	g
Volume	1000,00	cm ³
PERCENTUALI DA GRAFICO		
Passante al setaccio 0.063 mm	23,37	%
Argilla	8	%
Limo fine	4,5	%
Limo grosso	10,87	%



Dati per l'analisi di sedimentazione della terra SP1
 Curva cumulativa della terra SP1

SOMMARIVA PERNO - SP1 - 50 g - 20.06.2019												
GIORNO	ORA	p LETTURA (g/cm3)	p LETTURA R (g/cm3)	p LETTURA Rc(g/cm3)	T (°C)	TEMPO (min)	PARTICELLE SOSPENSE %	PARTI SOSPENSE %	PROFONDITA' EFFETTIVA L (CM)	VALORI DI K	D. PART SOSPENSE (mm)	D. PART (µm)
20.06.2019	10:30:00											
20.06.2019	10:30:10	1,0325	1,0335	1,0324	25,5	0,16	99,83%	23,33	7,60	0,01215	0,08374	84
20.06.2019	10:30:20	1,0325	1,0335	1,0324	25,5	0,33	99,83%	23,33	7,60	0,01215	0,05831	58
20.06.2019	10:30:30	1,0295	1,0305	1,0294	25,5	0,50	90,58%	21,17	7,60	0,01215	0,04737	47
20.06.2019	10:31:00	1,0285	1,0295	1,0284	25,5	1,00	87,50%	20,45	8,90	0,01215	0,03625	36
20.06.2019	10:32:00	1,0235	1,0245	1,0234	25,5	2,00	72,10%	16,85	9,70	0,01215	0,02676	27
20.06.2019	10:34:00	1,0175	1,0185	1,0174	25,5	4,00	53,61%	12,53	10,50	0,01215	0,01969	20
20.06.2019	10:38:00	1,0145	1,0155	1,0144	25,5	8,00	44,37%	10,37	10,50	0,01215	0,01392	14
20.06.2019	10:45:00	1,0135	1,0145	1,0134	25,5	15,00	41,29%	9,65	11,30	0,01215	0,01055	11
20.06.2019	11:00:00	1,0135	1,0145	1,0134	25,5	30,00	41,29%	9,65	11,50	0,01215	0,00752	8
20.06.2019	11:30:00	1,0130	1,0140	1,0129	25,5	60,00	39,75%	9,29	12,10	0,01215	0,00546	5
20.06.2019	12:30:00	1,0130	1,0140	1,0129	25,5	120,00	39,75%	9,29	12,30	0,01215	0,00389	4
20.06.2019	14:30:00	1,0125	1,0135	1,0124	25,5	240,00	38,21%	8,93	12,30	0,01215	0,00275	3
20.06.2019	18:30:00	1,0120	1,0130	1,0119	25,5	480,00	36,66%	8,57	12,30	0,01215	0,00194	2
20.06.2019	01:30:00	1,0115	1,0125	1,0114	25,5	900,00	35,12%	8,21	12,90	0,01215	0,00145	1
21.06.2019	10:30:00	1,0115	1,0125	1,0114	25,5	1440,00	35,12%	8,21	13,90	0,01215	0,00119	1



Tabella di calcolo delle parti in
sospensione e dei diametri della terra SP1

CORNELIANO D'ALBA

- Codice terra: CO2
- Quantitativo analizzato: 1000 g
- Peso trattenuto (g): a seguito della setacciatura viene pesato il contenuto dei singoli setacci.
- Peso trattenuto (%): trattenuto nei setacci espresso in % sul totale.
- Cumulativo (%): sommatoria dei trattenuti.
- Peso passante (g): sommatoria delle parti passanti al setaccio.

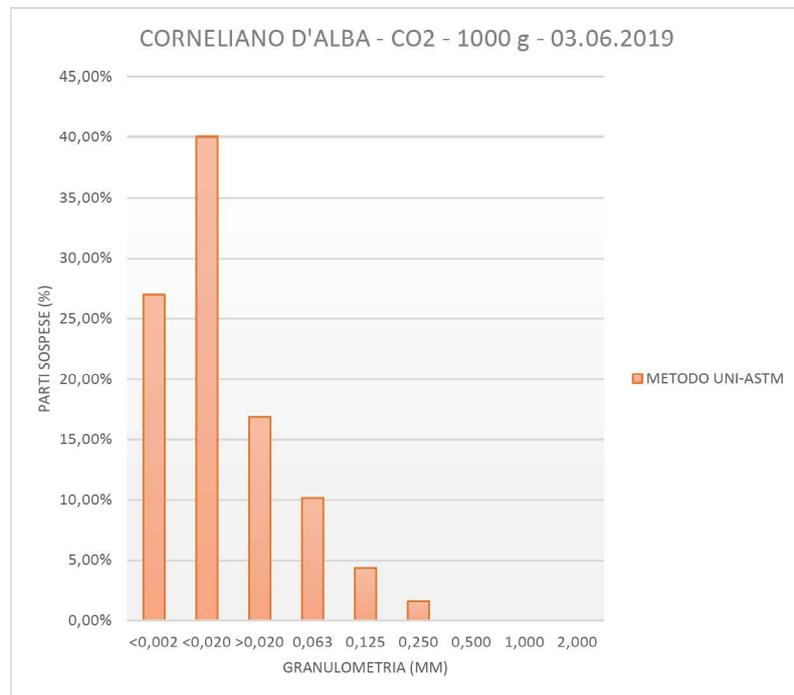
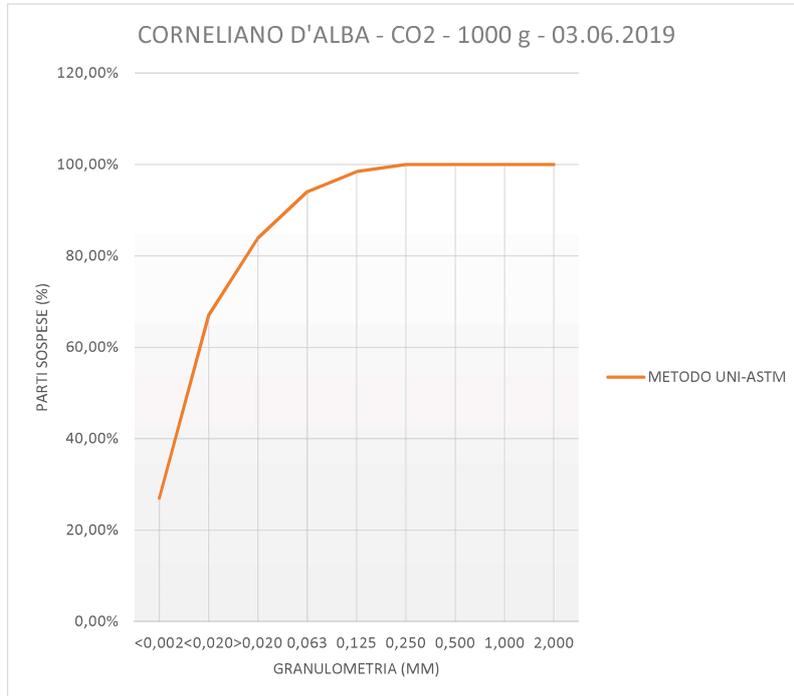
- Peso passante (%): passante espresso in % sul totale.

Il primo grafico A rappresenta la curva cumulativa dei trattenuti. Il grafico B il contenuto dei vari setacci. I valori relativi ai limi e alle argille sono stati presi in riferimento alle tabelle delle pagine successive. Il passante al setaccio 0.063 è stato analizzato attraverso l'analisi per sedimentazione che ha permesso di completare l'analisi granulometria inserendo nella tabella i relativi valori. Il passante era del 83,90 % che è stato suddiviso in un 27 % di argilla, un 40 % di limo fino e un 16,9 % di limo grosso.

CORNELIANO D'ALBA - CO2 - 1000 g - 03.06.2019						
METODO UNI-ASTM						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	270,00	27,00%	27,00%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	400,00	39,99%	66,99%	270,00	27,00%
>0,020	Limo grosso	169,00	16,90%	83,89%	670,00	66,99%
0,063	Sabbia fine	101,66	10,16%	94,05%	839,00	83,89%
0,125	Sabbia fine	43,62	4,36%	98,41%	940,66	94,05%
0,250	Sabbia fine	15,88	1,59%	100,00%	984,28	98,41%
0,500	Sabbia grossa	0,00	0,00%	100,00%	1000,16	100,00%
1,000	Sabbia grossa	0,00	0,00%	100,00%	1000,16	100,00%
2,000	Sabbia grossa	0,00	0,00%	100,00%	1000,16	100,00%
Totale		1000,16	100%			



Percentuali del trattenuto e del passante della terra CO2



A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni
 setaccio

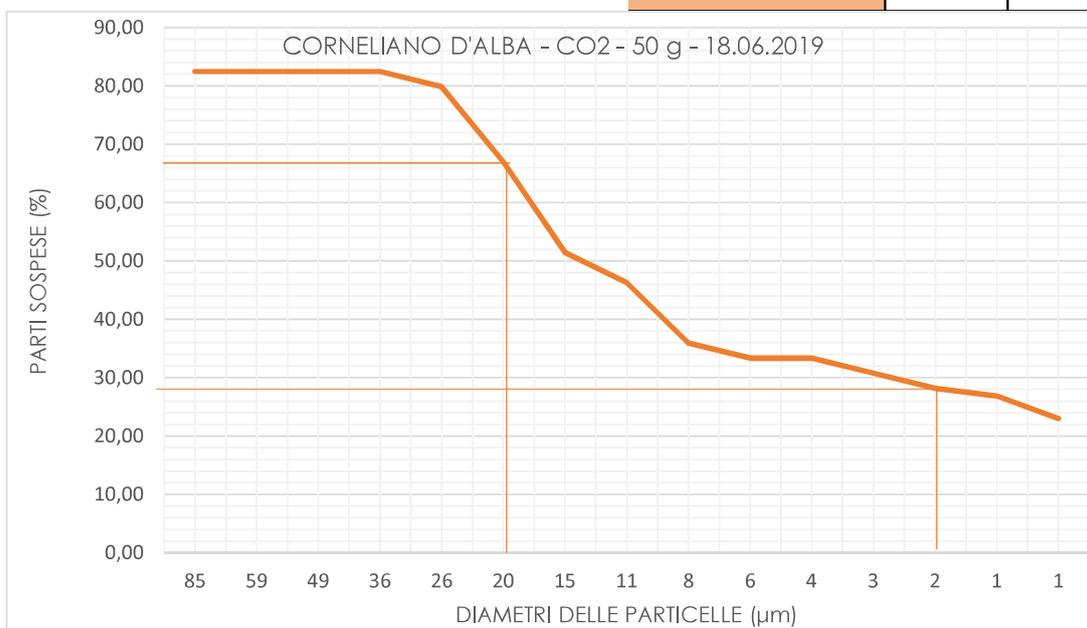
$$P (\%) = (1000/PS) * (Gs / (Gs - Ga)) * (Rc - 1)$$

- P% : particelle sospese
- Ps: peso secco del campione
- Gs : peso specifico dei granuli
- Ga : peso specifico dell'acqua
- Rc : lettura della densità corretta

$$D (\text{mm}) = K * (L/t)^{1/2}$$

- D (mm) : diametro delle particelle sospese
- K : costante dipendente dal peso specifico dei granuli
- L: costante dipendente dalla lettura dell'idrometro 151H.
- t: tempo trascorso dall'inizio del test
- I valori tabellari sono ritrovabili nella normativa ASTM D422-63.

DATI DI PARTENZA - CO2		
Tara del contenitore	17,00	g
Materiale analizzato	50,00	g
Antiflocculante	40,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,032	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm3
Peso secco del campione	50,00	g
Volume	1000,00	cm3
PERCENTUALI DA GRAFICO		
Passante al setaccio 0.063 mm	83,9	%
Argilla	27	%
Limo fine	40	%
Limo grosso	16,9	%



Dati per l'analisi di sedimentazione della terra CO2
 Curva cumulativa della terra CO2

CORNELIANO D'ALBA - CO2 - 50 g - 18.06.2019												
GIORNO	ORA	p LETTURA (g/cm3)	p LETTURA R (g/cm3)	p LETTURA Rc(g/cm3)	T (°C)	TEMPO (min)	PARTICELLE SOSPENSE %	PARTI SOSPENSE %	PROFONDITA' EFFETTIVA L (CM)	VALORI DI K	D. PART SOSPENSE (mm)	D. PART (µm)
18.06.2019	15:40:00											
18.06.2019	15:40:10	1,0320	1,0330	1,0319	25,5	0,16	98,29%	82,46	7,80	0,01215	0,08483	85
18.06.2019	15:40:20	1,0320	1,0330	1,0319	25,5	0,33	98,29%	82,46	7,80	0,01215	0,05907	59
18.06.2019	15:40:30	1,0320	1,0330	1,0319	25,5	0,50	98,29%	82,46	8,10	0,01215	0,04890	49
18.06.2019	15:41:00	1,0320	1,0330	1,0319	25,5	1,00	98,29%	82,46	8,60	0,01215	0,03563	36
18.06.2019	15:42:00	1,0310	1,0320	1,0309	25,5	2,00	95,21%	79,88	9,40	0,01215	0,02634	26
18.06.2019	15:44:00	1,0260	1,0270	1,0259	25,5	4,00	79,80%	66,95	10,70	0,01215	0,01987	20
18.06.2019	15:48:00	1,0200	1,0210	1,0199	25,5	8,00	61,31%	51,44	11,80	0,01215	0,01476	15
18.06.2019	15:55:00	1,0180	1,0190	1,0179	25,5	15,00	55,15%	46,27	12,10	0,01215	0,01091	11
18.06.2019	16:10:00	1,0140	1,0150	1,0139	25,5	30,00	42,83%	35,93	12,60	0,01215	0,00787	8
18.06.2019	16:40:00	1,0130	1,0140	1,0129	25,5	60,00	39,75%	33,35	12,90	0,01215	0,00563	6
18.06.2019	17:40:00	1,0130	1,0140	1,0129	25,5	120,00	39,75%	33,35	12,90	0,01215	0,00398	4
18.06.2019	19:40:00	1,0120	1,0130	1,0119	25,5	240,00	36,66%	30,76	12,90	0,01215	0,00282	3
18.06.2019	23:40:00	1,0110	1,0120	1,0109	25,5	480,00	33,58%	28,18	13,10	0,01215	0,00201	2
19.06.2019	06:40:00	1,0105	1,0115	1,0104	25,5	900,00	32,04%	26,88	13,40	0,01215	0,00148	1
19.06.2019	15:40:00	1,0090	1,0100	1,0089	25,5	1440,00	27,42%	23,01	13,90	0,01215	0,00119	1

Tabella di calcolo delle parti in
sospensione e dei diametri della terra CO2



MONTICELLO D'ALBA

- Codice terra: MO2
- Quantitativo analizzato: 1000 g
- Peso trattenuto (g): a seguito della setacciatura viene pesato il contenuto dei singoli setacci.
- Peso trattenuto (%): trattenuto nei setacci espresso in % sul totale.
- Cumulativo (%): sommatoria dei trattenuti.
- Peso passante (g): sommatoria delle parti passanti al setaccio.

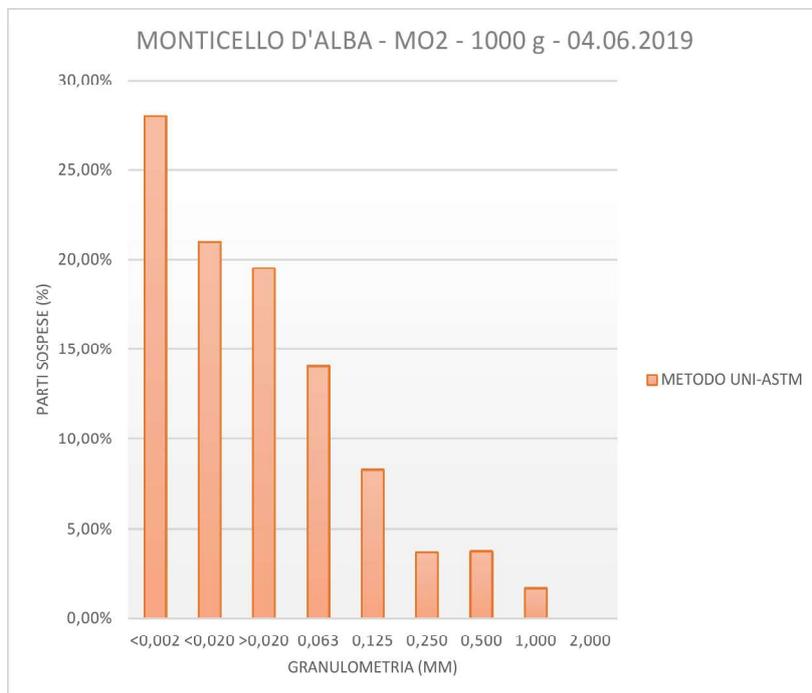
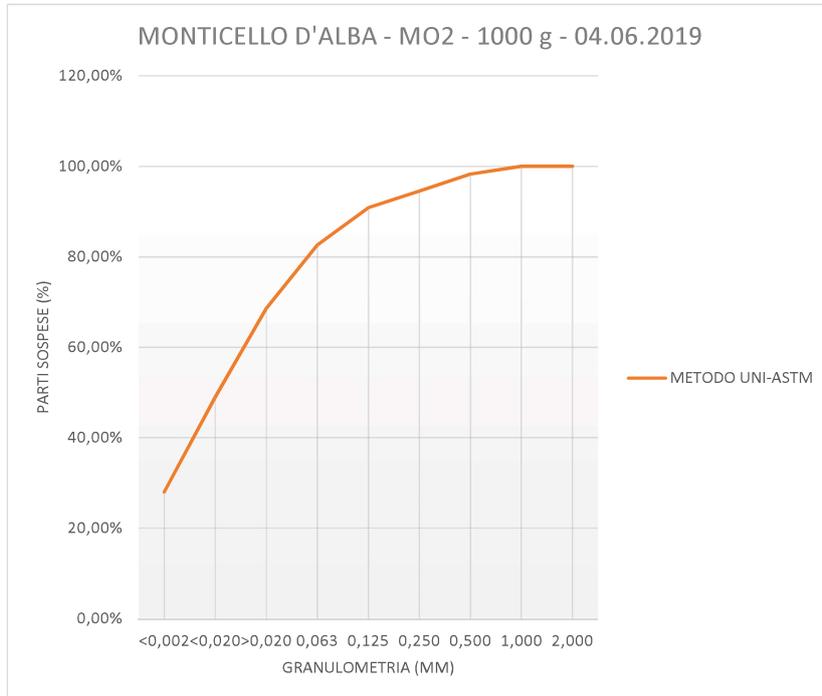
- Peso passante (%): passante espresso in % sul totale.

Il primo grafico A rappresenta la curva cumulativa dei trattenuti. Il grafico B il contenuto dei vari setacci. I valori relativi ai limi e alle argille sono stati presi in riferimento alle tabelle delle pagine successive. Il passante al setaccio 0.063 è stato analizzato attraverso l'analisi per sedimentazione che ha permesso di completare l'analisi granulometria inserendo nella tabella i relativi valori. Il passante era del 68,51 % che è stato suddiviso in un 28 % di argilla, un 21 % di limo fino e un 19,5 % di limo grosso.

MONTICELLO D'ALBA - MO2 - 1000 g - 04.06.2019						
METODO UNI-ASTM						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	280,00	28,00%	28,00%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	210,00	21,00%	49,00%	280,00	28,00%
>0,020	Limo grosso	195,10	19,51%	68,51%	490,00	49,00%
0,063	Sabbia fine	140,42	14,04%	82,56%	685,10	68,51%
0,125	Sabbia fine	82,70	8,27%	90,83%	825,52	82,56%
0,250	Sabbia fine	36,94	3,69%	94,52%	908,22	90,83%
0,500	Sabbia grossa	37,46	3,75%	98,27%	945,16	94,52%
1,000	Sabbia grossa	17,31	1,73%	100,00%	982,62	98,27%
2,000	Sabbia grossa	0,00	0,00%	100,00%	999,93	100,00%
Totale		999,93	100%			



Percentuali del trattenuto e del passante della terra MO2



A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni
 setaccio

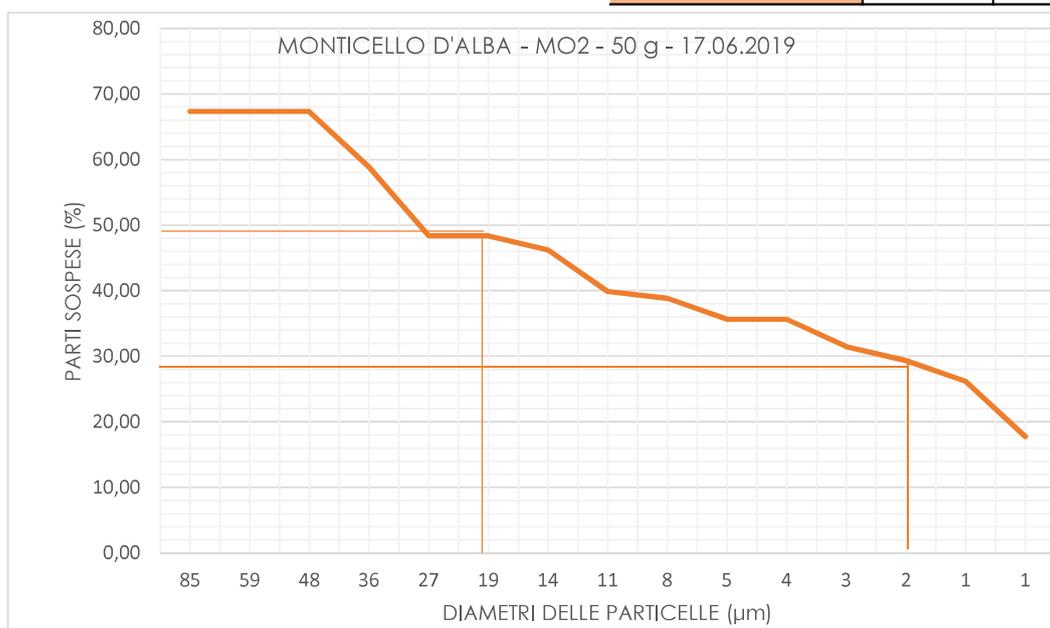
$$P (\%) = (1000/PS) * (Gs / (Gs - Ga)) * (Rc - 1)$$

- P% : particelle sospese
- Ps: peso secco del campione
- Gs : peso specifico dei granuli
- Ga : peso specifico dell'acqua
- Rc : lettura della densità corretta

$$D (\text{mm}) = K * (L/t)^{1/2}$$

- D (mm) : diametro delle particelle sospese
- K : costante dipendente dal peso specifico dei granuli
- L: costante dipendente dalla lettura dell'idrometro 151H.
- t: tempo trascorso dall'inizio del test
- I valori tabellari sono ritrovabili nella normativa ASTM D422-63.

DATI DI PARTENZA - MO2		
Tara del contenitore	17,00	g
Materiale analizzato	50,00	g
Antiflocculante	40,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,032	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm3
Peso secco del campione	50,00	g
Volume	1000,00	cm3
PERCENTUALI DA GRAFICO		
Passante al setaccio 0.063 mm	68,51	%
Argilla	28	%
Limo fine	21	%
Limo grosso	19,51	%



Dati per l'analisi di sedimentazione della terra MO2
 Curva cumulativa della terra MO2

MONTICELLO D'ALBA - MO2 - 50 g - 17.06.2019												
GIORNO	ORA	p LETTURA (g/cm ³)	p LETTURA R (g/cm ³)	p LETTURA Rc(g/cm ³)	T (°C)	TEMPO (min)	PARTICELLE SOSPENSE %	PARTI SOSPENSE %	PROFONDITA' EFFETTIVA L (CM)	VALORI DI K	D. PART SOSPENSE (mm)	D. PART (µm)
17.06.2019	16:42:00											
17.06.2019	16:42:10	1,0320	1,0330	1,0319	25,5	0,16	98,29%	67,34	7,800	0,01215	0,08483	85
17.06.2019	16:42:20	1,0320	1,0330	1,0319	25,5	0,33	98,29%	67,34	7,800	0,01215	0,05907	59
17.06.2019	16:42:30	1,0320	1,0330	1,0319	25,5	0,50	98,29%	67,34	7,800	0,01215	0,04799	48
17.06.2019	16:43:00	1,0280	1,0290	1,0279	25,5	1,00	85,96%	58,89	8,900	0,01215	0,03625	36
17.06.2019	16:44:00	1,0230	1,0240	1,0229	25,5	2,00	70,56%	48,34	10,200	0,01215	0,02744	27
17.06.2019	16:46:00	1,0230	1,0240	1,0229	25,5	4,00	70,56%	48,34	10,200	0,01215	0,01940	19
17.06.2019	16:50:00	1,0220	1,0230	1,0219	25,5	8,00	67,48%	46,23	10,500	0,01215	0,01392	14
17.06.2019	16:57:00	1,0190	1,0200	1,0189	25,5	15,00	58,23%	39,90	11,300	0,01215	0,01055	11
17.06.2019	17:12:00	1,0185	1,0195	1,0184	25,5	30,00	56,69%	38,84	11,500	0,01215	0,00752	8
17.06.2019	17:42:00	1,0170	1,0180	1,0169	25,5	60,00	52,07%	35,67	11,800	0,01215	0,00539	5
17.06.2019	18:42:00	1,0170	1,0180	1,0169	25,5	120,00	52,07%	35,67	11,800	0,01215	0,00381	4
17.06.2019	20:42:00	1,0150	1,0160	1,0149	25,5	240,00	45,91%	31,45	12,100	0,01215	0,00273	3
18.06.2019	00:42:00	1,0140	1,0150	1,0139	25,5	480,00	42,83%	29,34	12,600	0,01215	0,00197	2
18.06.2019	07:42:00	1,0125	1,0135	1,0124	25,5	900,00	38,21%	26,17	12,900	0,01215	0,00145	1
18.06.2019	16:42:00	1,0085	1,0095	1,0084	25,5	1440,00	25,88%	17,73	14,200	0,01215	0,00121	1



Tabella di calcolo delle parti in
sospensione e dei diametri della terra MO2

SANTA VITTORIA D'ALBA

- Codice terra: SV1
- Quantitativo analizzato: 1000 g
- Peso trattenuto (g): a seguito della setacciatura viene pesato il contenuto dei singoli setacci.
- Peso trattenuto (%): trattenuto nei setacci espresso in % sul totale.
- Cumulativo (%): sommatoria dei trattenuti.
- Peso passante (g): sommatoria delle parti passanti al setaccio.

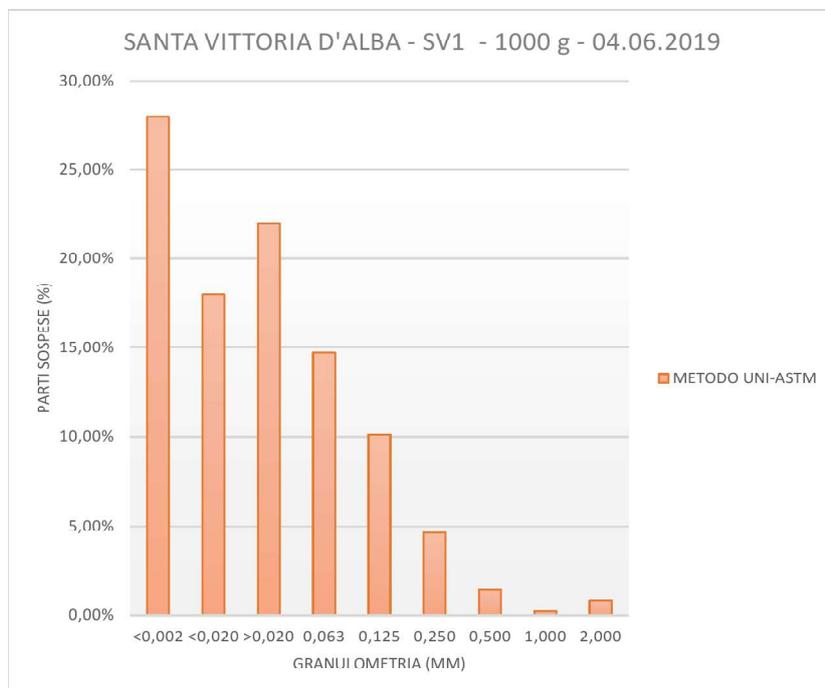
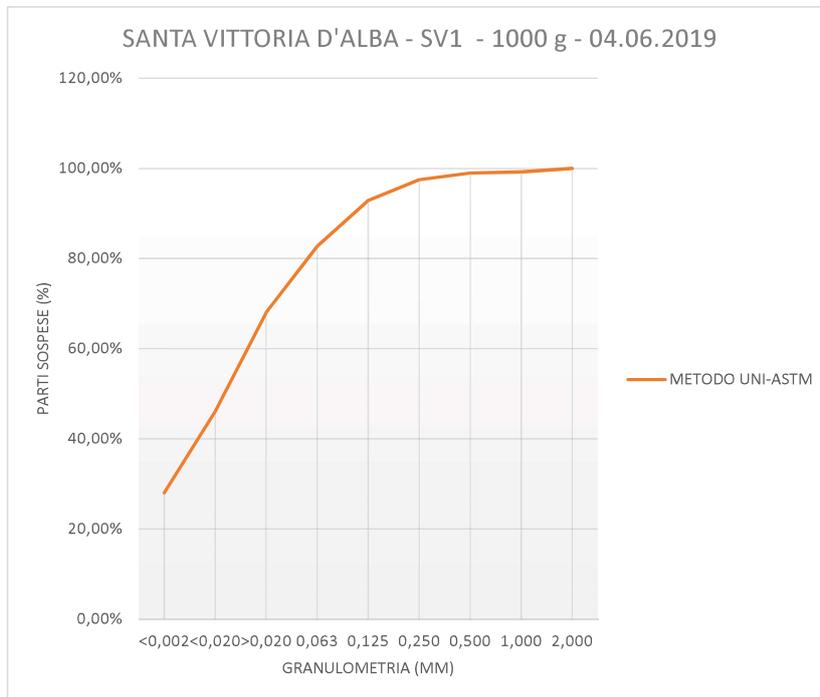
- Peso passante (%): passante espresso in % sul totale.

Il primo grafico A rappresenta la curva cumulativa dei trattenuti. Il grafico B il contenuto dei vari setacci. I valori relativi ai limi e alle argille sono stati presi in riferimento alle tabelle delle pagine successive. Il passante al setaccio 0.063 è stato analizzato attraverso l'analisi per sedimentazione che ha permesso di completare l'analisi granulometria inserendo nella tabella i relativi valori. Il passante era del 68,00 % che è stato suddiviso in un 28 % di argilla, un 18 % di limo fino e un 22 % di limo grosso.

SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1 - 1000 g - 04.06.2019						
METODO UNI-ASTM						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	280,00	28,00%	28,00%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	180,00	18,00%	46,00%	280,00	28,00%
>0,020	Limo grosso	220,00	22,00%	68,00%	460,00	46,00%
0,063	Sabbia fine	147,22	14,72%	82,72%	680,00	68,00%
0,125	Sabbia fine	101,34	10,13%	92,85%	827,22	82,72%
0,250	Sabbia fine	46,44	4,64%	97,49%	928,56	92,85%
0,500	Sabbia grossa	14,62	1,46%	98,96%	975,00	97,49%
1,000	Sabbia grossa	2,36	0,24%	99,19%	989,62	98,96%
2,000	Sabbia grossa	8,08	0,81%	100,00%	991,98	99,19%
Totale		1000,06	100%			



Percentuali del trattenuto e del passante della terra SV1



A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni setaccio

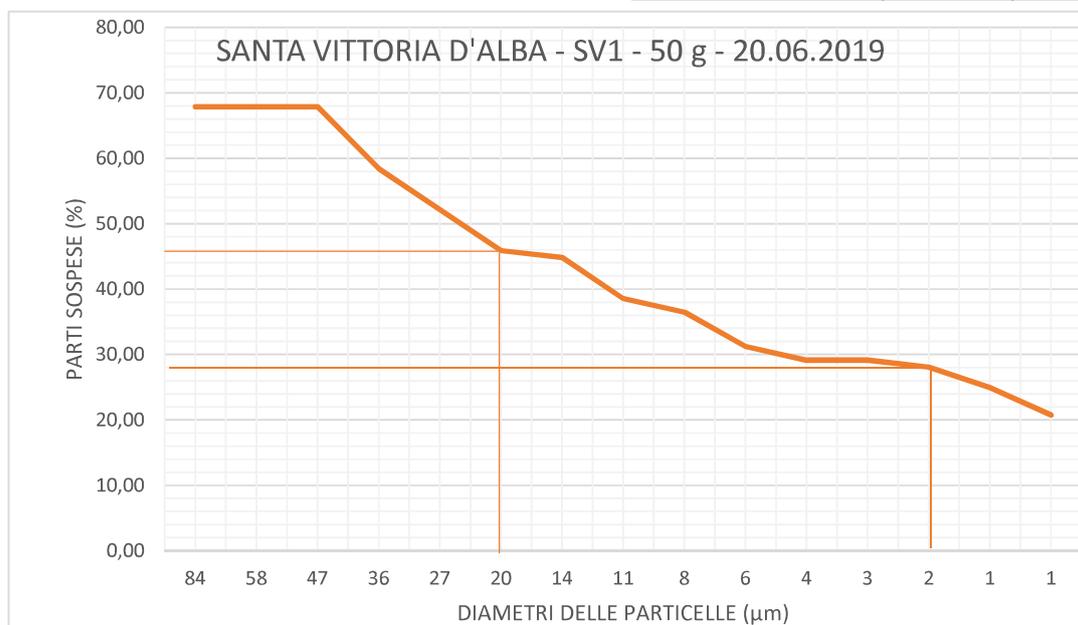
$$P (\%) = (1000/PS) * (Gs / (Gs - Ga)) * (Rc - 1)$$

- P% : particelle sospese
- Ps: peso secco del campione
- Gs : peso specifico dei granuli
- Ga : peso specifico dell'acqua
- Rc : lettura della densità corretta

$$D (\text{mm}) = K * (L/t)^{1/2}$$

- D (mm) : diametro delle particelle sospese
- K : costante dipendente dal peso specifico dei granuli
- L: costante dipendente dalla lettura dell'idrometro 151H.
- t: tempo trascorso dall'inizio del test
- I valori tabellari sono ritrovabili nella normativa ASTM D422-63.

DATI DI PARTENZA - SV1		
Tara del contenitore	17,00	g
Materiale analizzato	50,00	g
Antiflocculante	40,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,032	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm ³
Peso secco del campione	50,00	g
Volume	1000,00	cm ³
PERCENTUALI DA GRAFICO		
Passante al setaccio 0.063 mm	68	%
Argilla	28	%
Limo fine	18	%
Limo grosso	22	%



Dati per l'analisi di sedimentazione della
terra SV1
Curva cumulativa della terra SV1

SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1 - 50 g - 20.06.2019

GIORNO	ORA	p LETTURA (g/cm ³)	p LETTURA R (g/cm ³)	p LETTURA Rc(g/cm ³)	T (°C)	TEMPO (min)	PARTICELLE SOSPENSE %	PARTI SOSPENSE %	PROFONDITA' EFFETTIVA L (CM)	VALORI DI K	D. PART SOSPENSE (mm)	D. PART (µm)
20.06.2019	09:43:00											
20.06.2019	09:43:10	1,0325	1,0335	1,0324	25,5	0,16	99,83%	67,88	7,60	0,01215	0,08374	84
20.06.2019	09:43:20	1,0325	1,0335	1,0324	25,5	0,33	99,83%	67,88	7,60	0,01215	0,05831	58
20.06.2019	09:43:30	1,0325	1,0335	1,0324	25,5	0,50	99,83%	67,88	7,60	0,01215	0,04737	47
20.06.2019	09:44:00	1,0280	1,0290	1,0279	25,5	1,00	85,96%	58,45	8,90	0,01215	0,03625	36
20.06.2019	09:45:00	1,0250	1,0260	1,0249	25,5	2,00	76,72%	52,17	9,70	0,01215	0,02676	27
20.06.2019	09:47:00	1,0220	1,0230	1,0219	25,5	4,00	67,48%	45,88	10,50	0,01215	0,01969	20
20.06.2019	09:51:00	1,0215	1,0225	1,0214	25,5	8,00	65,94%	44,84	10,50	0,01215	0,01392	14
20.06.2019	09:58:00	1,0185	1,0195	1,0184	25,5	15,00	56,69%	38,55	11,30	0,01215	0,01055	11
20.06.2019	10:13:00	1,0175	1,0185	1,0174	25,5	30,00	53,61%	36,46	11,50	0,01215	0,00752	8
20.06.2019	10:43:00	1,0150	1,0160	1,0149	25,5	60,00	45,91%	31,22	12,30	0,01215	0,00550	6
20.06.2019	11:43:00	1,0140	1,0150	1,0139	25,5	120,00	42,83%	29,12	12,60	0,01215	0,00394	4
20.06.2019	13:43:00	1,0140	1,0150	1,0139	25,5	240,00	42,83%	29,12	12,60	0,01215	0,00278	3
20.06.2019	17:43:00	1,0135	1,0145	1,0134	25,5	480,00	41,29%	28,07	12,60	0,01215	0,00197	2
20.06.2019	00:43:00	1,0120	1,0130	1,0119	25,5	900,00	36,66%	24,93	13,10	0,01215	0,00147	1
21.06.2019	09:43:00	1,0100	1,0110	1,0099	25,5	1440,00	30,50%	20,74	13,70	0,01215	0,00119	1



Tabella di calcolo delle parti in
sospensione e dei diametri della terra SV1

9.3 METODO AGRONOMICO

Il metodo agronomico illustra un'alternativa alle normali procedure accademiche facilitando e semplificando i passaggi per la determinazione delle caratteristiche dei materiali per offrire un'alternativa accessibile alle imprese locali.

Questo tipo di analisi valuta solo le caratteristiche delle terre e trascura l'analisi relativa alla sabbia STR perchè si fa affidamento alle caratteristiche delle schede tecniche rilasciate dalla cava di Stroppiana S.R.L.

Lo scopo dell'analisi è conoscere il contenuto di argilla delle singole terre per comprendere il contenuto di sabbia da aggiungere all'impasto per smagrire il quantitativo di legante.

Le terre sono state inizialmente lavorate presso il Laboratorio Cascina Pranda dell'impresa edile Fratelli Sartore avente sede in Monticello d'Alba (Cn). Successivamente, sono state eseguite delle prove dette "da campo", attuate in ambito cantieristico per un primo approccio conoscitivo al materiale.

Infine, l'analisi granulometrica è stata eseguita presso il laboratorio EnoCronControl di Alba (Cn) secondo delle procedure utilizzate per lo studio granulometrico dei terreni vitivinicoli.

Nelle pagine successive verranno spiegate accuratamente le varie metodologie applicate.

PREPARAZIONE DEI CAMPIONI DA ANALIZZARE

1. • Macinazione e miscelazione del campione

PROVE DA CAMPO

2. • Prova al tatto
3. • Prova del lavaggio
4. • Prova di sedimentazione

SETACCIATURA A UMIDO

5. • Metodo della pipetta

PREPARAZIONE DEI CAMPIONI DA ANALIZZARE

Nella fase di estrazione del campione era stata eseguita una prima setacciatura del materiale raccolto, al fine di eliminare la parte organica. Presso il laboratorio dell'impresa edile le terre sono state essiccate per un mese all'interno di contenitori di plastica senza coperchio per far evaporare l'acqua in eccesso. Successivamente, le terre sono state macinate all'interno di una molazza per un tempo di 10 minuti. La macinazione ha lo scopo di disgregare i grumi di terra affinando la materia terra.

Maggiore è il tempo di macinazione, maggiore sarà il grado di disgregazione del materiale.

Inoltre, se le terre non sono perfettamente essiccate durante la macinazione e sono composte da un alto contenuto di argilla, l'acqua contenuta contribuisce ad impastare il materiale lavorato e a creare dei composti compatti e di difficile disgregazione. È importante che il materiale sia ben essiccato per ovviare a questa problematica. Sono stati macinati 4 kg di materiale alla volta costituiti dall'unione di due prelievi di 2 kg effettuati nello stesso sedimento. Ricordiamo che la miscelazione dei due



Macinazione del campione con la molazza

Foto dell'autore

prelievi ha lo scopo di creare un campione che rappresenta le caratteristiche medie del sedimento.

PROVE DA CAMPO

Le prove da campo contribuiscono ad un'analisi preliminare delle terre. Sono prove che non forniscono dati quantificabili ma che esprimono risultati al tatto o alla vista¹².

- Prova al tatto: si prende una quantità di terra essiccata e si sgretola fra le dita. Se la terra al tatto dà una sensazione abrasiva avrà un maggiore contenuto di sabbia mentre se non dà questa sensazione sarà una terra limosa/argillosa. Delle sei terre analizzate le terre SP1 e BA1 sono le uniche a dare una sensazione abrasiva, segno di una componente sabbiosa preponderante.
- Prova del lavaggio: è una prova che consiste nel valutare il contenuto di argilla in un terreno. La terra viene impastata con acqua fino al raggiungimento dello stato plastico. Se la terra rimane compatta ed è di difficile disgregazione avrà un alto contenuto di argilla. La terra con codice SP risulta la meno compatta e a tende scivola-

re con maggior facilità dalle mani, segno di un alto contenuto di sabbia. Le terre con codice CE2, BA1, CO2, MO2 e SV1 sono molto compatte e tendono ad aderire al supporto di lavoro, segno di un alto contenuto di argilla.

- Prova di sedimentazione: la seguente prova è quella maggiormente utilizzata e che fornisce un risultato visibile di una buona precisione. Il metodo è anche utilizzato dall'impresa Fratelli Sartore e consiste nell'osservazione della sedimentazione di un contenuto di terra immerso in un litro di acqua. Si riempie un cilindro graduato di capacità 1 litro di acqua in cui si mette un quarto di volume di terra e tre quarti di volume di acqua. Si agita il contenitore per dieci volte e si lascia decantare il contenuto per un'ora al fine di inumidire il composto. Poi si agita nuovamente il contenuto per dieci volte e si lascia riposare per un giorno lasciando che la terra sedimenti per granulometria. Alla fine del test si osserva ad occhio nudo la stratigrafia del terreno stratificato.

Dalle prove da campo eseguite sulle sei terre è risultato che la terra SP è una terra sabbiosa mentre le altre terre hanno un maggior contenuto di argilla. La terra BA1 ha una componente sabbiosa ma dalla prova di lavaggio risulta

12 Roberto Pennacchio, Tecnologie per il recupero di costruzioni in terra battuta in Piemonte, Tesi di dottorato, Politecnico di Torino, 2015.

rimanere compatta dimostrando un elevato contenuto di argilla.

SETACCIATURA A UMIDO:

L'analisi granulometrica è stata condotta presso il laboratorio Enocontrol di Alba specializzato in analisi chimiche e fisiche sulle caratteristiche dei terreni agricoli e sul rilascio delle certificazioni di idoneità dei prodotti vitivinicoli.

Il laboratorio di analisi granulometrica utilizza la metodologia sottoscritta dal D.M 13.09.1999¹³ del ministero delle politiche agricole. La metodologia utilizzata è quella della setacciatura ad umido per sedimentazione o metodo della pipetta.

La metodologia si basa sulla rivelazione della sospensione di alcune particelle con diametro inferiore a 200 μm a diverse altezze e con tempi prestabiliti. Il test è influenzato dalla temperatura, dal tempo di prelievo, dalla profondità del cilindro di analisi e dalla massa volumica reale delle particelle che è ricavabile da una semplificazione della legge di Stokes in cui si sostituisce alla velocità di sedimentazione il rapporto di spazio tempo.

Per la caratterizzazione del campione di analisi occorre garantire una dispersione ottimale dei granuli presenti nel campione di analisi. Si procede attraverso la disaggregazione dei composti

mediante antifloculanti, reagenti separatori, specificati nella normativa di riferimento. È stato utilizzato l'esametafosfato di sodio secondo le procedure della norma.

In un contenitore di vetro da 500 ml sono stati inseriti 250 ml di acqua, 40 g di esametafosfato di sodio e 10 g di carbonato di sodio. Il fluido è stato agitato attraverso un agitatore elettromagnetico fino alla completa solubilizzazione dei reagenti inseriti. Successivamente, il composto è stato trasferito in un cilindro graduato da 1000 ml e si è portato il composto a volume con acqua distillata. La soluzione preparata sarà utilizzata per tutte le terre analizzate. La norma prevede che vengano analizzati 40 g di terra a cui si aggiungono solo 10 ml della soluzione precedentemente preparata contenente l'esametafosfato di sodio e il carbonato di calcio. Il composto viene trasferito in un cilindro di sedimentazione da 1000 ml facendolo passare per un setaccio a maglie da 0,2 mm. Si procede con l'essiccazione a bagnomaria in una stufa a 105° del trattenuto al setaccio che successivamente viene pesato e registrato come massa con codice S. Il trattenuto corrisponde alla frazione terrosa delle sabbie grosse.

Il composto passante al setaccio di maglia di 0,2 mm viene versato all'interno del cilindro di sedimentazione e viene aggiunta nuovamente dell'acqua fino a

13 DECRETO MINISTERIALE 13 settembre 1999, Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo".

volume. Il composto viene miscelato con l'agitatore elettronico e in seguito inizia la fase di rilevazione delle frazioni dei limi grossi, dei limi fini e dell'argilla. Il contenuto delle sabbie fini sarà dato dalla differenza delle parti rilevate rispetto al totale.

A miscelazione completata vengono prelevati con una pipetta di volume noto (V_p), denominato "levigatore di Andreasen", le particelle in sospensione ad altezze prestabilite per differenti tempi prestabiliti e i prelievi vengono trasferiti in capsule tarate.

La profondità del prelievo è calcolata dalla superficie della so-

spensione.

I contenuti delle capsule vengono essiccati in stufa a 105° e pesati per quantificarne il contenuto. Nella seguente tabella vengono riportati i valori dei tempi di sedimentazione per un campione di riferimento da normativa.

Nelle pagine seguenti sono riportati i calcoli utilizzati, le tabelle illustranti i valori calcolati e le curve cumulative di riferimento delle sei terre analizzate. I dati illustrati forniscono delle informazioni suddividendo il terreno in cinque frazioni:

- Sabbia grossa: $> 200 \mu\text{m}$

Diametro delle particelle non sedimentate	Tempo di sedimentazione	Profondità di prelievamento	Frazione
$< 50 \mu\text{m}$	1'55''	25 cm	b
$< 20 \mu\text{m}$	4'48''	10 cm	c
$< 2 \mu\text{m}$	8 h	10 cm	d

- Sabbia fine: > 50 μm
- Limo Grosso: > 20 μm
- Limo fine: > 2 μm
- Argille: < 2 μm

Per poter confrontare i dati del metodo agronomico con quello UNI-ASTM sono stati realizzati ulteriori tabelle e grafici che semplificano i dati dei laboratori di ricerca del DISET.

Il metodo prevedeva la suddivisione del terreno in nove categorie che sono state accorpate in cinque sotto categorie confrontabili con il metodo attuato dal laboratorio Enocontrol di Alba.

I grafici cumulativi e le percentuali dei trattenuti sono stati inseriti nei grafici del metodo agronomico per facilitare e mostrare il confronto.

La comparazione mostra dei risultati simili per alcune frazioni di terreno mentre mostra delle differenze consistenti per altre. La diversità dei risultati è determinata dalle seguenti motivazioni:

- I metodi utilizzati hanno una media precisione influenzata dalla taratura degli strumenti e dalla temperatura dell'ambiente.
- I metodi sono influenzati dalla precisione dell'operatore nella lettura dei dati strumentali.
- Il laboratorio del DISEG utilizza i setacci UNI per la determinazione delle percentuali della frazione sabbia considerando sabbia grossa i valori compresi

fino a 0,25 mm. Il laboratorio Enocontrol utilizza un setaccio a maglie di 0,2 mm e la parte di sabbie fini è determinata per sottrazione dal totale meno tutte le altre parti.

- L'analisi per sedimentazione è strettamente correlata alla modalità di miscelazione, ai tempi di misurazione e alle letture dell'idrometro. Inoltre, le letture delle percentuali dei trattenuti sono ricavate attraverso un procedimento inverso di lettura del grafico delle percentuali cumulative.
- La setacciatura a umido è influenzata dalle modalità di miscelazione, dai tempi di misurazione e dall'essiccazione del trattenuto della capsula.

In allegato ai grafici e alle tabelle viene fatta una riflessione per ogni terra analizzata.



Laboratorio Enocontrol
Cilindri di sedimentazione e levigatore di
Andreasen
Foto dell'autore

CERESOLE D'ALBA - CE2

La quantità percentuale delle diverse particelle è espressa in % dalle seguenti relazioni:

$$\% \text{ Sabbia grossa} = S \cdot 100 / M$$

% Sabbia fine = Differenza rispetto al totale in %

$$\% \text{ Limo grosso} = ((B - C) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Limo fine} = ((C - D) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Argilla} = ((D - E) \cdot 100) / M$$

$$B = b \cdot R$$

$$C = c \cdot R$$

$$D = d \cdot R$$

$$R: V_t / V_p$$

- S: massa trattenuta al setaccio con maglie di 0,2 mm
- b: massa della frazione di limo grosso
- c: massa della frazione di limo fine
- d: massa della frazione di argilla
- E: quantità di sodio esametafosfato presente nel volume prelevato (valore prestabilito da normativa = 0,005 g)
- M: massa della terra fine analizzata (40 g)
- V_t: volume totale della sospensione di terra fine (1000 ml)
- V_p: volume della sospensione prelevato con la pipetta (10 ml)

DATI DI PARTENZA		
Materiale analizzato	40,00	g
Anti-flocculante	10,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,026	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm ³
Peso secco del campione	40,00	g
Volume	1000,00	cm ³
V _t	1000,00	ml
V _p	10,00	ml
RILEVAZIONI STRUMENTALI		
Trattenuto al setaccio 0,25 mm	4,16	g
b	0,268	g/ml
c	0,2	g/ml
d	0,0916	g/ml
E	0,005	g
VALORI DELLE CONCENTRAZIONI		
R	100	ml
B	26,800	g
C	20,000	g
D	9,160	g
Dc	9,155	g
PERCENTUALI DELLE FRAZIONI		
% Sabbia grossa	10,4	%
% Sabbia fine	22,6	%
% limo grosso	17,0	%
% limo fine	27,1	%
% argilla	22,9	%



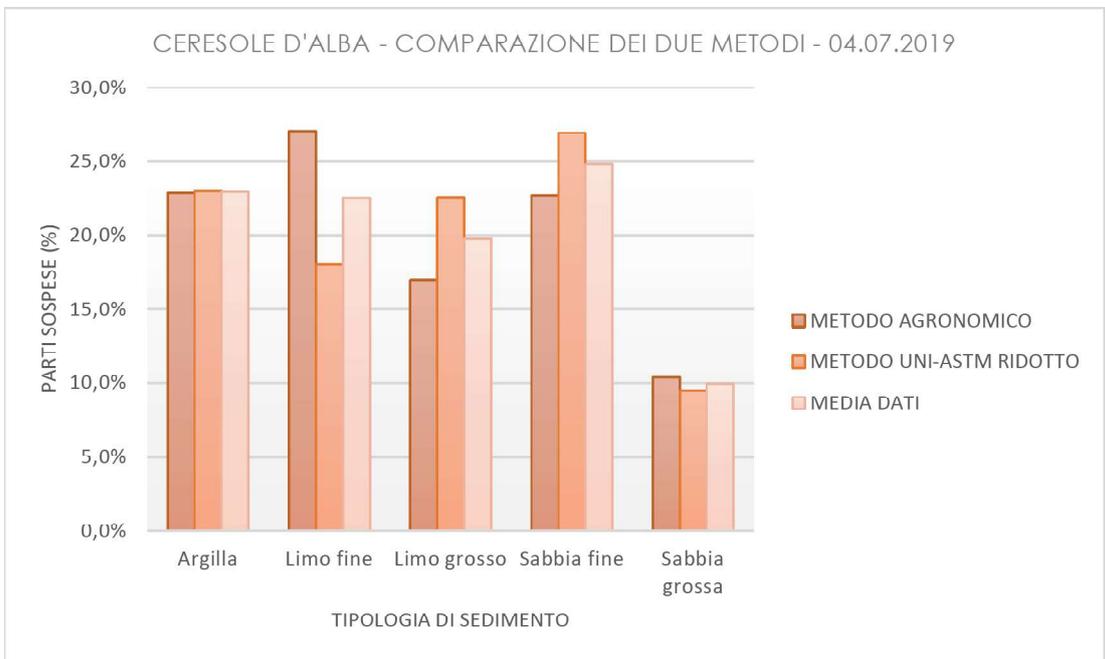
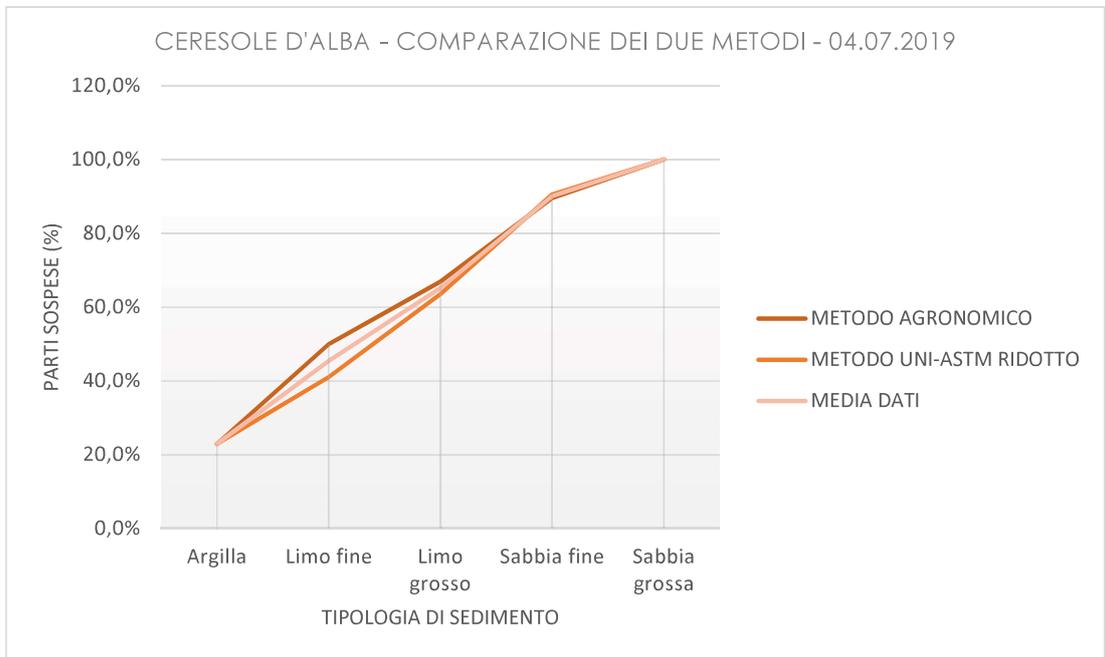
Calcoli delle percentuali delle frazioni

CERESOLE D'ALBA - CE2 - 40 g - 04.07.2019					
METODO AGRONOMICO					
Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
Argilla	9,16	22,9%	22,9%	0,00	0,00%
Limo fine	10,84	27,1%	50,0%	9,16	22,88%
Limo grosso	6,80	17,0%	66,9%	20,00	49,95%
Sabbia fine	9,08	22,7%	89,6%	26,80	66,93%
Sabbia grossa	4,16	10,4%	100,0%	35,88	89,61%
Totale	40,04	100%			

CERESOLE D'ALBA - 1000 g - 04.07.2019						
METODO UNI-ASTM RIDOTTO						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	230,00	23,01%	23,01%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	180,00	18,01%	41,02%	230,00	23,01%
>0,020	Limo grosso	225,40	22,55%	63,57%	410,00	41,02%
0,063	Sabbia fine	269,18	26,93%	90,50%	635,40	63,57%
0,250	Sabbia grossa	94,92	9,50%	100,00%	904,58	90,50%
Totale		999,50	100%			

^

Percentuali del trattenuto e del passante della terra CE secondo i due metodi



^
 A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni
 setaccio

CERESOLE D'ALBA - CE2
CONFRONTO METODOLOGIE

(METODO UNI-ASTM) -(METODO AGRONOMICO)					
MEDIA DATI					
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Δ Peso trattenuto (%)	Peso trattenuto medio (%)	Cum. Medio (%)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	0,13%	22,94%	22,94%	0,00%
<0,020	Limo fine	-9,06%	22,54%	45,49%	22,94%
>0,020	Limo grosso	5,57%	19,77%	65,25%	45,49%
0,063	Sabbia fine	4,25%	24,80%	90,06%	65,25%
0,250	Sabbia grossa	-0,89%	9,94%	100,00%	90,06%
Totale		0,00%	100,00%		

Confrontando le due metodologie utilizzate per lo studio della granulometria delle terre a codice CE2 si arriva alle seguenti conclusioni:

- Sabbia grossa: il Δ risulta essere negativo. La differenza di risultati è legata al tipo di setaccio utilizzato. Per il metodo accademico è stato utilizzato un setaccio UNI con apertura di 0,25 mm, per il metodo agronomico un setaccio con maglie di 0,2 mm. La differenza risulta essere minore dell'1 % confermando una percentuale di sabbia grossa compresa di circa 10 % sul totale.
- Sabbia fine: è il risultato meno attendibile perchè si porta dietro la sommatoria di tutti gli errori commessi nelle varie misurazioni. Nel metodo accademico è il risultato della differenza rispetto al totale di tutte le altre frazioni e nel metodo accademico, alcuni grani di limo e argilla, potrebbero essersi attaccati ai grani della frazione delle sabbie fini a causa dell'umidità dell'aria dei locali. La variazione è del 4,25 %.
- Limo: le variazioni dei valori del limo sono influenzate dalla temperatura del locale, dalla taratura degli strumenti, dal tempo di misurazione e dalla precisione dell'operatore. I dati prodotti hanno delle frazioni che arrivano ad una differenza del 9,06 %.
- L'argilla risulta essere il dato più attendibile con un delta del 0,13 %. La motivazione è legata al tempo della misurazione che avviene dopo 8h di sedimentazione.

BALDISSERO D'ALBA - BA1

La quantità percentuale delle diverse particelle è espressa in % dalle seguenti relazioni:

$$\% \text{ Sabbia grossa} = S \cdot 100 / M$$

% Sabbia fine = Differenza rispetto al totale in %

$$\% \text{ Limo grosso} = ((B - C) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Limo fine} = ((C - D) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Argilla} = ((D - E) \cdot 100) / M$$

$$B = b \cdot R$$

$$C = c \cdot R$$

$$D = d \cdot R$$

$$R: Vt / Vp$$

- S: massa trattenuta al setaccio con maglie di 0,2 mm
- b: massa della frazione di limo grosso
- c: massa della frazione di limo fine
- d: massa della frazione di argilla
- E: quantità di sodio esametafosfato presente nel volume prelevato (valore prestabilito da normativa = 0,005 g)
- M: massa della terra fine analizzata (40 g)
- Vt: volume totale della sospensione di terra fine (1000 ml)
- Vp: volume della sospensione prelevato con la pipetta (10 ml)

DATI DI PARTENZA		
Materiale analizzato	40,00	g
Anti-flocculante	10,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,026	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm ³
Peso secco del campione	40,00	g
Volume	1000,00	cm ³
Vt	1000,00	ml
Vp	10,00	ml
RILEVAZIONI STRUMENTALI		
Trattenuto al setaccio 0,25 mm	8,64	g
b	0,1984	g/ml
c	0,1556	g/ml
d	0,0784	g/ml
E	0,005	g
VALORI DELLE CONCENTRAZIONI		
R	100	ml
B	19,840	g
C	15,560	g
D	7,840	g
Dc	7,835	g
PERCENTUALI DELLE FRAZIONI		
% Sabbia grossa	21,6	%
% Sabbia fine	28,8	%
% limo grosso	10,7	%
% limo fine	19,3	%
% argilla	19,6	%



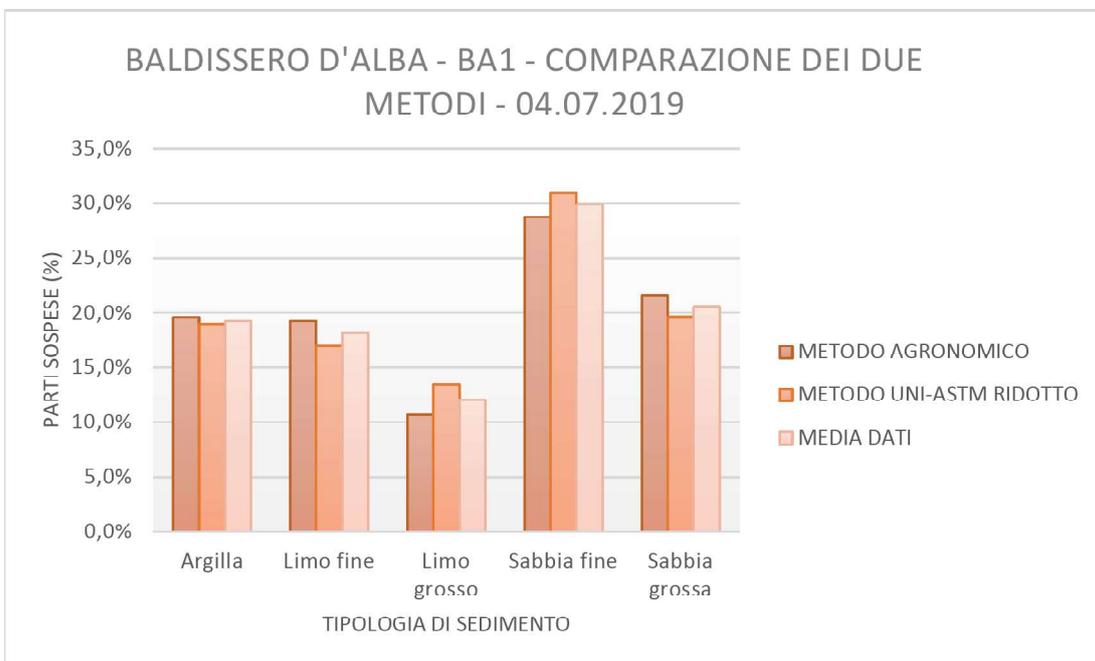
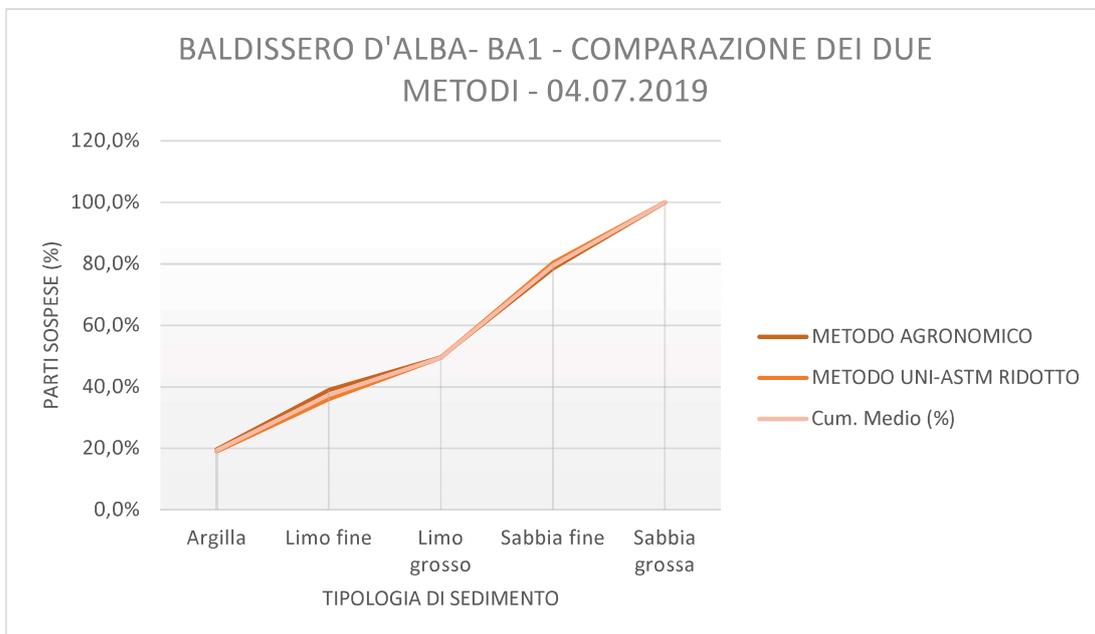
Calcoli delle percentuali delle frazioni

BALDISSERO D'ALBA - BA1 - 40 g - 04.07.2019					
METODO AGRONOMICO					
Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
Argilla	7,84	19,6%	19,6%	0,00	0,00%
Limo fine	7,72	19,3%	38,9%	7,84	19,60%
Limo grosso	4,28	10,7%	49,6%	15,56	38,90%
Sabbia fine	11,52	28,8%	78,4%	19,84	49,60%
Sabbia grossa	8,64	21,6%	100,0%	31,36	78,40%
Totale	40,00	100%			

BALDISSERO D'ALBA - BA1 - 1000 g - 04.07.2019						
METODO UNI-ASTM RIDOTTO						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	190,00	18,99%	18,99%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	170,00	16,99%	35,98%	190,00	18,99%
>0,020	Limo grosso	134,50	13,44%	49,43%	360,00	35,98%
0,063	Sabbia fine	309,83	30,97%	80,39%	494,50	49,43%
0,250	Sabbia grossa	196,16	19,61%	100,00%	804,33	80,39%
Totale		1000,49	100%			

^

Percentuali del trattenuto e del passante della terra BA secondo i due metodi



^
 A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni setaccio

BALDISSERO D'ALBA - BA1
CONFRONTO METODOLOGIE

(METODO UNI-ASTM) -(METODO AGRONOMICO)					
MEDIA DATI					
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Δ Peso trattenuto (%)	Peso trattenuto medio (%)	Cum. Medio (%)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	-0,61%	19,30%	19,30%	0,00%
<0,020	Limo fine	-2,31%	18,15%	37,44%	19,30%
>0,020	Limo grosso	2,74%	12,07%	49,51%	37,44%
0,063	Sabbia fine	2,17%	29,88%	79,40%	49,51%
0,250	Sabbia grossa	-1,99%	20,60%	100,00%	79,40%
Totale		0,00%	100,00%		

Confrontando le due metodologie utilizzate per lo studio della granulometria delle terre a codice BA1 si arriva alle seguenti conclusioni:

- Sabbia grossa: il Δ risulta essere negativo. La differenza di risultati è legata al tipo di setaccio utilizzato. Per il metodo accademico è stato utilizzato un setaccio UNI con apertura di 0,25 mm, per il metodo agronomico un setaccio con maglie di 0,2 mm. La differenza risulta essere minore dell'2 % confermando una percentuale di sabbia grossa compresa di circa 20,60 % sul totale.
- Sabbia fine: è il risultato meno attendibile perchè si porta dietro la sommatoria di tutti gli errori commessi nelle varie misurazioni. Nel metodo accademico è il risultato della differenza rispetto al totale di tutte le altre frazioni e nel metodo accademico, alcuni grani di limo e argilla, potrebbero essersi attaccati ai grani della frazione delle sabbie fini a causa dell'umidità dell'aria dei locali. La variazione è del 2,17 %.
- Limo: le variazioni dei valori del limo sono influenzate dalla temperatura del locale, dalla taratura degli strumenti, dal tempo di misurazione e dalla precisione dell'operatore. I dati prodotti hanno delle frazioni che arrivano ad una differenza del 2,74 %.
- L'argilla risulta essere il dato più attendibile con un delta del 0,61 %. La motivazione è legata al tempo della misurazione che avviene dopo 8h di sedimentazione.

SOMMARIVA PERNO - SP1

La quantità percentuale delle diverse particelle è espressa in % dalle seguenti relazioni:

$$\% \text{ Sabbia grossa} = S \cdot 100 / M$$

% Sabbia fine = Differenza rispetto al totale in %

$$\% \text{ Limo grosso} = ((B - C) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Limo fine} = ((C - D) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Argilla} = ((D - E) \cdot 100) / M$$

$$B = b \cdot R$$

$$C = c \cdot R$$

$$D = d \cdot R$$

$$R: Vt / Vp$$

- S: massa trattenuta al setaccio con maglie di 0,2 mm
- b: massa della frazione di limo grosso
- c: massa della frazione di limo fine
- d: massa della frazione di argilla
- E: quantità di sodio esametafosfato presente nel volume prelevato (valore prestabilito da normativa = 0,005 g)
- M: massa della terra fine analizzata (40 g)
- Vt: volume totale della sospensione di terra fine (1000 ml)
- Vp: volume della sospensione prelevato con la pipetta (10 ml)

DATI DI PARTENZA		
Materiale analizzato	40,00	g
Anti-flocculante	10,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,026	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm ³
Peso secco del campione	40,00	g
Volume	1000,00	cm ³
Vt	1000,00	ml
Vp	10,00	ml
RILEVAZIONI STRUMENTALI		
Trattenuto al setaccio 0,25 mm	20,92	g
b	0,0948	g/ml
c	0,0724	g/ml
d	0,03	g/ml
E	0,005	g
VALORI DELLE CONCENTRAZIONI		
R	100	ml
B	9,480	g
C	7,240	g
D	3,000	g
Dc	2,995	g
PERCENTUALI DELLE FRAZIONI		
% Sabbia grossa	52,3	%
% Sabbia fine	24,0	%
% limo grosso	5,6	%
% limo fine	10,6	%
% argilla	7,5	%



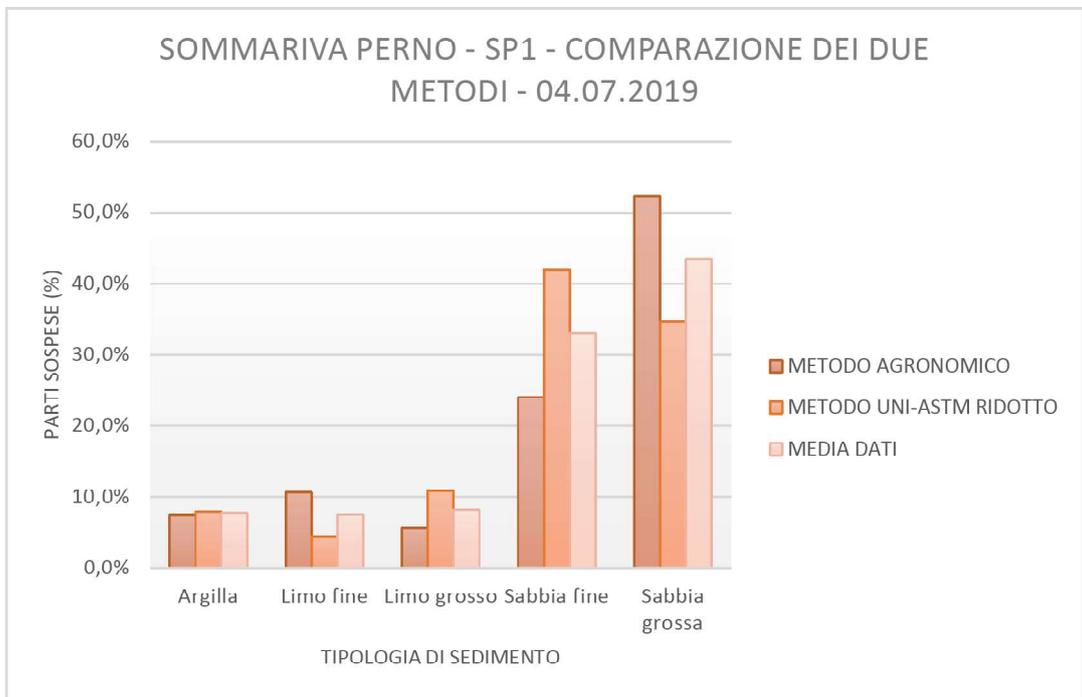
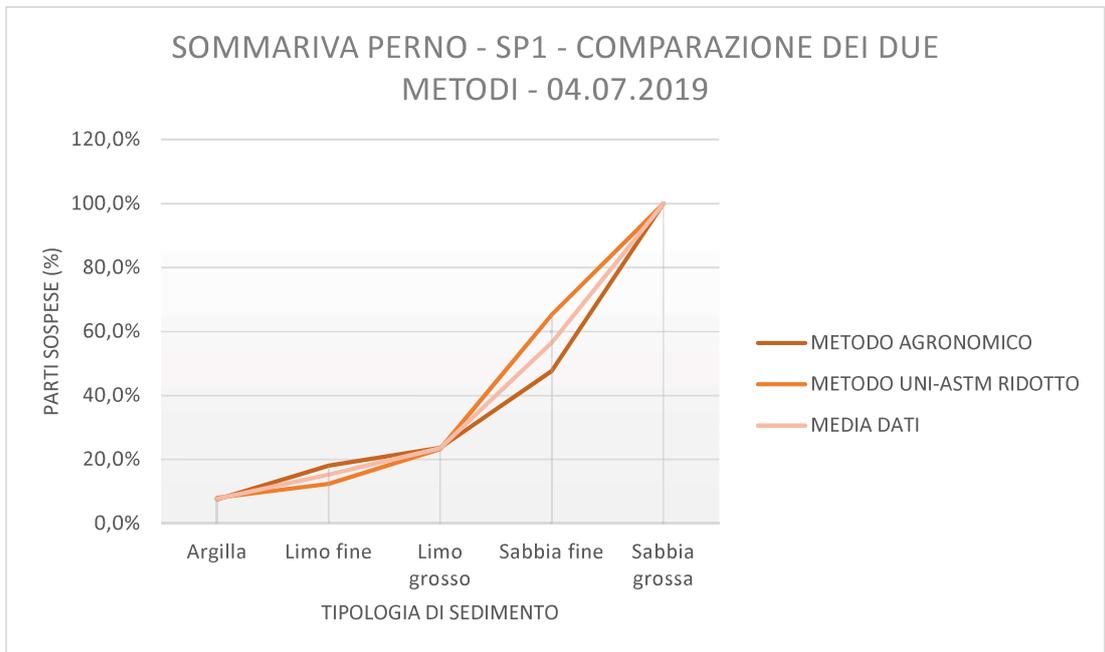
Calcoli delle percentuali delle frazioni

SOMMARIVA PERNO - SP1 - 40 g - 04.07.2019					
METODO AGRONOMICO					
Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
Argilla	3,00	7,5%	7,5%	0,00	0,00%
Limo fine	4,24	10,6%	18,1%	3,00	7,50%
Limo grosso	2,24	5,6%	23,7%	7,24	18,10%
Sabbia fine	9,60	24,0%	47,7%	9,48	23,70%
Sabbia grossa	20,92	52,3%	100,0%	19,08	47,70%
Totale	40,00	100%			

SOMMARIVA PERNO - SP1 - 1000 g - 04.07.2019						
METODO UNI-ASTM RIDOTTO						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	80,00	7,96%	7,96%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	45,00	4,48%	12,44%	80,00	7,96%
>0,020	Limo grosso	108,70	10,82%	23,27%	125,00	12,44%
0,063	Sabbia fine	422,31	42,04%	65,31%	233,70	23,27%
0,250	Sabbia grossa	348,46	34,69%	100,00%	656,01	65,31%
Totale		1004,47	100%			

^

Percentuali del trattenuto e del passante
della terra SP secondo i due metodi



A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni setaccio

SOMMARIVA PERNO - SP1 CONFRONTO METODOLOGIE

(METODO UNI-ASTM) -(METODO AGRONOMICO)					
MEDIA DATI					
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Δ Peso trattenuto (%)	Peso trattenuto medio (%)	Cum. Medio (%)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	0,46%	7,73%	7,73%	0,00%
<0,020	Limo fine	-6,12%	7,54%	15,27%	7,73%
>0,020	Limo grosso	5,22%	8,21%	23,48%	15,27%
0,063	Sabbia fine	18,04%	33,02%	56,50%	23,48%
0,250	Sabbia grossa	-17,61%	43,50%	100,00%	56,50%
Totale		0,00%	100,00%		

Confrontando le due metodologie utilizzate per lo studio della granulometria delle terre a codice SP1 si arriva alle seguenti conclusioni:

- Sabbia grossa: il Δ risulta essere negativo. La differenza di risultati è legata al tipo di setaccio utilizzato. Per il metodo accademico è stato utilizzato un setaccio UNI con apertura di 0,25 mm, per il metodo agronomico un setaccio con maglie di 0,2 mm. La differenza risulta essere minore del 17,61 % confermando una percentuale di sabbia grossa compresa di circa 43,5 % sul totale.
- Sabbia fine: è il risultato meno attendibile perchè si porta dietro la sommatoria di tutti gli errori commessi nelle varie misurazioni. Nel metodo ac-

cademico è il risultato della differenza rispetto al totale di tutte le altre frazioni e nel metodo accademico, alcuni grani di limo e argilla, potrebbero essersi attaccati ai grani della frazione delle sabbie fini a causa dell'umidità dell'aria dei locali. La variazione è del 18,04 %. La grande differenza è legata alla percentuale di sabbia compresa fra i diametri 0,25 e 0,2.

- Limo: le variazioni dei valori del limo sono influenzate da molteplici errori sopra citati. I dati prodotti hanno delle frazioni che arrivano ad una differenza del 6,12 %.
- L'argilla risulta essere il dato più attendibile con un delta del 0,46 %. La motivazione è legata al tempo della misurazione che avviene dopo 8h di sedimentazione.

CORNELIANO D'ALBA - CO2

La quantità percentuale delle diverse particelle è espressa in % dalle seguenti relazioni:

$$\% \text{ Sabbia grossa} = S \cdot 100 / M$$

% Sabbia fine = Differenza rispetto al totale in %

$$\% \text{ Limo grosso} = ((B - C) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Limo fine} = ((C - D) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Argilla} = ((D - E) \cdot 100) / M$$

$$B = b \cdot R$$

$$C = c \cdot R$$

$$D = d \cdot R$$

$$R: Vt / Vp$$

- S: massa trattenuta al setaccio con maglie di 0,2 mm
- b: massa della frazione di limo grosso
- c: massa della frazione di limo fine
- d: massa della frazione di argilla
- E: quantità di sodio esametafosfato presente nel volume prelevato (valore prestabilito da normativa = 0,005 g)
- M: massa della terra fine analizzata (40 g)
- Vt: volume totale della sospensione di terra fine (1000 ml)
- Vp: volume della sospensione prelevato con la pipetta (10 ml)

DATI DI PARTENZA		
Materiale analizzato	40,00	g
Anti-flocculante	10,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,026	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm ³
Peso secco del campione	40,00	g
Volume	1000,00	cm ³
Vt	1000,00	ml
Vp	10,00	ml
RILEVAZIONI STRUMENTALI		
Trattenuto al setaccio 0,25 mm	0,2	g
b	0,3556	g/ml
c	0,3132	g/ml
d	0,106	g/ml
E	0,005	g
VALORI DELLE CONCENTRAZIONI		
R	100	ml
B	35,560	g
C	31,320	g
D	10,600	g
Dc	10,595	g
PERCENTUALI DELLE FRAZIONI		
% Sabbia grossa	0,5	%
% Sabbia fine	10,6	%
% limo grosso	10,6	%
% limo fine	51,8	%
% argilla	26,5	%



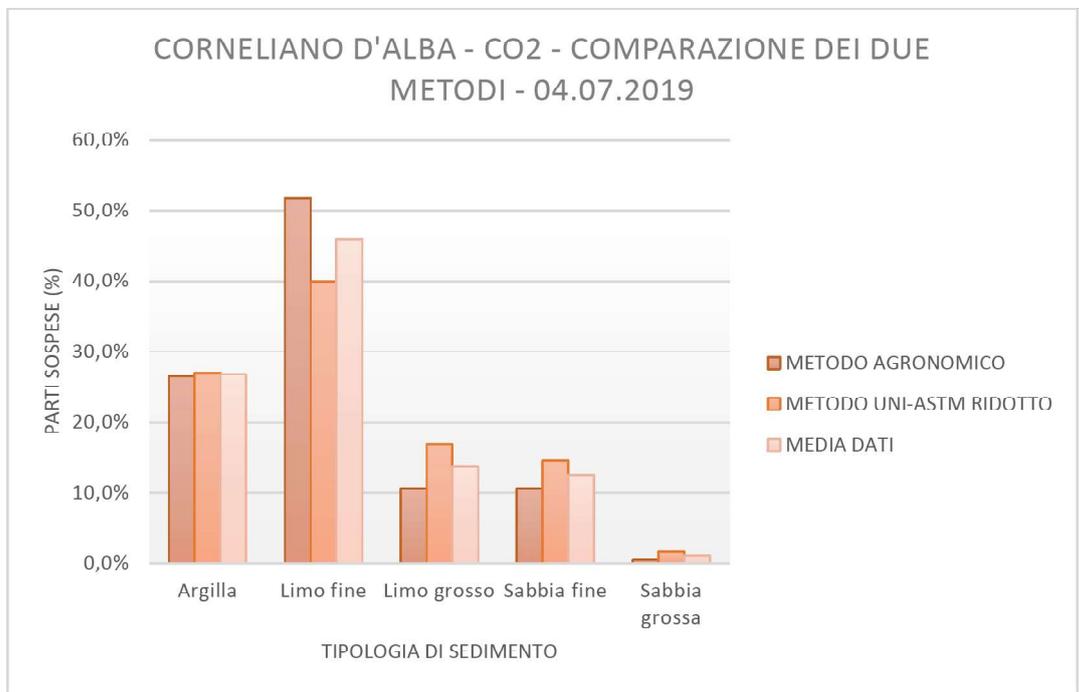
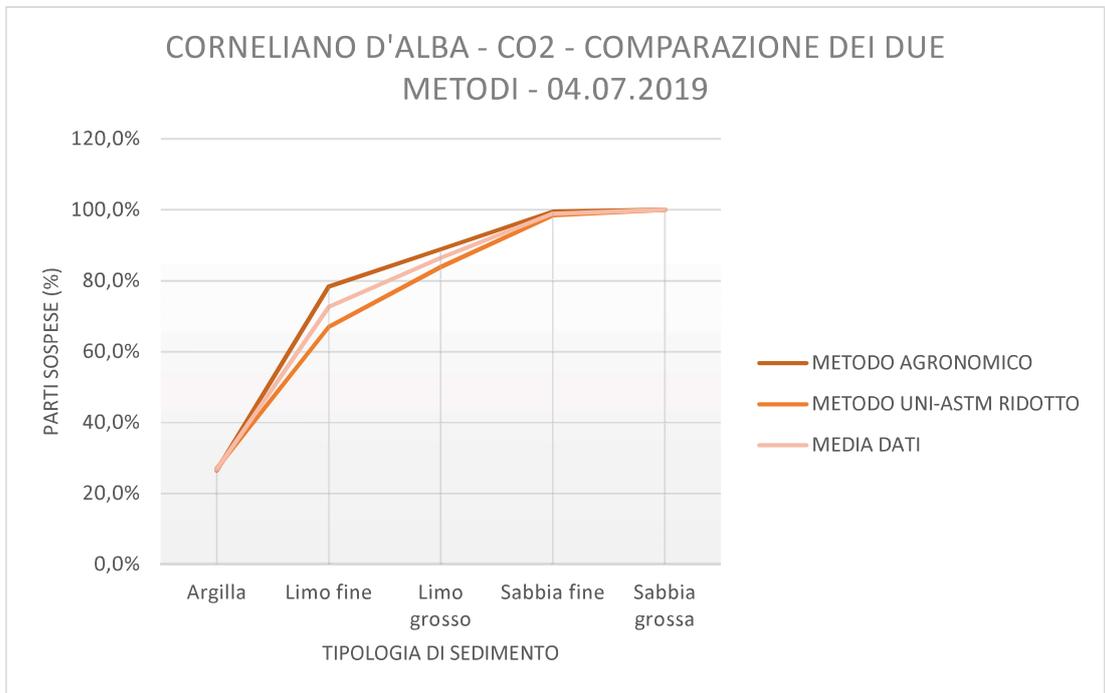
Calcoli delle percentuali delle frazioni

CORNELIANO D'ALBA - CO2 - 40 g - 04.07.2019					
METODO AGRONOMICO					
Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
Argilla	10,60	26,5%	26,5%	0,00	0,00%
Limo fine	20,72	51,8%	78,3%	10,60	26,50%
Limo grosso	4,24	10,6%	88,9%	31,32	78,30%
Sabbia fine	4,24	10,6%	99,5%	35,56	88,90%
Sabbia grossa	0,20	0,5%	100,0%	39,80	99,50%
Totale	40,00	100%			

CORNELIANO D'ALBA - CO2 - 1000 g - 04.07.2019						
METODO UNI-ASTM RIDOTTO						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	270,00	27,00%	27,00%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	400,00	39,99%	66,99%	270,00	27,00%
>0,020	Limo grosso	169,00	16,90%	83,89%	670,00	66,99%
0,063	Sabbia fine	145,28	14,53%	98,41%	839,00	83,89%
0,250	Sabbia grossa	15,88	1,59%	100,00%	984,28	98,41%
Totale		1000,16	100%			



Percentuali del trattenuto e del passante della terra CO secondo i due metodi



^

A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni setaccio

CORNELIANO D'ALBA - CO2
CONFRONTO METODOLOGIE

(METODO UNI-ASTM) -(METODO AGRONOMICO)					
MEDIA DATI					
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Δ Peso trattenuto (%)	Peso trattenuto medio (%)	Cum. Medio (%)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	0,50%	26,75%	26,75%	0,00%
<0,020	Limo fine	-11,81%	45,90%	72,64%	26,75%
>0,020	Limo grosso	6,30%	13,75%	86,39%	72,64%
0,063	Sabbia fine	3,93%	12,56%	98,96%	86,39%
0,250	Sabbia grossa	1,09%	1,04%	100,00%	98,96%
Totale		0,00%	100,00%		

Confrontando le due metodologie utilizzate per lo studio della granulometria delle terre a codice CO2 si arriva alle seguenti conclusioni:

- Sabbia grossa: il Δ risulta essere negativo. La differenza di risultati è legata al tipo di setaccio utilizzato. Per il metodo accademico è stato utilizzato un setaccio UNI con apertura di 0,25 mm, per il metodo agronomico un setaccio con maglie di 0,2 mm. La differenza risulta essere minore del 1,09 % confermando una percentuale di sabbia grossa compresa di circa 1,04 % sul totale.
- Sabbia fine: è il risultato meno attendibile perchè si porta dietro la sommatoria di tutti gli errori commessi nelle varie misurazioni. Nel metodo accademico è il risultato della differenza rispetto al totale di tutte le altre frazioni e nel metodo accademico, alcuni grani di limo e argilla, potrebbero essersi attaccati ai grani della frazione delle sabbie fini a causa dell'umidità dell'aria dei locali. La variazione è del 3,93 %.
- Limo: le variazioni dei valori del limo sono influenzate da molteplici errori sopra citati. I dati prodotti hanno delle frazioni che arrivano ad una differenza del 11,81 %.
- L'argilla risulta essere il dato più attendibile con un delta del 0,5 %. La motivazione è legata al tempo della misurazione che avviene dopo 8h di sedimentazione.

MONTICELLO D'ALBA - MO2

La quantità percentuale delle diverse particelle è espressa in % dalle seguenti relazioni:

$$\% \text{ Sabbia grossa} = S \cdot 100 / M$$

% Sabbia fine = Differenza rispetto al totale in %

$$\% \text{ Limo grosso} = ((B - C) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Limo fine} = ((C - D) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Argilla} = ((D - E) \cdot 100) / M$$

$$B = b \cdot R$$

$$C = c \cdot R$$

$$D = d \cdot R$$

$$R: Vt / Vp$$

- S: massa trattenuta al setaccio con maglie di 0,2 mm
- b: massa della frazione di limo grosso
- c: massa della frazione di limo fine
- d: massa della frazione di argilla
- E: quantità di sodio esametafosfato presente nel volume prelevato (valore prestabilito da normativa = 0,005 g)
- M: massa della terra fine analizzata (40 g)
- Vt: volume totale della sospensione di terra fine (1000 ml)
- Vp: volume della sospensione prelevato con la pipetta (10 ml)

DATI DI PARTENZA		
Materiale analizzato	40,00	g
Anti-flocculante	10,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,026	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm ³
Peso secco del campione	40,00	g
Volume	1000,00	cm ³
Vt	1000,00	ml
Vp	10,00	ml
RILEVAZIONI STRUMENTALI		
Trattenuto al setaccio 0,25 mm	4,2	g
b	0,2936	g/ml
c	0,2412	g/ml
d	0,1144	g/ml
E	0,005	g
VALORI DELLE CONCENTRAZIONI		
R	100	ml
B	29,360	g
C	24,120	g
D	11,440	g
Dc	11,435	g
PERCENTUALI DELLE FRAZIONI		
% Sabbia grossa	10,5	%
% Sabbia fine	16,1	%
% limo grosso	13,1	%
% limo fine	31,7	%
% argilla	28,6	%



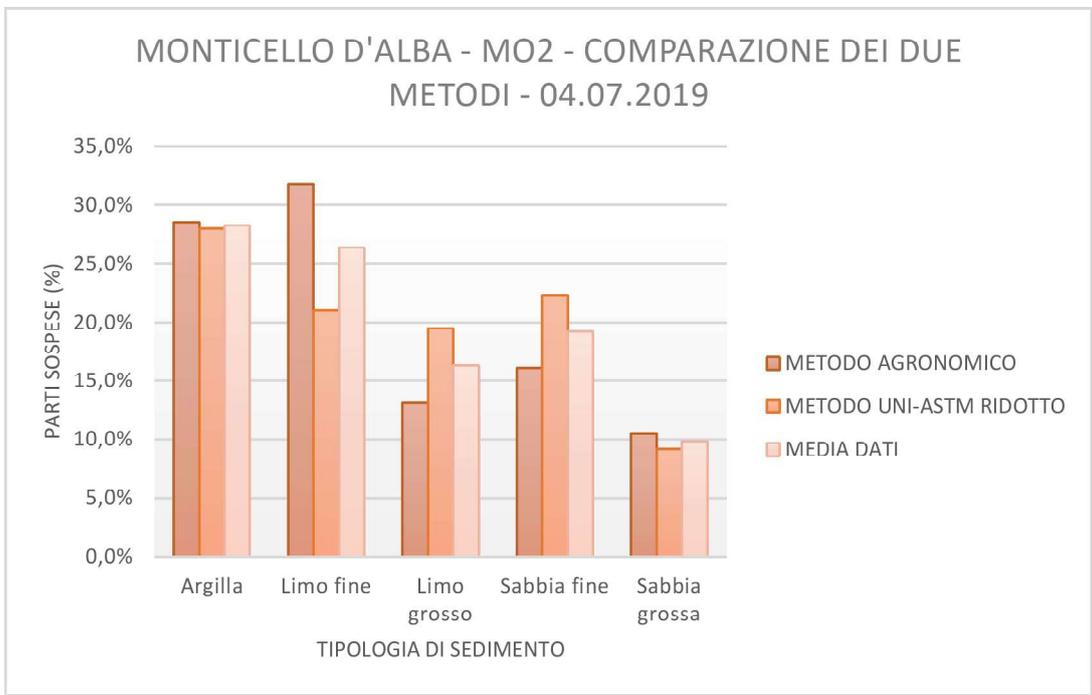
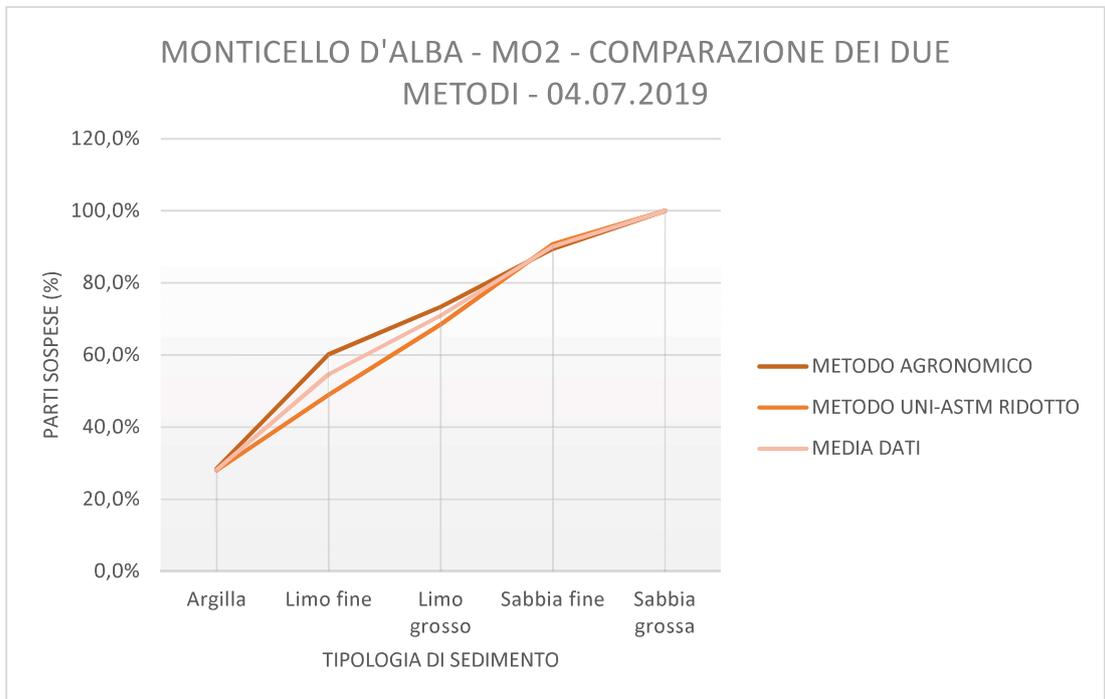
Calcoli delle percentuali delle frazioni

MONTICELLO D'ALBA - MO2 - 40 g - 04.07.2019					
METODO AGRONOMICO					
Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
Argilla	11,40	28,5%	28,5%	0,00	0,00%
Limo fine	12,68	31,7%	60,3%	11,40	28,53%
Limo grosso	5,24	13,1%	73,4%	24,08	60,26%
Sabbia fine	6,44	16,1%	89,5%	29,32	73,37%
Sabbia grossa	4,20	10,5%	100,0%	35,76	89,49%
Totale	39,96	100%			

MONTICELLO D'ALBA - MO2 - 1000 g - 04.07.2019						
METODO UNI-ASTM RIDOTTO						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	280,00	28,00%	28,00%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	210,00	21,00%	49,00%	280,00	28,00%
>0,020	Limo grosso	195,10	19,51%	68,51%	490,00	49,00%
0,063	Sabbia fine	223,12	22,31%	90,83%	685,10	68,51%
0,250	Sabbia grossa	91,71	9,17%	100,00%	908,22	90,83%
Totale		999,93	100%			

^

Percentuali del trattenuto e del passante
della terra MO secondo i due metodi



^

A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni setaccio

MONTICELLO D'ALBA - MO2
CONFRONTO METODOLOGIE

(METODO UNI-ASTM) -(METODO AGRONOMICO)					
MEDIA DATI					
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Δ Peso trattenuto (%)	Peso trattenuto medio (%)	Cum. Medio (%)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	-0,53%	28,27%	28,27%	0,00%
<0,020	Limo fine	-10,73%	26,37%	54,63%	28,27%
>0,020	Limo grosso	6,40%	16,31%	70,94%	54,63%
0,063	Sabbia fine	6,20%	19,21%	90,16%	70,94%
0,250	Sabbia grossa	-1,34%	9,84%	100,00%	90,16%
Totale		0,00%	100,00%		

Confrontando le due metodologie utilizzate per lo studio della granulometria delle terre a codice MO2 si arriva alle seguenti conclusioni:

- Sabbia grossa: il Δ risulta essere negativo. La differenza di risultati è legata al tipo di setaccio utilizzato. Per il metodo accademico è stato utilizzato un setaccio UNI con apertura di 0,25 mm, per il metodo agronomico un setaccio con maglie di 0,2 mm. La differenza risulta essere minore del 1,34 % confermando una percentuale di sabbia grossa compresa di circa 9,84 % sul totale.
- Sabbia fine: è il risultato meno attendibile perchè si porta dietro la sommatoria di tutti gli errori commessi nelle varie misurazioni. Nel metodo ac-

cademico è il risultato della differenza rispetto al totale di tutte le altre frazioni e nel metodo accademico, alcuni grani di limo e argilla, potrebbero essersi attaccati ai grani della frazione delle sabbie fini a causa dell'umidità dell'aria dei locali. La variazione è del 6,20 %.

- Limo: le variazioni dei valori del limo sono influenzate da molteplici errori sopra citati. I dati prodotti hanno delle frazioni che arrivano ad una differenza del 10,73 %.
- L'argilla risulta essere il dato più attendibile con un delta del 0,53 %. La motivazione è legata al tempo della misurazione che avviene dopo 8h di sedimentazione.

SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1

La quantità percentuale delle diverse particelle è espressa in % dalle seguenti relazioni:

$$\% \text{ Sabbia grossa} = S \cdot 100 / M$$

% Sabbia fine = Differenza rispetto al totale in %

$$\% \text{ Limo grosso} = ((B - C) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Limo fine} = ((C - D) \cdot 100) / M$$

$$\% \text{ Argilla} = ((D - E) \cdot 100) / M$$

$$B = b \cdot R$$

$$C = c \cdot R$$

$$D = d \cdot R$$

$$R: Vt / Vp$$

- S: massa trattenuta al setaccio con maglie di 0,2 mm
- b: massa della frazione di limo grosso
- c: massa della frazione di limo fine
- d: massa della frazione di argilla
- E: quantità di sodio esametafosfato presente nel volume prelevato (valore prestabilito da normativa = 0,005 g)
- M: massa della terra fine analizzata (40 g)
- Vt: volume totale della sospensione di terra fine (1000 ml)
- Vp: volume della sospensione prelevato con la pipetta (10 ml)

DATI DI PARTENZA		
Materiale analizzato	40,00	g
Anti-flocculante	10,00	ml
Tot volume	1000,00	ml
Peso volume sola acqua	1000,00	g
Peso di volume di miscela terra-acqua	1000,026	g
Peso specifico dei granuli	2,85	g/cm ³
Peso secco del campione	40,00	g
Volume	1000,00	cm ³
Vt	1000,00	ml
Vp	10,00	ml
RILEVAZIONI STRUMENTALI		
Trattenuto al setaccio 0,25 mm	5,04	g
b	0,2776	g/ml
c	0,234	g/ml
d	0,1108	g/ml
E	0,005	g
VALORI DELLE CONCENTRAZIONI		
R	100	ml
B	27,760	g
C	23,400	g
D	11,080	g
Dc	11,075	g
PERCENTUALI DELLE FRAZIONI		
% Sabbia grossa	12,6	%
% Sabbia fine	18,0	%
% limo grosso	10,9	%
% limo fine	30,8	%
% argilla	27,7	%



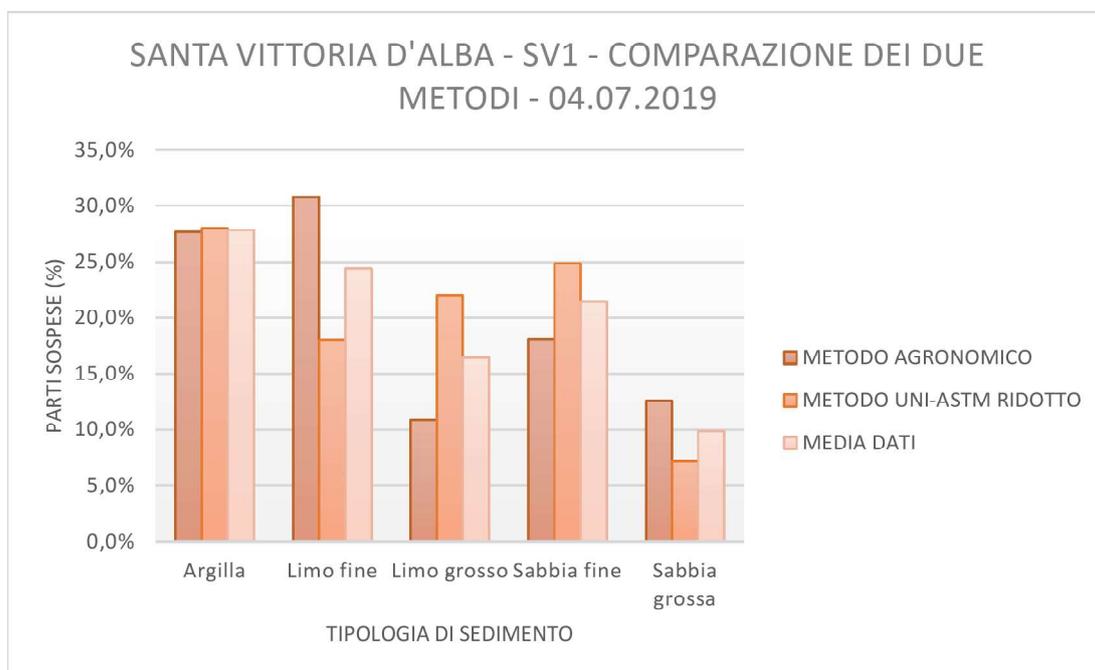
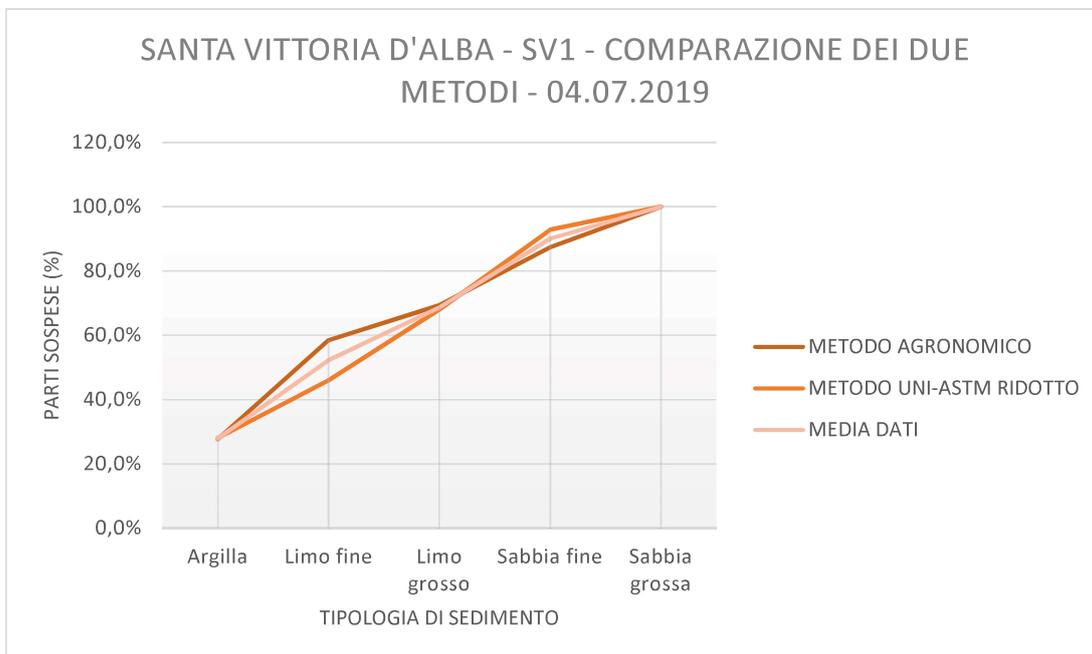
Calcoli delle percentuali delle frazioni

SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1 - 40 g - 04.07.2019					
METODO AGRONOMICO					
Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
Argilla	11,08	27,7%	27,7%	0,00	0,00%
Limo fine	12,32	30,8%	58,4%	11,08	27,67%
Limo grosso	4,36	10,9%	69,3%	23,40	58,44%
Sabbia fine	7,24	18,1%	87,4%	27,76	69,33%
Sabbia grossa	5,04	12,6%	100,0%	35,00	87,41%
Totale	40,04	100%			

SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1 - 1000 g - 04.07.2019						
METODO UNI-ASTM RIDOTTO						
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Peso trattenuto (g)	Peso trattenuto (%)	Cumulativo (%)	Peso passante (g)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	280,00	28,00%	28,00%	0,00	0,00%
<0,020	Limo fine	180,00	18,00%	46,00%	280,00	28,00%
>0,020	Limo grosso	220,00	22,00%	68,00%	460,00	46,00%
0,063	Sabbia fine	248,56	24,85%	92,85%	680,00	68,00%
0,250	Sabbia grossa	71,50	7,15%	100,00%	928,56	92,85%
Totale		1000,06	100%			

^

Percentuali del trattenuto e del passante
della terra SV secondo i due metodi



A. Curva cumulativa dei trattenuti
 B. Percentuale dei trattenuti in ogni setaccio

SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1
CONFRONTO METODOLOGIE

(METODO UNI-ASTM) -(METODO AGRONOMICO)					
MEDIA DATI					
Diametro setaccio UNI (mm)	Tipologia di materiale	Δ Peso trattenuto (%)	Peso trattenuto medio (%)	Cum. Medio (%)	Peso passante (%)
<0,002	Argilla	0,33%	27,84%	27,84%	0,00%
<0,020	Limo fine	-12,77%	24,38%	52,22%	27,84%
>0,020	Limo grosso	11,11%	16,44%	68,66%	52,22%
0,063	Sabbia fine	6,77%	21,47%	90,13%	68,66%
0,250	Sabbia grossa	-5,44%	9,87%	100,00%	90,13%
Totale		0,00%	100,00%		

Confrontando le due metodologie utilizzate per lo studio della granulometria delle terre a codice SV si arriva alle seguenti conclusioni:

- Sabbia grossa: il Δ risulta essere negativo. La differenza di risultati è legata al tipo di setaccio utilizzato. Per il metodo accademico è stato utilizzato un setaccio UNI con apertura di 0,25 mm, per il metodo agronomico un setaccio con maglie di 0,2 mm. La differenza risulta essere minore del 5,44% confermando una percentuale di sabbia grossa compresa di circa 9,87% sul totale.
- Sabbia fine: è il risultato meno attendibile perchè si porta dietro la sommatoria di tutti gli errori commessi nelle varie misurazioni. Nel metodo accademico è il risultato della differenza rispetto al totale di tutte le altre frazioni e nel metodo accademico, alcuni grani di limo e argilla, potrebbero essersi attaccati ai grani della frazione delle sabbie fini a causa dell'umidità dell'aria dei locali. La variazione è del 6,77%.
- Limo: le variazioni dei valori del limo sono influenzate da molteplici errori sopra citati. I dati prodotti hanno delle frazioni che arrivano ad una differenza del 12,77%.
- L'argilla risulta essere il dato più attendibile con un delta del 0,33%. La motivazione è legata al tempo della misurazione che avviene dopo 8h di sedimentazione.

CONFRONTO FRA LE TERRE ANALIZZATE.

Confrontando le sei terre analizzate emergono le seguenti considerazioni. Le terre analizzate, campionate in sei comuni differenti, possono essere classificate in cinque categorie:

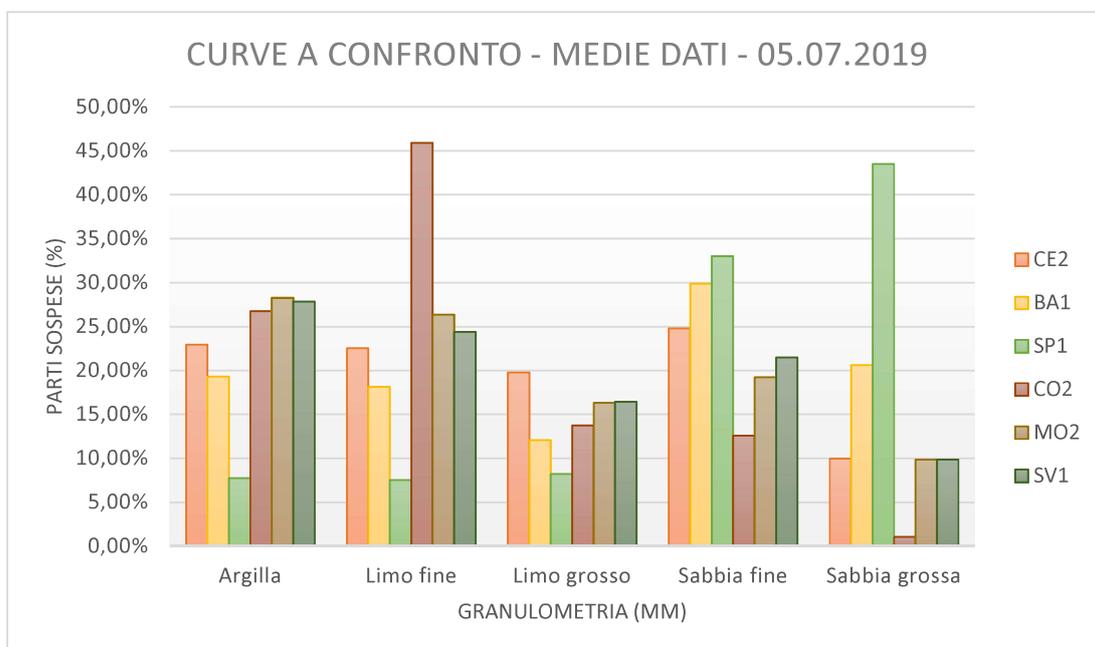
- Le terre con codice CE2 e BA1 sono terre con un buon contenuto di argilla con valori di circa 21 %. Confrontandoli con i dati delle carte geomorfologiche e litologiche, corrispondono alle zone dei terreni del “Villafranchiano/Fossaniano”.
- Il terreno con codice SP1 è un terreno prevalentemente sabbioso con ridotte percentuali di argilla del valore di circa 7,7 %. Confrontando i dati con quelli delle carte geomorfologiche e litologiche, il terreno corrisponde alla zona delle “sabbie astiane”.
- Il terreno con codice CO2 è un terreno con un elevato contenuto di limo, un buon contenuto di argilla pari a circa 26,7 % e un basso contenuto di sabbia. Confrontando i dati con i quelli delle carte geomorfologiche e litologiche, il terreno corrisponde alla zona delle “argille piacentiane”.
- I terreni con codice SV1 e MO1 sono terreni con un elevato contenuto di argilla di circa 27 – 28 % e corrispondono alle

zone delle marne del Messiniano.

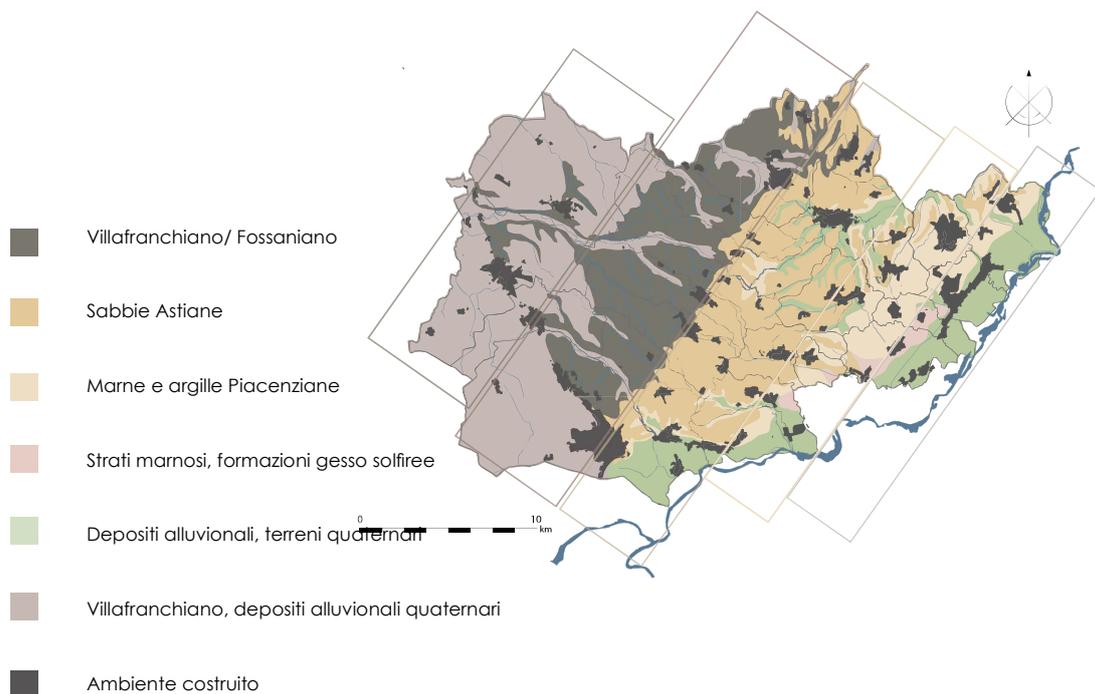
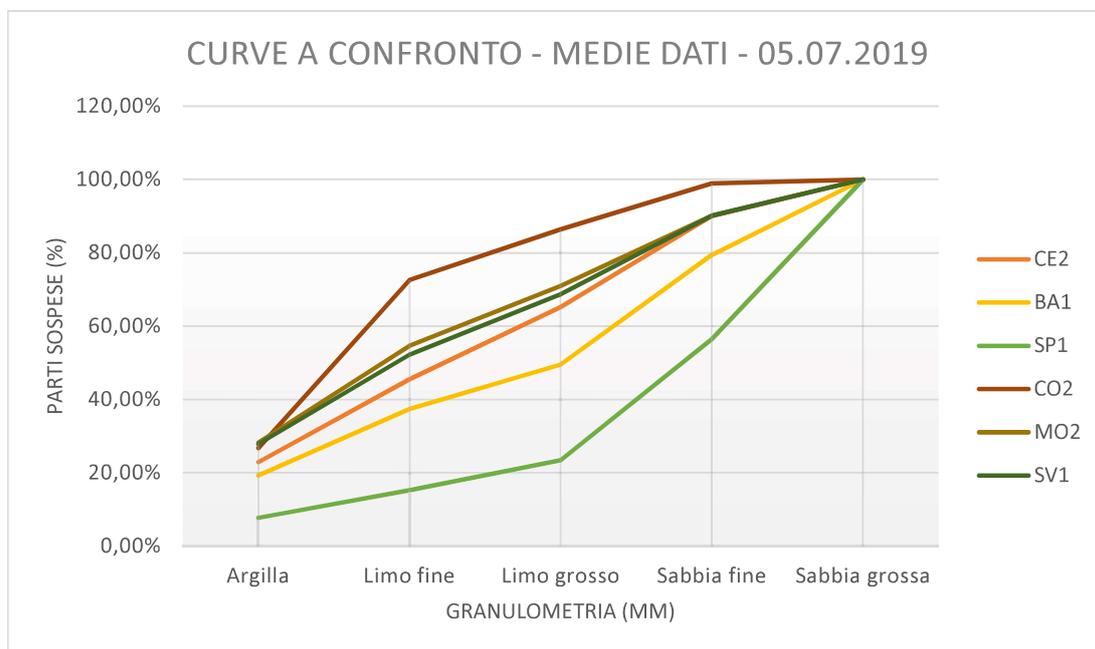
Un intonaco in terra ha un contenuto di argilla compreso fra il 5 e il 12 %¹. Le terre con i codici CE2, BA1, CO2, MO2 e SV1 hanno un contenuto di argilla superiore al 20 % e per essere utilizzate per confezionare malte per intonaci devono essere smagrite con della sabbia. La terra con codice SP1 ha un contenuto di argilla inferiore al 9 % e non dev'essere smagrita con un'aggiunta di sabbia.

¹ Gloria Giuria, Intonaci in terra stabilizzati con calce: prove sperimentali, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Correl. Stefano Invernizzi, Fabio Frattini, Silvia Rescic, 2018

CURVE A CONFRONTO - MEDIE DATI - 05.07.2019						
DATI CUMULATIVI						
Diametro setaccio UNI (mm)	CE2	BA1	SP1	CO2	MO2	SV1
Argilla	22,94%	19,30%	7,73%	26,75%	28,27%	27,84%
Limo fine	45,49%	37,44%	15,27%	72,64%	54,63%	52,22%
Limo grosso	65,25%	49,51%	23,48%	86,39%	70,94%	68,66%
Sabbia fine	90,06%	79,40%	56,50%	98,96%	90,16%	90,13%
Sabbia grossa	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
CURVE A CONFRONTO - MEDIE DATI - 05.07.2019						
DATI TRATTENUTI						
Diametro setaccio UNI	CE2	BA1	SP1	CO2	MO2	SV1
Argilla	22,94%	19,30%	7,73%	26,75%	28,27%	27,84%
Limo fine	22,54%	18,15%	7,54%	45,90%	26,37%	24,38%
Limo grosso	19,77%	12,07%	8,21%	13,75%	16,31%	16,44%
Sabbia fine	24,80%	29,88%	33,02%	12,56%	19,21%	21,47%
Sabbia grossa	9,94%	20,60%	43,50%	1,04%	9,84%	9,87%



^
 Percentuali dei dati cumulativi
 Percentuale dei trattenuti in ogni
 setaccio



^
 Curva cumulativa dei trattenuti
 Carta geologica del Roero
 Criterio di selezione delle materie prime



Le terre catalogate
Foto dell'autore

10 LE PROCEDURE

10.1 PRODUZIONE DELLE MALTE

Le malte in terra stabilizzate con calce sono costituite da terra, sabbia e calce in proporzioni ben definite. A seguito della lettura dei riferimenti bibliografici riportati nel capitolo 6 è stato eseguito un procedimento utilizzato nei laboratori del DISET del Politecnico di Torino. Sono stati realizzate 7 tipologie di malte differenti codificate con i codici relativi ai materiali. Tra queste, sei sono malte in terra stabilizzate con calce mentre una è una soltanto è una malta aerea confezionata con grassello di calce. Per ogni malta sono stati realizzati 21 provini dei seguenti formati:

- 9 provini del formato UNI 4x4x16 cm
- 9 provini del formato 3x3x30 cm
- 3 provini del formato 21x15x1 cm su un supporto di Celenit da 2 cm.

1. Diminuzione del contenuto di argilla delle terre:

Il primo passaggio eseguito è stato quello di diminuire il contenuto di argilla all'interno della terra. Il procedimento consiste nell'aggiungere un quantitativo di sabbia alla terra tale da abbassare il contenuto rispetto alla nuova massa terra – sabbia. Secondo i testi bibliografici consultati, il quantitativo di argilla ottimale per il confezionamento delle malte è del 9%. Attraverso una proporzione inversa è stato smagrito il quantitativo aggiungendo una quantità di sabbia di Stropiana S.R.L.

In seguito, viene riportata la tabella illustrativa che riporta le seguenti voci:

- Codice della malta: codice identificativo in riferimento al capitolo
- Argilla: contenuto di argilla rispetto ad una massa di 100 g. Il contenuto è in riferimento alla curva granulometrica derivante dalla media del metodo UNI-ASTM e metodo agronomico (%).
- Massa terra: massa di terra (%)
- Argilla 9%: quantitativo di argilla ottimale (g)
- Tot terra: Quantitativo totale di terra e sabbia (g)
- Aggiunta di sabbia: Tot terra – massa di sabbia (g)
- Terra (%): quantitativo di terra espresso in valore percentuale rispetto alla massa totale (g)
- Sabbia (%): quantitativo di sabbia espresso in valore percentuale rispetto alla massa totale (g)

22.07 - MALTE IN TERRA							
DIMINUIZIONE DEL CONTENUTO D'ARGILLA (g)						PERCENTUALI MATERIALI (TERRA - SABBIA)	
CODICE MALTA	ARGILLA (%)	MASSA TERRA (%)	ARGILLA 9% (g)	TOT TERRA (g)	AGGIUNTA DI SABBIA (g)	TERRA (%)	SABBIA (%)
CERESOLE D'ALBA - CE2	22,94	100,00	9,00	254,89	154,89	39,23	60,77
BALDISSERO D'ALBA - BA1	19,30	100,00	9,00	214,44	114,44	46,63	53,37
SOMMARIVA PERNO - SP1	7,73	100,00	7,73	100,00	0,00	100,00	0,00
CORNELIAO D'ALBA - CO2	26,75	100,00	9,00	297,22	197,22	33,64	66,36
MONTICELLO D'ALBA - MO2	28,37	100,00	9,00	315,22	215,22	31,72	68,28
SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1	27,84	100,00	9,00	309,33	209,33	32,33	67,67

^
Contenuto di argilla delle malte

2. Calcolo delle masse volumiche apparenti:

Una volta stabilita la proporzione dei pesi di terra e sabbia in percentuale, si passa al calcolo delle masse volumiche apparenti. Questa operazione serve per determinare il volume occupato dalle masse dei materiali e definire le loro densità.

Il calcolo è suddiviso nelle seguenti fasi:

- Viene pesato un recipiente pulito e asciutto di volume noto e ne viene determinata la tara. È stato utilizzato un recipiente di volume 130 cm³ dal peso di 59,44 g.
- Il materiale di cui si vuole calcolare la massa volumica viene inserito all'interno del volume noto inclinando il contenitore e cercando di non compattare eccessivamente il materiale. Il contenitore viene riempito fino a volume noto. Compattare eccessivamente il materiale porterebbe ad un aumento del peso del volume e un conseguente aumento della densità volumica apparente.
- Successivamente il recipiente riempito a volume noto viene pesato e il valore registrato con la dicitura "Pesata 1".
- Il recipiente viene svuotato e pulito e vengono ripetute le operazioni sopra citate per quattro volte registrando i va-

lori delle pesate con i codici da 1 a 4.

- Terminata la quarta pesata, viene calcolato il peso medio del volume e definita la massa volumica apparente con la seguente formula:

$$\rho = ((\sum n_i \text{ Pesata}_i / n_{\text{pesate}}) - \text{Tara}) / \text{Volume recipiente}$$

Per una maggiore precisione l'operazione è stata compiuta su tre campioni differenti e i risultati finali rappresentano la media fra i risultati dei tre campioni analizzati.

A seguito del calcolo delle masse volumiche apparenti dei vari materiali si può procedere al calcolo dei volumi attraverso la formula inversa della densità. Nel punto 1 sono illustrati i punti per calcolare le masse e le proporzioni dei materiali della miscela mentre al punto 2 sono illustrati i punti per calcolare la densità dei materiali impiegati. Dalla formula inversa della densità è possibile ricavare il volume dei materiali calcolati nelle corrette proporzioni rispetto al volume totale.

$$V_{\text{materiale}} = m_{\text{materiale}} / \rho_{\text{materiale}}$$

Dove:

$V_{\text{materiale}}$: Volume del materiale (cm³)

$m_{\text{materiale}}$: Massa calcolata al punto "A.1" (g)

$\rho_{\text{materiale}}$: Densità calcolata al punto "A.2" (g/cm³)

Queste procedure vengono eseguite per il calcolo dei quantitativi di:

- Terra
- Sabbia
- Grassello di calce

In seguito, viene riportata la tabella illustrativa che riporta le seguenti voci:

- Materiale: campione analizzato
- Tara: peso del contenitore utilizzato (g)
- Volume: volume del contenitore utilizzato (cm^3)
- Pesata n: peso della massa di volume (g)
- Massa volumica apparente: Pesata/volume (g/cm^3)
- Massa: massa di 100 g di materiale (g)
- Volume per 100 g: volume occupato dalla massa di 100 g (cm^3)

STROPPIANA - STR -10.06									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)
CAMPIONE 1	59,44	130,00	172,82	173,44	174,24	172,99	1,334	100,00	74,98
CAMPIONE 2	59,44	130,00	174,41	174,88	174,68	175,24	1,345	100,00	74,37
CAMPIONE 3	59,44	130,00	173,29	174,20	174,84	175,01	1,341	100,00	74,57
VALORE MEDIO	59,44	130,00	173,51	174,17	174,59	174,41	1,34	100,00	74,64

GRASSELLO DI CALCE -22.07									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)
CAMPIONE 1	59,44	130,00	182,10	181,96	182,10	182,09	1,40	100,00	71,40
CAMPIONE 2	59,44	130,00	181,98	181,96	181,93	182,03	1,40	100,00	71,44
CAMPIONE 3	59,44	130,00	182,02	181,95	181,90	181,89	1,40	100,00	71,45
VALORE MEDIO	59,44	130,00	182,03	181,96	181,98	182,00	1,40	100,00	71,43


 Sabbia Stroppiana
 Grassetto di calce di calce Piasco

CERESOLE D'ALBA - CE2 -22.07 - 22,94 % ARGILLA									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)
CAMPIONE 1	59,44	130,00	137,17	138,18	139,28	140,11	1,07	100,00	93,74
CAMPIONE 2	59,44	130,00	139,02	139,19	140,10	139,02	1,07	100,00	93,30
CAMPIONE 3	59,44	130,00	140,26	139,88	139,75	139,66	1,08	100,00	92,93
VALORE MEDIO	59,44	130,00	138,82	139,08	139,71	139,60	1,07	100,00	93,32

BALDISSERO D'ALBA - BA1 -22.07 - 19,30 % ARGILLA									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)
CAMPIONE 1	59,44	130,00	155,34	155,12	155,29	154,66	1,19	100,00	83,82
CAMPIONE 2	59,44	130,00	154,98	154,70	156,01	155,28	1,19	100,00	83,74
CAMPIONE 3	59,44	130,00	155,25	156,22	155,34	155,21	1,20	100,00	83,60
VALORE MEDIO	59,44	130,00	155,19	155,35	155,55	155,05	1,19	100,00	83,72


 Terra Ce - Ceresole d'Alba
 Terra BA - Baldissero d'Alba

SOMMARIVA PERNO - SP1 - 22.07 - 7,73 % ARGILLA									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)
CAMPIONE 1	59,44	130,00	172,21	172,44	172,24	172,45	1,33	100,00	75,43
CAMPIONE 2	59,44	130,00	172,04	171,68	172,90	173,04	1,33	100,00	75,40
CAMPIONE 3	59,44	130,00	172,53	172,22	172,83	172,54	1,33	100,00	75,35
VALORE MEDIO	59,44	130,00	172,26	172,11	172,66	172,68	1,33	100,00	75,39

CORNELIANO D'ALBA - CO2 - 22.07 - 26,75 % ARGILLA									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)
CAMPIONE 1	59,44	130,00	125,12	126,49	125,73	126,85	0,97	100,00	103,14
CAMPIONE 2	59,44	130,00	125,30	126,90	126,20	126,60	0,97	100,00	102,97
CAMPIONE 3	59,44	130,00	126,80	126,90	126,34	126,42	0,97	100,00	102,67
VALORE MEDIO	59,44	130,00	125,74	126,76	126,09	126,62	0,97	100,00	102,93



Terra SP - Sommariva Perno
Terra CO - Cornigliano d'Alba

MONTICELLO D'ALBA - MO2 -22.07 - 28,37 % ARGILLA									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)
CAMPIONE 1	59,44	130,00	146,25	146,12	147,26	147,21	1,13	100,00	88,61
CAMPIONE 2	59,44	130,00	146,13	147,30	147,10	147,17	1,13	100,00	88,48
CAMPIONE 3	59,44	130,00	146,89	147,23	147,25	147,42	1,13	100,00	88,32
VALORE MEDIO	59,44	130,00	146,42	146,88	147,20	147,27	1,13	100,00	88,47

SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1 -22.07 - 27,84 % ARGILLA									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)
CAMPIONE 1	59,44	130,00	129,62	129,53	130,34	130,02	1,00	100,00	100,09
CAMPIONE 2	59,44	130,00	131,32	131,50	129,56	131,09	1,01	100,00	99,34
CAMPIONE 3	59,44	130,00	131,88	129,44	130,02	131,08	1,00	100,00	99,54
VALORE MEDIO	59,44	130,00	130,94	130,16	129,97	130,73	1,00	100,00	99,66


 Terra Mo - Monticello d'Alba
 Terra SV - Santa Vittoria d'Alba

3. DETERMINAZIONE DEL VOLUME DEI VUOTI:

Questo procedimento consiste nel calcolare con esattezza la quantità di legante da aggiungere alla malta. Le malte in terra stabilizzate con calce sono costituite da due materiali leganti:

- L'argilla, contenuta all'interno della massa terrosa al 9 %.
- Il grassello di calce, determinato dal calcolo del volume dei vuoti.

Il terreno secco può essere considerato un sistema multifase, costituito da uno scheletro di parti solide e da una percentuale di vuoti. Quest'ultima percentuale rappresenta il quantitativo di legante da aggiungere alla miscela di terra e sabbia per completare la malta.

Il calcolo del volume dei vuoti è suddiviso nelle seguenti fasi:

- Viene creata la miscela di terra e sabbia secondo le proporzioni determinate al punto 2 e si esegue l'operazione della quartatura dei materiali.
- La miscela ottenuta viene inserita all'interno di un bicchiere graduato di volume e peso noto. Il materiale dev'essere inserito in maniera orizzontale cercando di compattare il meno possibile il materiale.
- Una volta riportato il bicchiere in posizione verticale, il volume dei vuoti è determinato

per pesate.

- Viene eseguita una prima pesata del materiale secco e viene determinata la sua massa volumica apparente.
- Successivamente, viene aggiunto 0,5 ml di acqua alla volta con una pipetta graduata. Si aggiungono ml di acqua fino a quando la miscela risulta bagnata in modo omogeneo e si aspetta qualche minuto che l'acqua in eccesso riaffiori in superficie.
- L'acqua in eccesso dev'essere aspirata con una buretta per non compromettere il reale quantitativo di acqua aggiunto.
- L'operazione può essere definita completa quando si ottiene una pasta lavorabile senza rifiuto di acqua.
- A questo punto si determina il nuovo peso del materiale saturo composto dal campione secco più un quantitativo di acqua aggiunto e viene determinata la massa volumica apparente del campione saturo.

Si procede al calcolo del volume dei vuoti espresso in percentuali attraverso la seguente formula.

$$Vv = ((p_{st} - p_{se}) / p_{st}) * 100$$

Vv: Volume percentuale dei vuoti

Pst: Massa volumica materiale saturo

Psa: Massa volumica materiale secco

In seguito, vengono riportate

le tabelle illustrative con i valori calcolati. Un'osservazione che si può dedurre dalle seguenti tabelle è che il rapporto miscela terra/sabbia e grassello di calce è pari a circa 1/4.5.

Il valore 1 rappresenta la quantità di legante da aggiungere.

Il valore 4,5 è rappresentato dalla miscela di terra e sabbia con contenuto di argilla al 9%.

Questo rapporto è stato poi utilizzato per tutte le malte in fase di confezionamento delle miscele ad eccezione della terra con codice SP che ha prodotto un rapporto 1/4.

CERESOLE D'ALBA

CERESOLE D'ALBA - 22.07 - CE2 - PESO SECCO							
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)
CAMPIONE 1	7,69	20,00	24,60	24,54	24,45	24,60	1,23
CAMPIONE 2	7,69	20,00	24,70	24,60	24,38	24,51	1,23
CAMPIONE 3	7,69	20,00	24,60	24,52	24,37	24,81	1,23
VALORE MEDIO	7,69	20,00	24,63	24,55	24,40	24,64	1,23

CERESOLE D'ALBA - 22.07 - CE2 - PESO SATURO									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)	VOLUME DEI VUOTI (%)	RAPPORTO MISCELA: LEGANTE
CAMPIONE 1	7,69	20,00	31,60	31,54	31,45	31,60	1,58	22,19	4,51
CAMPIONE 2	7,69	20,00	31,70	31,60	31,38	31,51	1,58	22,19	4,51
CAMPIONE 3	7,69	20,00	31,60	31,52	31,37	31,81	1,58	22,17	4,51
VALORE MEDIO	7,69	20,00	31,63	31,55	31,40	31,64	1,58	22,18	4,51

BALDISSERO D'ALBA

BALDISSERO D'ALBA - 22.07 - BA1 - PESO PECCO							
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)
CAMPIONE 1	7,69	20,00	25,08	25,35	25,40	25,38	1,27
CAMPIONE 2	7,69	20,00	25,13	25,44	25,31	25,39	1,27
CAMPIONE 3	7,69	20,00	25,19	25,42	25,37	25,42	1,27
VALORE MEDIO	7,69	20,00	25,13	25,40	25,36	25,40	1,27

BALDISSERO D'ALBA - 22.07 - BA1 - PESO SATURO									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)	VOLUME DEI VUOTI (%)	RAPPORTO MISCELA: LEGANTE
CAMPIONE 1	7,69	20,00	32,23	32,50	32,55	32,53	1,62	22,03	4,54
CAMPIONE 2	7,69	20,00	32,28	32,59	32,46	32,54	1,62	22,02	4,54
CAMPIONE 3	7,69	20,00	32,34	32,57	32,52	32,57	1,63	22,00	4,55
VALORE MEDIO	7,69	20,00	32,28	33,40	32,51	32,55	1,63	22,52	4,54

SOMMARIVA PERNO

SOMMARIVA PERNO - 22.07 - SP1 - PESO SECCO							
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)
CAMPIONE 1	7,69	20,00	26,58	26,58	26,58	26,58	1,33
CAMPIONE 2	7,69	20,00	26,58	26,58	26,58	26,58	1,33
CAMPIONE 3	7,69	20,00	26,58	26,58	26,58	26,58	1,33
VALORE MEDIO	7,69	20,00	26,58	26,58	26,58	26,58	1,33

SOMMARIVA PERNO - 22.07 - SP1 - PESO SATURO									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)	VOLUME DEI VUOTI (%)	RAPPORTO MISCELA: LEGANTE
CAMPIONE 1	7,69	20,00	34,12	34,12	34,12	34,12	1,71	22,10	4,53
CAMPIONE 2	7,69	20,00	34,12	34,12	34,12	34,12	1,71	22,10	4,53
CAMPIONE 3	7,69	20,00	34,12	34,12	34,12	34,12	1,71	22,10	4,53
VALORE MEDIO	7,69	20,00	34,12	34,58	34,12	34,12	1,71	22,36	4,53

CORNELIANO D'ALBA

CORNELIANO D'ALBA - 22.07 - CO2 - PESO SECCO							
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)
CAMPIONE 1	7,69	20,00	24,30	24,25	24,39	24,37	1,22
CAMPIONE 2	7,69	20,00	24,43	24,41	24,29	24,19	1,22
CAMPIONE 3	7,69	20,00	24,29	24,35	24,38	24,33	1,22
VALORE MEDIO	7,69	20,00	24,34	24,34	24,35	24,30	1,22

CORNELIANO D'ALBA - 22.07 - CO2 - PESO SATURO									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)	VOLUME DEI VUOTI (%)	RAPPORTO MISCELA: LEGANTE
CAMPIONE 1	7,69	20,00	31,30	31,25	31,39	31,37	1,57	22,34	4,48
CAMPIONE 2	7,69	20,00	31,43	31,41	31,29	31,19	1,57	22,34	4,48
CAMPIONE 3	7,69	20,00	31,29	31,35	31,38	31,33	1,57	22,34	4,48
VALORE MEDIO	7,69	20,00	31,34	32,34	31,35	31,30	1,58	22,96	4,48

MONTICELLO D'ALBA

MONTICELLO D'ALBA - 22.07 - MO2 - PESO SECCO							
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)
CAMPIONE 1	7,69	20,00	25,35	25,45	25,44	25,34	1,27
CAMPIONE 2	7,69	20,00	25,19	25,42	25,33	25,44	1,27
CAMPIONE 3	7,69	20,00	25,56	25,53	25,44	25,40	1,27
VALORE MEDIO	7,69	20,00	25,37	25,47	25,40	25,39	1,27

MONTICELLO D'ALBA - 22.07 - CO2 - PESO SATURO									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)	VOLUME DEI VUOTI (%)	RAPPORTO MISCELA: LEGANTE
CAMPIONE 1	7,69	20,00	32,55	32,65	32,64	32,54	1,63	22,09	4,53
CAMPIONE 2	7,69	20,00	32,39	32,62	32,53	32,64	1,63	22,12	4,52
CAMPIONE 3	7,69	20,00	32,76	32,73	32,64	32,60	1,63	22,03	4,54
VALORE MEDIO	7,69	20,00	32,57	33,47	32,60	32,59	1,64	22,56	4,53

SANTA VITTORIA D'ALBA

SANTA VITTORIA D'ALBA - 22.07 - SV - PESO SECCO							
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)
(CAMPIONE 1)	7,69	20,00	24,46	24,64	24,49	24,85	1,23
(CAMPIONE 2)	7,69	20,00	24,67	24,47	24,38	24,50	1,23
(CAMPIONE 3)	7,69	20,00	24,63	24,48	24,66	24,46	1,23
(VALORE MEDIO)	7,69	20,00	24,59	24,53	24,51	24,60	1,23

SANTA VITTORIA D'ALBA - 22.07 - SV - PESO SATURO									
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE ρ (g/cm ³)	VOLUME DEI VUOTI (%)	RAPPORTO MISCELA: LEGANTE
(CAMPIONE 1)	7,69	20,00	31,46	31,64	31,49	31,85	1,58	22,14	4,52
(CAMPIONE 2)	7,69	20,00	31,67	31,47	31,38	31,50	1,58	22,22	4,50
(CAMPIONE 3)	7,69	20,00	31,63	31,48	31,66	31,46	1,58	22,18	4,51
(VALORE MEDIO)	7,69	20,00	31,59	32,53	31,51	31,60	1,59	22,79	4,51

4. PREPARAZIONE DELLA MISCELA:

L'ultima fase consiste nel calcolare le quantità esatte dei materiali che compongono le differenti malte. L'operazione è suddivisa in fasi:

- Viene creata la miscela di terra e sabbia secondo le proporzioni determinate al punto 2 e si esegue l'operazione della quartatura dei materiali.
- La miscela ottenuta viene inserita all'interno di un bicchiere graduato di volume e peso noto. Il materiale dev'essere inserito in maniera orizzontale cercando di compattare il meno possibile il materiale.
- Una volta riportato il bicchiere in posizione verticale, il volume dei vuoti è determinato per pesate.
- Vengono eseguite le pesate del materiale secco e viene determinata la massa volumica apparente del materiale secco a seguito della media dei valori trovati.
- Viene calcolato il volume della miscela terra/sabbia per una massa di 100g
- Successivamente, viene determinato il quantitativo di legante da aggiungere secondo il rapporto legante miscela 1/4,5 calcolato nella fase tre. Per la malta con codice SP è stato utilizzato un rapporto 1/4.
- In seguito, viene calcolata la massa di legante da aggiungere ottenuta moltiplicando

la massa volumica apparente del grassello di calce utilizzato per il volume noto.

- Viene poi aggiunta una percentuale di acqua per l'idratazione e l'aumento della lavorabilità della malta.
- Infine, viene calcolato il quantitativo in paglia da aggiungere alla miscela totale, che costituisce lo 0,5 % del peso totale della miscela. La paglia dev'essere aggiunta per ultima e miscelata quando la malta è già stata idratata.

Dopo la spiegazione dei punti 5 e 6, vengono riportate le tabelle illustrative riportanti i valori calcolati. Le percentuali dei materiali sono espresse rispetto ad un peso di miscela pari a 1000 g.

5. PREPARAZIONE DEGLI STAMPI E COLATA NELLO STAMPO:

Per il confezionamento dei provini sono stati utilizzati tre formati differenti:

- 9 provini del formato UNI 4x4x16 cm
- 9 provini del formato 3x3x30 cm
- 3 provini del formato 21x15x1 cm

Gli stampi prima di essere utilizzati devono essere puliti e lubrificati in tutte le superfici intere con oli minerali per impedire l'aderenza della malta in fase di colatura e maturazione. Successivamen-

te, le malte formulate al punto 4 vengono colate negli stampi. La malta deve raggiungere tutti gli angoli dello stampo, riducendo al massimo i possibili vuoti d'aria all'interno. Questa operazione è eseguita comprimendo con un pestello e la cazzuola la malta all'interno degli stampi utilizzati. L'operazione è stata eseguita per tutti i provini realizzati. A seguito di alcune prove preliminari è stato appurato che la superficie esposta dev'essere lasciata grezza e non liscia per favorire l'espulsione dell'acqua d'impasto in fase d'idratazione. Una superficie liscia comporterebbe la formazione di crepe superficiali. Inoltre, per i primi due giorni, i provini devono essere bagnati due volte al giorno per rallentare il fenomeno di ritiro del materiale e la maturazione. Queste informazioni sono state dedotte a seguito di molteplici insuccessi (In fase di asciugatura, si formavano ingenti fessure nella malta). Facendo delle interviste e confrontandosi con delle maestranze locali a cui sono state chieste alcune informazioni procedurali, è stato compreso il giusto processo di confezionamento della malta. Non esiste un manuale di riferimento che riporti le procedure di confezionamento, sono informazioni di cantiere che si acquisiscono con l'esperienza da muratore.

Infine, i provini realizzati sono stati vibrati e costipati tramite l'uso della tavola a scosse per un mi-

nuto².

6.FASE DI PRESA E INDURIMENTO:

Terminata la fase di compattazione gli stampi vanno riposti in ambienti creati con temperatura controllata e lontano da eventuali fonti che potrebbero alterarne il processo di presa. La fase di presa può durare da 24 h ad un tempo di 1-2 settimane. Gli stampi delle malte in terra sono stati disarmati dopo 4 giorni dal confezionamento, la malta di sabbia e grassello di calce dopo 5 giorni.

I campioni sono stati catalogati con un codice identificativo della malta e un numero da 1 a 9 per i provini dei formati 4x4x16 cm e 3x3x30 cm, mentre da uno a 3 per il formato 15x21x1 cm. Per ogni malta sono stati realizzati 21 provini in totale dei vari formati. Non essendoci una normativa di riferimento sui tempi di stagionatura delle malte in calce e terra, abbiamo fatto riferimento alla normativa sui calcestruzzi e i provini sono stati lasciati maturare per 28 giorni. Le malte con codice CE2,BA1 e SP1 sono state confezionate il 26.07.2019. Le malte con codice CO2, MO2 e SV1 il 30.07.2019. Infine, la malta con codice STR è stata confezionata il 3.08.2019.

2 UNI EN 1015-3:2007 - Metodi di prova per opere murarie - Parte 3: Determinazione della consistenza della malta fresca mediante tavola a scosse.

DIMINUZIONE DEL CONTENUTO D'ARGILLA										PERCENTUALI MATERIALI (TERRA - SABBIA)					QUANTITA' DI MATERIALI PER 100 g DI TERRA/SABBIA				
CODICE MALTA	ARGILLA (%)	MASSA TERRA (%)	ARGILLA 9% (g)	TOT TERRA (g)	AGGIUNTA DI SABBIA (g)	TERRA (%)	SABBIA (%)	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	TOT. (g)							
CERESOLE D'ALBA - CEZ	22,94	100,00	9,00	254,89	154,89	39,23	60,77	39,23	60,77	25,20	0,63	125,83							
CERESOLE D'ALBA -26,07 - 9 % ARGILLA - CEZ																			
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g (cm ³)	LEGANTE p (g/cm ³)	VOLUME LEGANTE 1:4,5 (cm ³)	MASSA LEGANTE (g)	TOT VOLUME (cm ³)	TOT MASSA (g)	% PAGLIA (g)				
CAMPIONE 1	59,44	130,00	158,83	159,61	160,52	160,09	1,229	100,00	81,37	1,40	18,08	25,32	99,45	125,32	0,63				
CAMPIONE 2	59,44	130,00	160,53	160,88	161,11	161,03	1,238	100,00	80,80	1,40	17,96	25,14	98,76	125,14	0,63				
CAMPIONE 3	59,44	130,00	160,33	160,74	161,07	161,14	1,237	100,00	80,84	1,40	17,96	25,15	98,80	125,15	0,63				
VALORE MEDIO	59,44	130,00	159,90	160,41	160,90	160,75	1,23	100,00	81,00	1,40	18,00	25,20	99,00	125,20	0,63				
QUANTITA' PER DIMENSIONI DEL PROVINO (g)										VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (cm ³)					VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (%)				
PESO MISCELA - CEZ	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	ACQUA (g)	TERRA (cm ³)	SABBIA (cm ³)	CALCE (cm ³)	PAGLIA (cm ³)	TOT. (cm ³)	TERRA (%)	SABBIA (%)	CALCE (%)	PAGLIA (%)	TOT. (%)				
1000,00	311,80	482,94	200,28	4,98	120,00	290,98	360,47	143,06	41,46	835,97	34,81	43,12	17,11	4,96	100,00				

DIMINUIZIONE DEL CONTENUTO D'ARGILLA - g										PERCENTUALI MATERIALI (TERRA - SABBIA)					QUANTITA' DI MATERIALI PER 100 G DI TERRA/SABBIA				
CODICE MALTA	ARGILLA (%)	MASSA TERRA (%)	ARGILLA 9% (g)	TOT TERRA (g)	AGGIUNTA DI SABBIA (g)	TERRA (%)	SABBIA (%)	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	TOT. (g)							
BALDISSERO D'ALBA -BAI	19,30	100,00	9,00	214,44	114,44	46,63	53,37	46,63	53,37	24,46	0,62	125,08							
BALDISSERO D'ALBA -26,07 - 9 % ARGILLA - BAI																			
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)	LEGANTE p (g/cm ³)	VOLUME LEGANTE 1:4.5 (cm3)	MASSA LEGANTE (g)	TOT VOLUME (cm3)	TOT MASSA (g)	% PAGLIA (g)				
CAMPIONE 1	59,44	130,00	164,67	164,90	165,40	164,44	1,268	100,00	78,86	1,40	17,52	24,53	96,38	124,53	0,62				
CAMPIONE 2	59,44	130,00	165,35	165,47	165,97	165,93	1,274	100,00	78,46	1,40	17,44	24,41	95,90	124,41	0,62				
CAMPIONE 3	59,44	130,00	164,88	165,82	165,75	165,78	1,273	100,00	78,52	1,40	17,45	24,43	95,97	124,43	0,62				
VALORE MEDIO	59,44	130,00	164,97	165,39	165,71	165,38	1,27	100,00	78,62	1,40	17,47	24,46	96,09	124,46	0,62				
QUANTITA' PER DIMENSIONI DEL PROVINO (g)										VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (cm3)					VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (%)				
PESO MISCELA - BAI	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	ACQUA (g)	TERRA (cm3)	SABBIA (cm3)	CALCE (cm3)	PAGLIA (cm3)	TOT. (cm3)	TERRA (%)	SABBIA (%)	CALCE (%)	PAGLIA (%)	TOT. (%)				
g	372,82	426,67	195,54	4,98	120,00	312,11	318,46	139,67	41,46	811,71	38,45	39,23	17,21	5,11	100,00				

DIMINUIZIONE DEL CONTENUTO D'ARGILLA - g						PERCENTUALI MATERIALI (TERRA - SABBIA)						QUANTITA' DI MATERIALI PER 100 G DI TERRA/SABBIA					
CODICE MALTA	ARGILLA (%)	MASSA TERRA (%)	ARGILLA 9% (g)	TOT TERRA (g)	AGGIUNTA DI SABBIA (g)	TERRA (%)	SABBIA (%)	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	TOT. (g)					
CORNELIAO D'ALBA - CO2	26,75	100,00	9,00	297,22	197,22	33,64	66,36	33,64	66,36	25,59	0,63	126,22					
CORNELIANO D'ALBA - 30,07 - 9 % ARGILLA - CO2																	
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g (cm ³)	LEGANTE p (g/cm ³)	VOLUME LEGANTE 1:4.5 (cm ³)	MASSA LEGANTE (g)	TOT VOLUME (cm ³)	TOT MASSA (g)	% PAGLIA (g)		
CAMPIONE 1	59,44	130,00	156,77	157,64	157,92	157,47	1,211	100,00	82,57	1,40	18,35	25,69	100,91	125,69	0,63		
CAMPIONE 2	59,44	130,00	157,89	158,74	158,37	158,88	1,219	100,00	82,04	1,40	18,23	25,52	100,27	125,52	0,63		
CAMPIONE 3	59,44	130,00	157,65	158,29	158,52	158,66	1,218	100,00	82,13	1,40	18,25	25,55	100,38	125,55	0,63		
VALORE MEDIO	59,44	130,00	157,44	158,22	158,27	158,33	1,22	100,00	82,24	1,40	18,28	25,59	100,52	125,59	0,63		
QUANTITA' PER DIMENSIONI DEL PROVINO (g)						VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (cm ³)						VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (%)					
PESO MISCELA - CO2	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	ACQUA (g)	TERRA (cm ³)	SABBIA (cm ³)	CALCE (cm ³)	PAGLIA (cm ³)	TOT. (cm ³)	TERRA (%)	SABBIA (%)	CALCE (%)	PAGLIA (%)	TOT. (%)		
1000,00	266,57	525,73	202,73	4,98	120,00	274,37	392,40	144,81	41,46	853,04	32,16	46,00	16,98	4,86	100,00		

DIMINUZIONE DEL CONTENUTO D'ARGILLA - g										PERCENTUALI MATERIALI (TERRA - SABBIA)					QUANTITA' DI MATERIALI PER 100 G DI TERRA/SABBIA					
CODICE MALTA	ARGILLA (%)	MASSA TERRA (%)	ARGILLA 9% (g)	TOT TERRA (g)	AGGIUNTA DI SABBIA (g)	TERRA (%)	SABBIA (%)	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	TOT. (g)								
MONTICELLO D'ALBA - MO2	28.37	100,00	9,00	315,22	215,22	31,72	68,28	31,72	68,28	24,43	0,62	125,06								
MONTICELLO D'ALBA - M0 -30.07 - 9 % ARGILLA - MO2																				
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g (cm ³)	LEGANTE P (g/cm ³)	VOLUME LEGANTE 1:4,5 (cm ³)	MASSA LEGANTE (g)	TOT VOLUME (cm ³)	TOT MASSA (g)	% PAGLIA (g)					
CAMPIONE 1	59,44	130,00	164,39	164,77	165,68	164,81	1,269	100,00	78,83	1,40	17,52	24,52	96,35	124,52	0,62					
CAMPIONE 2	59,44	130,00	165,44	166,13	165,93	166,34	1,277	100,00	78,33	1,40	17,41	24,37	95,74	124,37	0,62					
CAMPIONE 3	59,44	130,00	164,91	165,64	166,09	166,26	1,275	100,00	78,44	1,40	17,43	24,40	95,87	124,40	0,62					
VALORE MEDIO	59,44	130,00	164,91	165,52	165,90	165,80	1,27	100,00	78,53	1,40	17,45	24,43	95,99	124,43	0,62					
QUANTITA' PER DIMENSIONI DEL PROVINO (g)													VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (cm ³)				VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (%)			
PESO MISCELA - MO2	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	ACQUA (g)	TERRA (cm ³)	SABBIA (cm ³)	CALCE (cm ³)	PAGLIA (cm ³)	TOT. (cm ³)	TERRA (%)	SABBIA (%)	CALCE (%)	PAGLIA (%)	TOT. (%)					
1000,00	253,68	545,97	195,38	4,98	120,00	224,43	407,51	139,56	41,46	812,95	27,61	50,13	17,17	5,10	100,00					

DIMINUIZIONE DEL CONTENUTO D'ARGILLA - g										PERCENTUALI MATERIALI (TERRA - SABBIA)					QUANTITA' DI MATERIALI PER 100 G DI TERRA/SABBIA				
CODICE MALTA	ARGILLA (%)	MASSA TERRA (%)	ARGILLA 9% (g)	TOT TERRA (g)	AGGIUNTA DI SABBIA (g)	TERRA (%)	SABBIA (%)	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	TOT. (g)							
SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1	27,84	100,00	9,00	309,33	209,33	32,33	67,67	32,33	67,67	25,27	0,63	125,90							
SANTA VITTORIA D'ALBA -30.07 - 9 % ARGILLA - SV1																			
MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g(cm ³)	LEGANTE p (g/cm ³)	VOLUME LEGANTE 1:4.5 (cm3)	MASSA LEGANTE (g)	TOT VOLUME (cm3)	TOT MASSA (g)	% PAGLIA (g)				
CAMPIONE 1	59,44	130,00	158,85	159,24	160,05	159,10	1,225	100,00	81,60	1,40	18,13	25,39	99,73	125,39	0,63				
CAMPIONE 2	59,44	130,00	160,48	160,86	160,09	160,97	1,235	100,00	80,95	1,40	17,99	25,18	98,93	125,18	0,63				
CAMPIONE 3	59,44	130,00	159,90	159,73	160,35	160,81	1,232	100,00	81,15	1,40	18,03	25,25	99,18	125,25	0,63				
VALORE MEDIO	59,44	130,00	159,75	159,94	160,16	160,29	1,23	100,00	81,23	1,40	18,05	25,27	99,28	125,27	0,63				
QUANTITA' PER DIMENSIONI DEL PROVINO (g)										VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (cm3)					VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (%)				
PESO MISCELA - SV1	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	ACQUA (g)	TERRA (cm3)	SABBIA (cm3)	CALCE (cm3)	PAGLIA (cm3)	TOT. (cm3)	TERRA (%)	SABBIA (%)	CALCE (%)	PAGLIA (%)	TOT. (%)				
g	256,77	537,51	200,74	4,98	120,00	255,89	401,20	143,38	41,46	841,93	30,39	47,65	17,03	4,92	100,00				
1000,00																			

MALTA IN GRASSELLO DI CALCE E SABBIA -03.08- - STR

MATERIALE	TARA (g)	VOLUME (cm ³)	PESATA 1 (g)	PESATA 2 (g)	PESATA 3 (g)	PESATA 4 (g)	MASSA VOLUMICA APPARENTE p (g/cm ³)	MASSA (g)	VOLUME PER 100 g (cm ³)	LEGANTE p (g/cm ³)	VOLUME LEGANTE 1:3 (cm ³)	MASSA LEGANTE (g)	TOT VOLUME (cm ³)	TOT MASSA (g)	
(CAMPIONE 1)	59,44	130,00	172,82	173,44	174,24	172,99	1,334	100,00	74,98	1,40	24,99	34,99	99,98	134,99	
(CAMPIONE 2)	59,44	130,00	174,41	174,88	174,68	175,24	1,345	100,00	74,37	1,40	24,79	34,71	99,16	134,71	
(CAMPIONE 3)	59,44	130,00	173,29	174,20	174,84	175,01	1,341	100,00	74,57	1,40	24,86	34,80	99,43	134,80	
(VALORE MEDIO)	59,44	130,00	173,51	174,17	174,59	174,41	1,34	100,00	74,64	1,40	24,88	34,83	99,52	134,83	
VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (%)															
PESO MISCELA - STR															
QUANTITA' PER DIMENSIONI DEL PROVINO (g)															
VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (cm ³)															
(g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	ACQUA (g)												TOT. (%)
				SABBIA (cm ³)	CALCE (cm ³)	TOT. (cm ³)	SABBIA (%)	CALCE (%)	ACQUA (% RISPETTO ALLA SOMMA SABBIA+CALCE)						
1000,00	741,66	258,34	120,00	553,57	184,53	738,10	75,00	25,00	12,00					100,00	

10.2 MALTE A CONFRONTO

A seguito della formulazione delle malte in terra e della malta di confronto confezionata con il grassello di calce possiamo fare le seguenti considerazioni.

Utilizzando la terra come materiale per il confezionamento delle malte abbiamo diminuito il quantitativo di sabbia e di calce rispetto alla malta in sabbia e grassello di calce.

Le terre con codice CE2 e BA1 producono un risparmio in massa rispetto a quella impiegata per la malta STR di sabbia di circa il 37 % e producono un risparmio in termini di grassello di calce del 20 %. Per migliorare ulteriormente il risparmio di calce si potrebbe utilizzare la calce idrata in polvere a discapito però della lavorabilità e della traspirabilità della malta.

Le terre con codice CO2, MO2, SV1 producono un risparmio di sabbia minore rispetto alle terre sopra citate del valore di circa 28 % e producono un risparmio in termini di grassello di calce del 20 %. Il maggiore uso di sabbia per il confezionamento è dovuto al fatto che le terre con i codici CO2, MO2 e SV1 presentavano un elevato contenuto di argilla. Invece, per migliorare ulterior-

mente il risparmio di calce si potrebbe utilizzare la calce idrata in polvere a discapito però della lavorabilità e della traspirabilità della malta.

La malta con codice SP1 rappresenta un caso particolare. Essendo il contenuto di argilla inferiore al 9%, valore di riferimento degli intonaci in terra, non è stata aggiunta una massa di sabbia alla malta. Si ha quindi un risparmio consistente. Il risparmio di grassello di calce in massa è inferiore alle altre malte e corrisponde ad un valore di circa il 17 %. Questo valore è dovuto al fatto che la malta con codice SP1 contiene un minor contenuto di argilla all'interno della massa terra sabbia e per avere gli stessi valori di rendimento è stato impiegato un maggior quantitativo di grassello di calce.

Il legante utilizzato è un grassello di calce stagionato in fossa per 12 mesi e la scelta di utilizzare questo tipo di materiale è legata al fatto che aumenta la lavorabilità della malta in fase di confezionamento e le sue qualità in termini prestazionali. Il grassello di calce è costituito da una massa di calce idrata in polvere diluita in una massa d'acqua del 50 % del peso della massa in polvere. Analizzando i dati e i riferimenti bibliografici di riferimento siamo giunti alla seguente conclusione. Attraverso l'uso della seguente metodologia per il confezionamento delle malte il quantitativo

in peso di grassello di calce utilizzato risulta essere pari a circa il 17 %.

I riferimenti bibliografici citati nel capitolo 6 della fase 3 della tesi riportavano che il contenuto di calce viva e calce idrata in polvere fosse di circa il 10 % rispetto al peso della massa di terra e sabbia. Sapendo che, per ottenere gli stessi valori di rendimento di questi due leganti bisogna impiegare un quantitativo doppio di grassello di calce, la metodologia utilizzata produce risultati simili ai riferimenti adottati, confermando e dimostrandone i valori. Utilizzando come legante la calce idrata in polvere si avrebbe un quantitativo in massa pari a circa il 10 % della massa in terra e sabbia (massa volumica apparente della calce idrata in polvere $0,57 \text{ g/cm}^3$, massa volumica del grassello di calce $1,4 \text{ g/cm}^3$).

Vengono riportati anche i valori delle percentuali delle malte in volume e le differenze del volume occupato dai materiali delle malte in terra e dai materiali della malta in grassello di calce. Inoltre, in ambito cantieristico, le malte sono espresse in parti di volume di un secchio per semplificare la comunicazione e la preparazione delle miscele. Le parti sono espresse da tre numeri di cui il primo è rappresentato dalla massa di terra, il secondo dalla massa di sabbia e il terzo dalla massa di grassello di calce.

La paglia è anche espressa in

parti ma per convenzione viene stabilito che un pugno di paglia corrisponde a 0,5 parti di un secchio da cantiere.

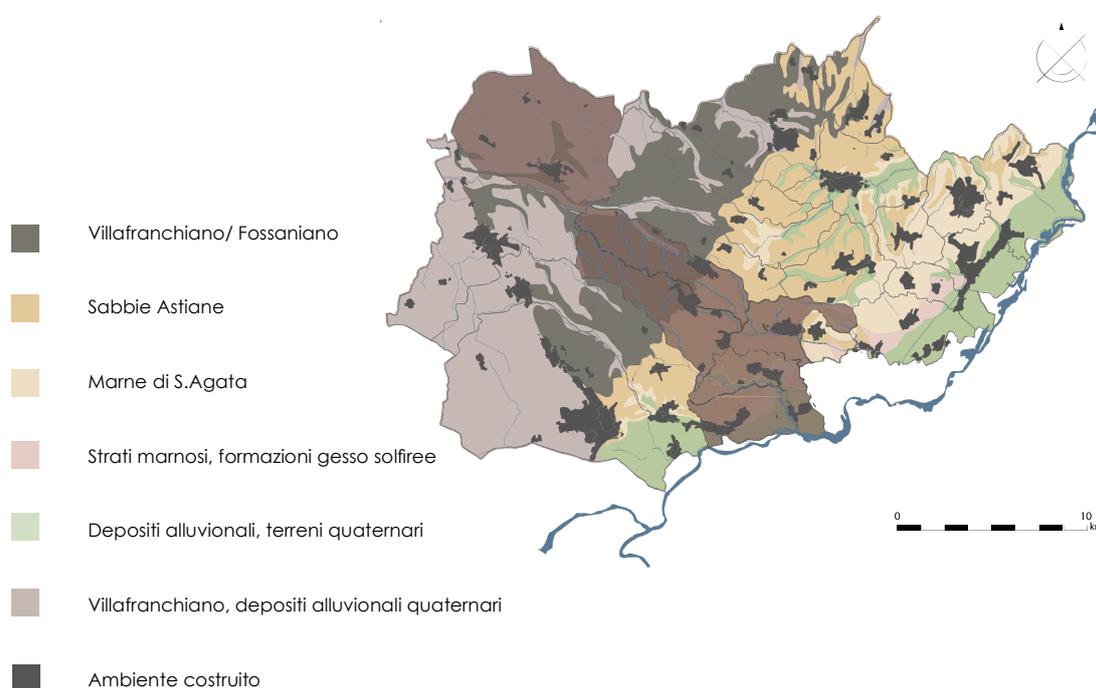
Dalla tabella riportata che esprime i volumi espressi in 12 parti si deducono le seguenti conclusioni. Le terre con codice CE2 e BA1 producono un rapporto 5/5/2 e un pugno di paglia. Le terre impiegate corrispondono alla zona morfologica delle terre del Villafranchiano/Fossaniano che hanno un contenuto di argilla del valore di circa 20 %. La terra con codice SP1 produce un rapporto di 9/0/2 e un pugno di paglia. La terra utilizzata corrisponde alle terre delle Sabbie Astiane. Nelle tesi sviluppate dal docente del Politecnico di Torino Manuela Mattone venivano utilizzate delle terre provenienti da cave delle sabbie astiane.

Queste terre avevano un maggior contenuto di argilla pari a circa il 14 %. Il confronto fra i risultati da me riportati e i valori delle tesi consultate ci porta a dire che il rapporto in parti può essere variabile fra i rapporti 9/0/2 e 7/2/2. Le terre con codice CO2, MO2 e SV1 producono un rapporto in parti di circa 4/6/2. Il maggior contenuto in parti di sabbia è dovuto al fatto che l'argilla contenuta nelle terre è superiore al 26 %. Le terre impiegate corrispondono alla zona morfologica delle Argille Piacenziane e alle Marne del Messiniano.

Grazie alle seguenti conclusioni

riportate si ha un primo quadro conoscitivo delle caratteristiche delle terre del Roero e delle malte confezionabili impiegando le terre locali. Per migliorare ulteriormente i dati da me riportati, i prossimi studi sul campo, potrebbero analizzare le sei terre non studiate in questo elaborato (CE1, BA2, SP2, CO1, MO1, SV2) oppure creare una nuova sezione ridotta perpendicolare alla linea delle rocche ma che intersechi altri paesi facenti parte dell'unione territoriale.

VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (PARTI)				
CODICE MALTA	TERRA (parti)	SABBIA (parti)	CALCE (parti)	PAGLIA (parti)
CE2	5	5	2	0,5
BA1	5	5	2	0,5
SP1	9	0	2	0,5
CO2	4	6	2	0,5
MO2	4	6	2	0,5
SV1	4	6	2	0,5
STR	0	9	3	0,0



Carta geologica del Roero
 Criterio di selezione delle materie prime

QUANTITA' PER DIMENSIONI DEL PROVINO (1000 g)						QUANTITA' PER DIMENSIONI DEL PROVINO (%)				
CODICE MALTA	TERRA (g)	SABBIA (g)	CALCE (g)	PAGLIA (g)	ACQUA (g)	TERRA (%)	SABBIA (%)	CALCE (%)	PAGLIA (%)	ACQUA (% RISPETTO ALLA SOMMA SABBIA+CALCE +TERRA)
CE	311,80	482,94	200,28	4,98	120,00	31,18	48,29	20,03	0,50	12,00
BA	372,82	426,67	195,54	4,98	120,00	37,28	42,67	19,55	0,50	12,00
SP	787,28	0,00	207,75	4,98	120,00	78,73	0,00	20,77	0,50	12,00
CO	266,57	525,73	202,73	4,98	120,00	26,66	52,57	20,27	0,50	12,00
MO	253,68	545,97	195,38	4,98	120,00	25,37	54,60	19,54	0,50	12,00
SV	256,77	537,51	200,74	4,98	120,00	25,68	53,75	20,07	0,50	12,00
STR	0,00	741,66	258,34	0,00	120,00	0,00	75,00	25,00	0,00	12,00

RISPARMIO DELLE MASSE DI SABBIA E CALCE NELLE MALTE RISPETTO ALLA MALTA STR				
MATERIALI IMPIEGATI RISPETTO ALLA MALTA STR (1000 g)			RIDUZIONE IN MASSA% DEI MATERIALI IMPIEGATI RISPETTO A QUELLI UTILIZZATI PER LA MALTA STR	
CODICE MALTA	DIMINUZIONE DELLA SABBIA (g)	DIMINUZIONE DELLA CALCE (g)	DIMINUZIONE DELLA SABBIA (%)	DIMINUZIONE DELLA CALCE (%)
CE	-258,72	-58,06	35,61	19,89
BA	-314,99	-62,80	43,11	21,78
SP	-741,66	-50,59	100,00	16,90
CO	-215,93	-55,61	29,90	18,91
MO	-195,69	-62,96	27,20	21,85
SV	-204,15	-57,60	28,33	19,71



Tabella delle percentuali in peso
 Tabella delle differenza in peso dei pesi
 dei materiali delle malte in terra e della
 malta in calce

VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (cm3)						VOLUMI PER DIMENSIONI DEL PROVINO (%)				
CODICE MALTA	TERRA (cm3)	SABBIA (cm3)	CALCE (cm3)	PAGLIA (cm3)	TOT. (cm3)	TERRA (%)	SABBIA (%)	CALCE (%)	PAGLIA (%)	TOT. (%)
CE2	290,98	360,47	143,06	41,46	835,97	34,81	43,12	17,11	4,96	100,00
BA1	312,11	318,46	139,67	41,46	811,71	38,45	39,23	17,21	5,11	100,00
SP1	593,56	0,00	148,39	41,46	783,41	75,77	0,00	18,94	5,29	100,00
CO2	274,37	392,40	144,81	41,46	853,04	32,16	46,00	16,98	4,86	100,00
MO2	224,43	407,51	139,56	41,46	812,95	27,61	50,13	17,17	5,10	100,00
SV1	255,89	401,20	143,38	41,46	841,93	30,39	47,65	17,03	4,92	100,00
STR	0,00	553,57	184,53	0,00	738,10	0,00	75,00	25,00	0,00	100,00

RISPARMIO DEI VOLUMI DI SABBIA E CALCE NELLE MALTE RISPETTO ALLA MALTA STR				
MATERIALI IMPIEGATI RISPETTO ALLA MALTA STR (cm3)			RIDUZIONE IN VOLUME % DEI MATERIALI IMPIEGATI RISPETTO A QUELLI UTILIZZATI PER LA MALTA STR	
CODICE MALTA	DIMINUZIONE DELLA SABBIA (cm3)	DIMINUZIONE DELLA CALCE (cm3)	DIMINUZIONE DELLA SABBIA (%)	DIMINUZIONE DELLA CALCE (%)
CE	-193,11	-41,47	42,51	31,55
BA	-235,11	-44,86	47,69	31,17
SP	-553,57	-36,14	100,00	24,23
CO	-161,17	-39,72	38,67	32,10
MO	-146,06	-44,97	33,16	31,33
SV	-152,37	-41,14	36,46	31,88

^

Tabella delle percentuali di volume
 Tabella delle differenza dei volumi occupati dai materiali delle malte in terra e dai materiali della malta in calce



FASE 5

PROVE SPERIMENTALI:

11 LE PROVE DI ANALISI

L'attività sperimentale è stata condotta presso i laboratori del DISEG e del DISAT del Politecnico di Torino. Sono stati realizzati alcuni provini per i test sperimentali dei seguenti formati:

- 9 provini del formato uni 4x4x16 cm per prove con ultrasuoni e prove meccaniche. Le dimensioni dei provini fanno riferimento alla norma UNI EN 1015:11:2007.
- 9 provini del formato 3x3x30

cm per prove con ultrasuoni. Le dimensioni fanno riferimento ad un formato sperimentato presso i laboratori del DISEG per confrontare i valori della prova con ultrasuoni eseguita sul formato 4x4x16 cm.

- 3 provini del formato 21x15x0,5 cm su un supporto di celenit da 2 cm. Le dimensioni fanno riferimento a un formato sperimentato presso i laboratori del DISEG per le prove spettrofotometriche.

Le prove sperimentali selezionate hanno lo scopo di fornire ulteriori informazioni sulle malte realizzate e sui materiali impiegati.



Provini realizzati con le terre del Roero

Foto dell'autore

11.1 DIFFRATTOMETRIA A RAGGI X

Per completare il quadro conoscitivo delle caratteristiche dei materiali impiegati è stata eseguita la diffrazione a raggi x che ha con lo scopo di determinare la composizione mineralogica delle terre e della sabbia. La metodologia di analisi sfrutta gli effetti delle interferenze delle radiazioni a raggi X con il reticolo cristallino di un campione. Il reticolo, colpito

da una radiazione di lunghezza d'onda nota λ dello stesso ordine delle distanze dei piani reticolare, devia la radiazione secondo uno specifico angolo θ . Questo principio è noto come legge di Bragg: $n\lambda=2d \text{ sen}\theta$.

La diffrazione dei raggi X da parte dei piani reticolari fornisce una serie di picchi variabili per posizione ed intensità, che definiscono lo spettro di diffrazione caratteristico della sostanza cristallina analizzata¹. Le analisi sono state eseguite presso il laboratorio del DISAT del Politec-

¹ UNI 11305:2009 Beni culturali - Malte storiche - Linee guida per la caratterizzazione mineralogico-petrografica, fisica e chimica delle malte



Preparazione del campione per l'analisi XRD.

Foto dell'autore

nico di Torino. Lo strumento utilizzato nei laboratori del DISAT è un diffrattometro a raggi X modello X'Pert Pro della PANalytical. Le condizioni di analisi impostate sono le seguenti: radiazione Cu Ka1 = 1.545 Å, voltaggio 40 KV e amperaggio 40 mA. La prova è suddivisa in una serie di passaggi procedurali.

1. Preparazione del campione

Sono state analizzate le sei terre con codice CE2, BA1, SP1, CO2, MO2, SV1 e la sabbia a codice STR. Per ogni campione sono stati prelevati 4 g di polvere che sono stati macinati.

Il materiale che dev'essere analizzato, viene inserito in un cilindro metallico che presenta una cavità di raggio 0,5 cm.

2. Acquisizione dei dati e elaborazione

Il cilindro metallico è stato inserito all'interno del macchinario e sono stati rilevati i vari minerali dal rilevatore PIXcel1D. Successivamente i dati registrati sono stati rielaborati dal software HighScore Plus.

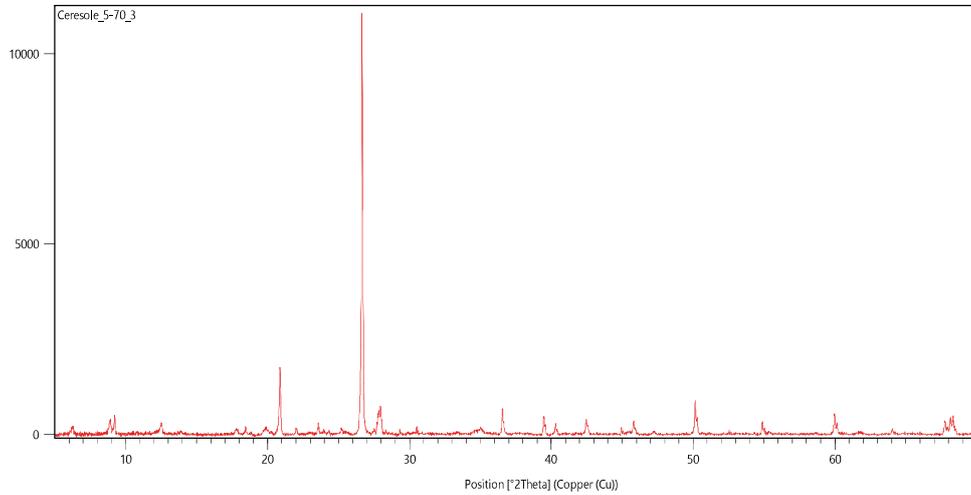
Di seguito, vengono riportati i grafici e le tabelle relative alla composizione mineralogica dei materiali.



Rilevatore PIXcel1d

Foto dell'autore

CERESOLE D'ALBA - CE2



CERESOLE D'ALBA - CE2 - DIFFRATTOMETRIA				
ELEMENTI MINERALI	NOME COMPOSTO	FORMULA CHIMICA	VALORE DA SOFTWARE	%
Quarzo	Ossido di silicio	SiO ₂	34	65
Bornite	Solfuro di rame	Cu ₅ Fe S ₄	2	4
Calcite	Carbonato di calcio	CCaO ₃	2	4
Halite	Cloruro di sodio	NaCl	3	6
Cromo	Cromo	Cr	3	6
Corindone	Ossido di alluminio	Al ₂ O ₃	4	8
Eskolaite	Ossido di cromo	Cr ₂ O ₃	0,5	1
Ematite	Ossido di ferro	Fe ₂ O ₃	3	6
Fluorite	Fluoruro di calcio	CaF ₂	0,5	1
Silicio	Silicio	Si	0	0

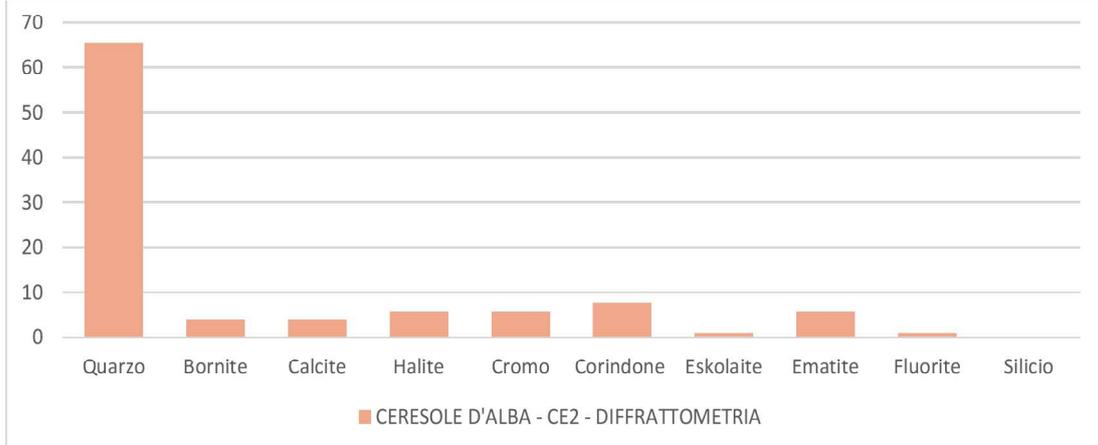
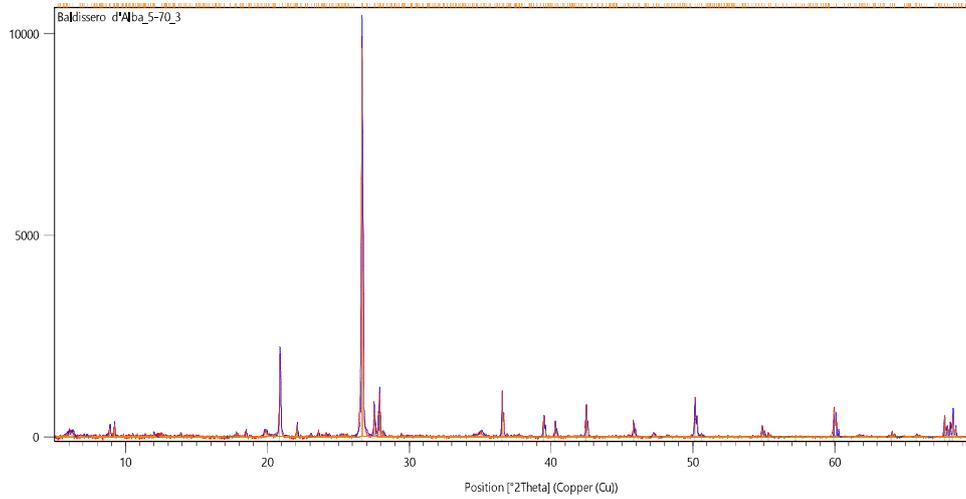


Grafico da software HighScore Plus

Tabella nome composti

Grafico delle percentuali

BALDISSERO D'ALBA - BA1



BALDISSERO D'ALBA - BA1 - DIFFRATTOMETRIA				
ELEMENTI MINERALI	NOME COMPOSTO	FORMULA CHIMICA	VALORE DA SOFTWARE	%
Quarzo	Ossido di silicio	SiO ₂	32	66
Bornite	Solfuro di rame	Cu ₅ Fe S ₄	2	4
Calcite	Carbonato di calcio	CCaO ₃	2	4
Halite	Cloruro di sodio	Nacl	0	0
Cromo	Cromo	Cr	0	0
Corindone	Ossido di alluminio	Al ₂ O ₃	4	8
Eskolaite	Ossido di cromo	Cr ₂ O ₃	0,5	1
Ematite	Ossido di ferro	Fe ₂ O ₃	3	6
Fluorite	Fluoruro di calcio	CaF ₂	1	2
Silicio	Silicio	Si	4	8

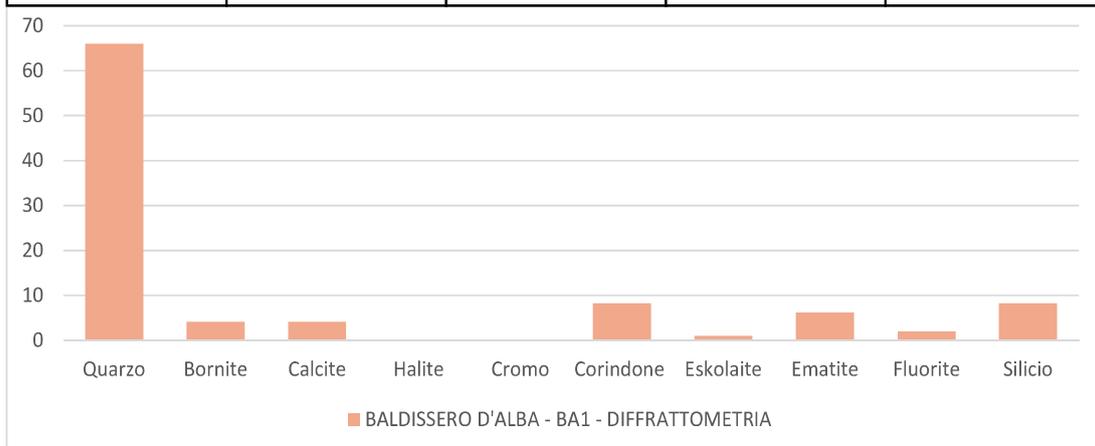
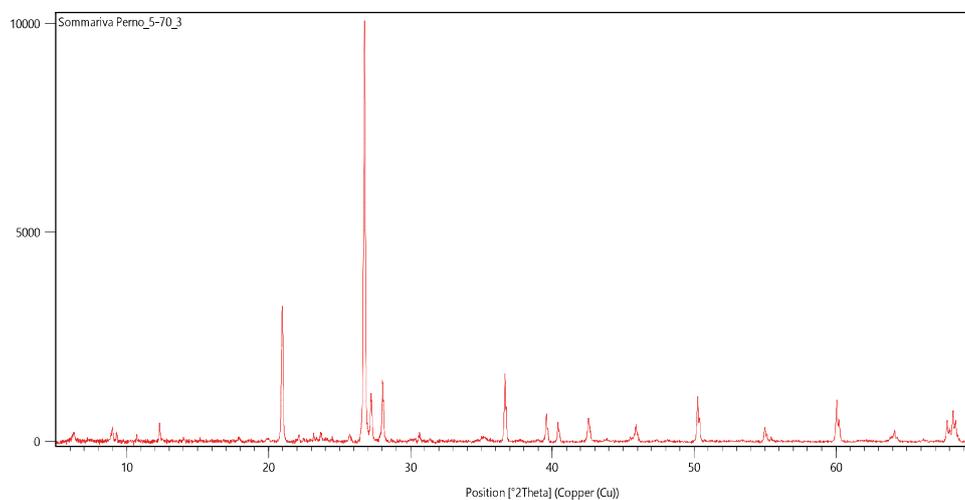



 Grafico da software HighScore Plus
 Tabella nome composti
 Grafico delle percentuali

SOMMARIVA PERNO - SP1



SOMMARIVA PERNO - SP1 - DIFFRATTOMETRIA				
ELEMENTI MINERALI	NOME COMPOSTO	FORMULA CHIMICA	VALORE DA SOFTWARE	%
Quarzo	Ossido di silicio	SiO ₂	18	63
Bornite	Solfuro di rame	Cu ₅ Fe S ₄	1,5	5
Calcite	Carbonato di calcio	CCaO ₃	2	7
Halite	Cloruro di sodio	Nacl	0,5	2
Cromo	Cromo	Cr	0	0
Corindone	Ossido di alluminio	Al ₂ O ₃	3	11
Eskolaite	Ossido di cromo	Cr ₂ O ₃	0,5	2
Ematite	Ossido di ferro	Fe ₂ O ₃	2	7
Fluorite	Fluoruro di calcio	CaF ₂	1	4
Silicio	Silicio	Si		0

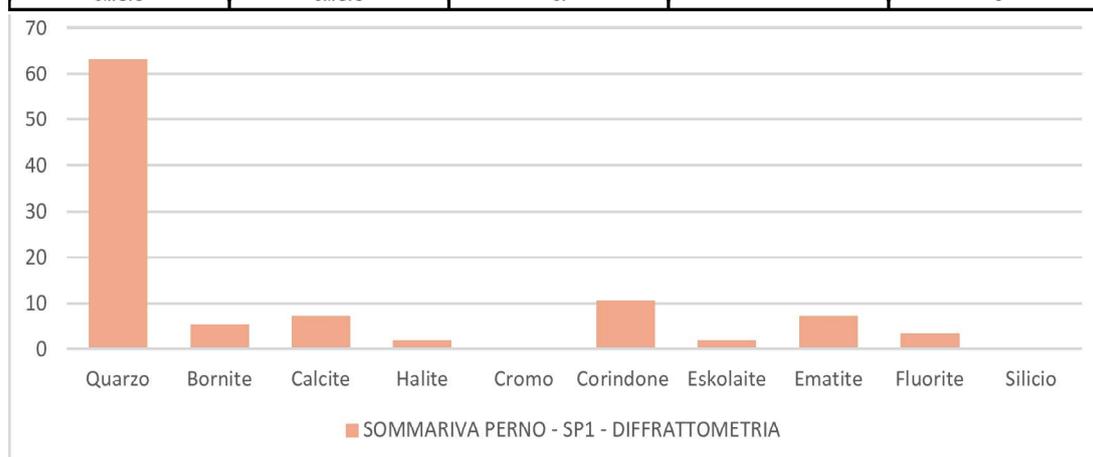
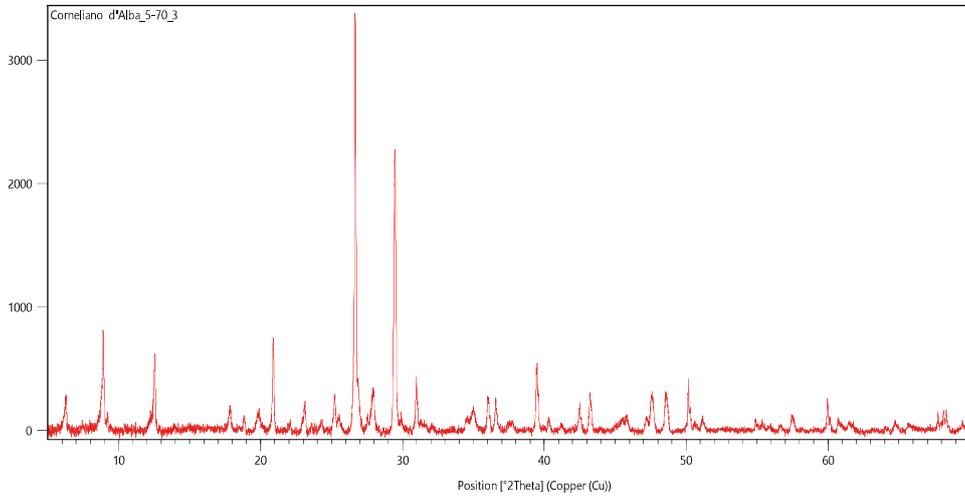


Grafico da software HighScore Plus
 Tabella nome composti
 Grafico delle percentuali

CORNELIANO D'ALBA - CO2



CORNELIANO D'ALBA - CO2 - DIFFRATTOMETRIA				
ELEMENTI MINERALI	NOME COMPOSTO	FORMULA CHIMICA	VALORE DA SOFTWARE	%
Quarzo	Ossido di silicio	SiO ₂	32	38
Bornite	Solfuro di rame	Cu ₅ Fe S ₄	1	1
Calcite	Carbonato di calcio	CCaO ₃	26	31
Halite	Cloruro di sodio	NaCl	5	6
Cromo	Cromo	Cr		0
Corindone	Ossido di alluminio	Al ₂ O ₃	14	16
Eskolaite	Ossido di cromo	Cr ₂ O ₃	0,5	1
Ematite	Ossido di ferro	Fe ₂ O ₃	0,5	1
Fluorite	Fluoruro di calcio	CaF ₂	3	4
Silicio	Silicio	Si	3	4

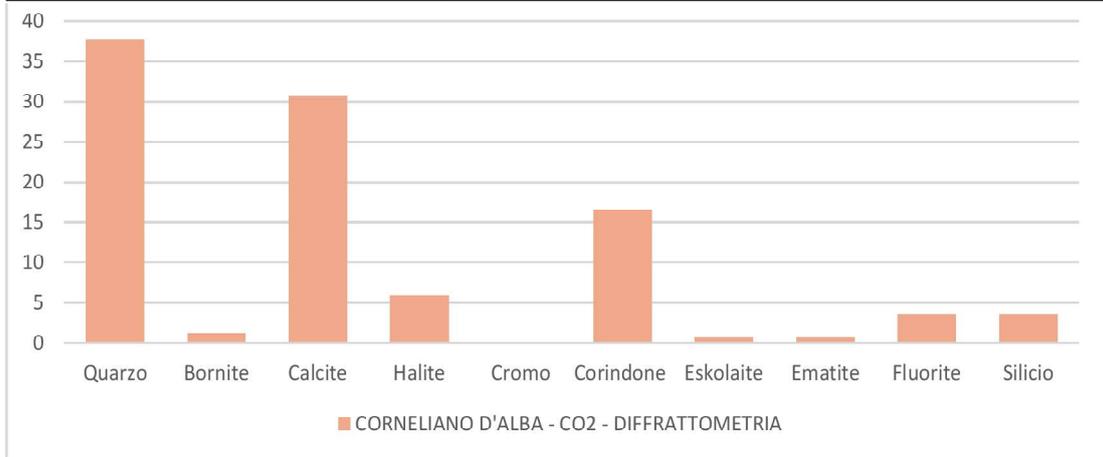
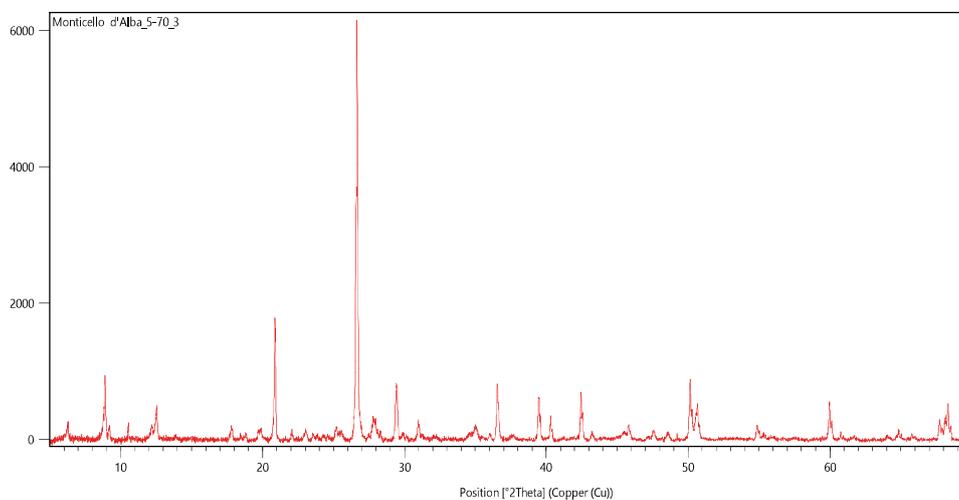


Grafico da software HighScore Plus
 Tabella nome composti
 Grafico delle percentuali

MONTICELLO D'ALBA - MO2



MONTICELLO D'ALBA - MO2 - DIFFRATTOMETRIA				
ELEMENTI MINERALI	NOME COMPOSITO	FORMULA CHIMICA	VALORE DA SOFTWARE	%
Quarzo	Ossido di silicio	SiO ₂	43	50
Bornite	Solfuro di rame	Cu ₅ Fe S ₄	1	1
Calcite	Carbonato di calcio	CCaO ₃	14	16
Halite	Cloruro di sodio	NaCl	3	3
Cromo	Cromo	Cr	8	9
Corindone	Ossido di alluminio	Al ₂ O ₃	8	9
Eskolaite	Ossido di cromo	Cr ₂ O ₃	4	5
Ematite	Ossido di ferro	Fe ₂ O ₃	0,5	1
Fluorite	Fluoruro di calcio	CaF ₂	5	6
Silicio	Silicio	Si	0	0

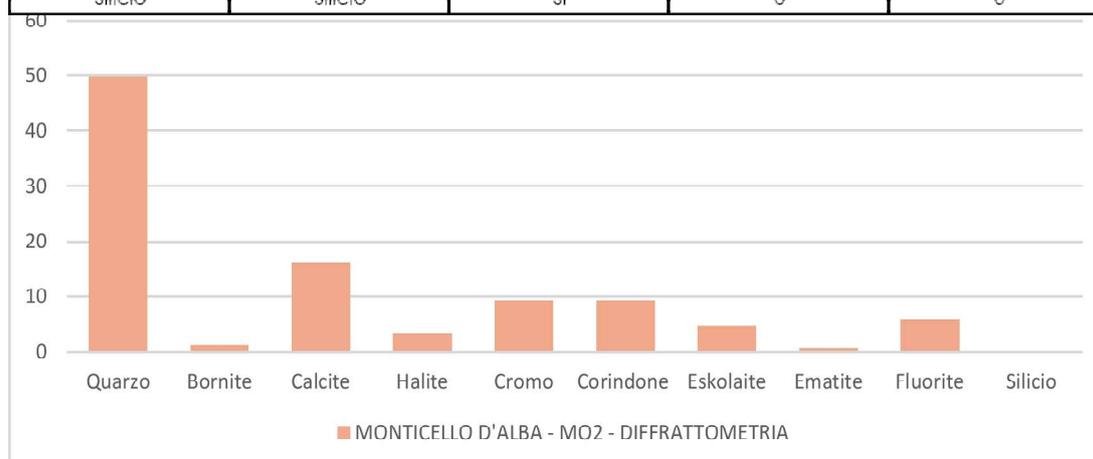
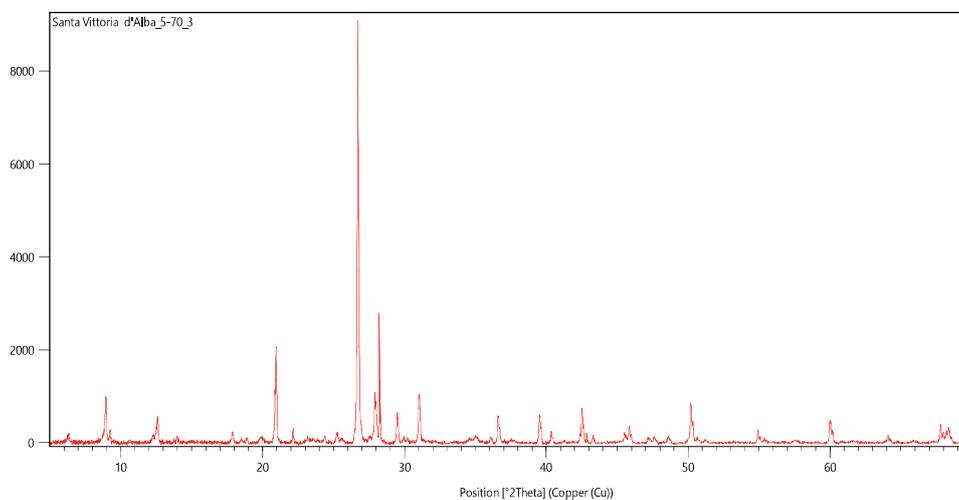


Grafico da software HighScore Plus
 Tabella nome composti
 Grafico delle percentuali

SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1



SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1 - DIFFRATTOMETRIA				
ELEMENTI MINERALI	NOME COMPOSTO	FORMULA CHIMICA	VALORE DA SOFTWARE	%
Quarzo	ossido di silicio	SiO ₂	23	40
Bornite	Solfuro di rame	Cu ₅ Fe S ₄	4	7
Calcite	Carbonato di calcio	CCaO ₃	6	11
Halite	Cloruro di sodio	NaCl	3	5
Cromo	Cromo	Cr		0
Corindone	Ossido di alluminio	Al ₂ O ₃	14	25
Eskolaite	Ossido di cromo	Cr ₂ O ₃	0,5	1
Ematite	Ossido di ferro	Fe ₂ O ₃	0,5	1
Fluorite	Fluoruro di calcio	CaF ₂	4	7
Silicio	Silicio	Si	2	4

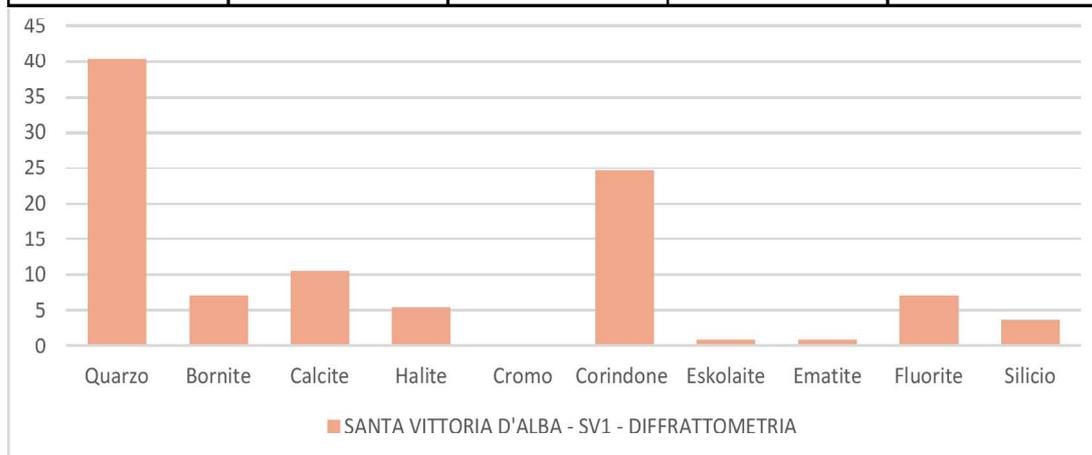
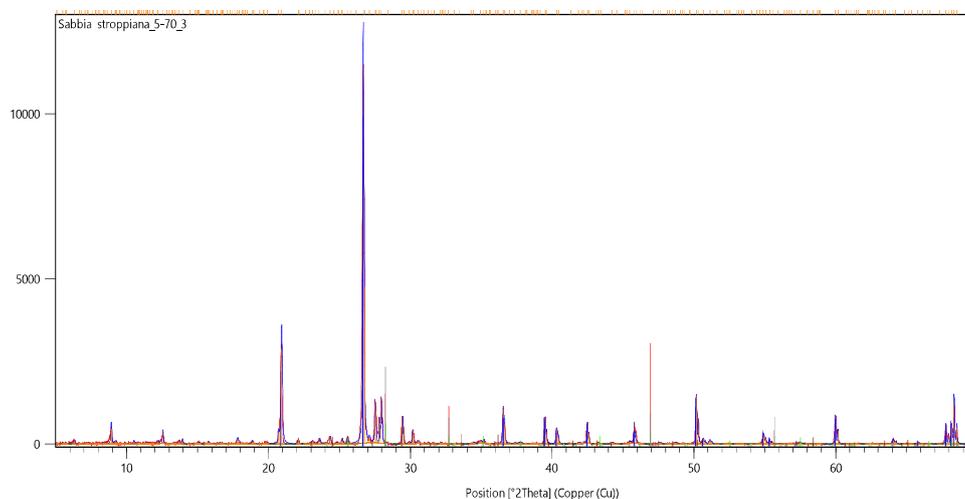


Grafico da software HighScore Plus
 Tabella nome composti
 Grafico delle percentuali

SABBIA STROPPIANA S.R.L - STR



SABBIA STROPPIANA - STR - DIFFRATTOMETRIA				
ELEMENTI MINERALI	NOME COMPOSTO	FORMULA CHIMICA	VALORE DA SOFTWARE	%
Quarzo	ossido di silicio	SiO ₂	30	45
Bornite	Solfuro di rame	Cu ₅ Fe S ₄	1	1
Calcite	Carbonato di calcio	CCaO ₃	8	12
Halite	Cloruro di sodio	NaCl	8	12
Cromo	Cromo	Cr	0	0
Corindone	Ossido di alluminio	Al ₂ O ₃	9	13
Eskolaite	Ossido di cromo	Cr ₂ O ₃	4	6
Ematite	Ossido di ferro	Fe ₂ O ₃	3	4
Fluorite	Fluoruro di calcio	CaF ₂	2	3
Silicio	Silicio	Si	2	3

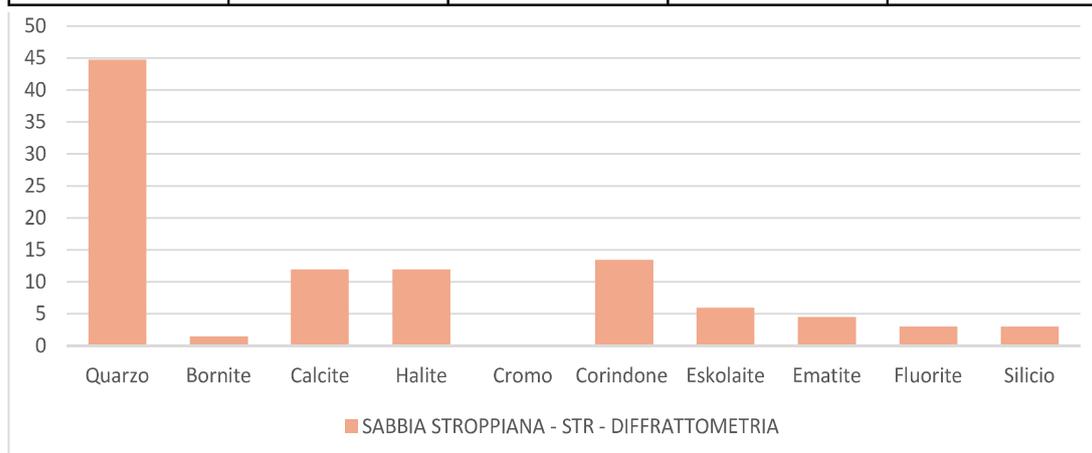


Grafico da software HighScore Plus
 Tabella nome composti
 Grafico delle percentuali

3. Discussione dei risultati:

Tutte le terre analizzate sono costituite da una massa mineralogica di quarzo superiore a circa il 40 %. Analizzando i grafici possiamo raggruppare le terre in alcune categorie:

- Terre rosse: Terre ad alto contenuto di ematite, superiore al 6 %. Le terre che presentano queste caratteristiche hanno il codice CE2, BA1, SP1. Queste terre sono anche caratterizzate da un basso contenuto di carbonato di calcio. Presentano inoltre, un buon

contenuto di corindone. Le terre in questione hanno un contenuto di quarzo superiore al 70 %. Consultando una bibliografia di riferimento possiamo definire le seguenti conclusioni. Le particelle più fini delle terre rosse sono costituite da idrato di alluminio, ossido e idrato di ferro e silice. Sono terre ad elevata capacità di trattenere l'acqua, ciò permette un drenaggio rallentato². La caratteristica colloidale è determinata dall'ossido di Al, dalla presenza di uno scheletro di

² Roberto Salandin, Carta dei suoli del Piemonte, Selca, Firenze, 2001.

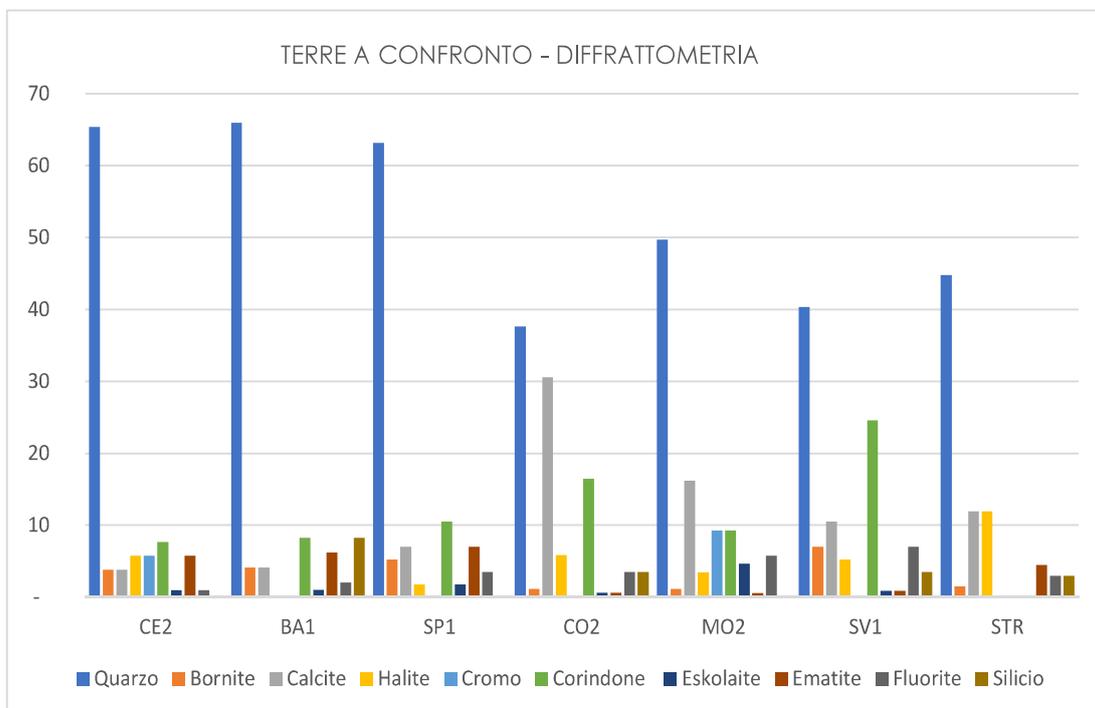


Grafico delle percentuali a confronto

quarzo e corindone. Sono terre con un basso contenuto di calcare a causa di un elevato dilavamento del carbonato di calcio. La spiegazione di questo fenomeno parte dal presupposto che le rocce calcaree vengono lentamente disciolte in acque carbonatiche e ciò che ne rimane è la parte minerale restante³. La terra rossa è da considerarsi come il residuo idrolizzato e ossidato della dissoluzione del calcare. Queste terre hanno tendenzialmente origine fluvio-glaciale. A conferma delle nozioni riportate i terreni con codice CE2, BA1 sono terre di origine quaternaria generatisi per fenomeni fluvio-glaciali⁴. La terra con codice SP1 appartiene alla zona morfologica delle sabbie astiane, originatisi da depositi di un mare poco profondo e paludoso. La caratteristica sabbiosa della terra SP1 è dovuta al fatto che il terreno è costituito da depositi prevalentemente sabbiosi originatisi dal ritiro del mare Tetide che ricopriva la zona. Per tale motivo la presenza di carbonato è ridotta in quanto tale sostanza si genera per depositi lenti di scheletri di microrganismi e

3 Saverio Fiore, *Argille e minerali delle argille, analisi dei materiali argillosi per diffrazione ai raggi X*, Aisa onlus, Milano, 2005

4 Luciano Bertello, *Le terre rosse*, Astisio, Associazione Artistico-Culturale del Roero, Bra, 2000

conchiglie di mari profondi.

- Terre brune: sono terre ad alto contenuto di corindone, superiore al 9 % e ad alto contenuto di calcite, superiore al 11 %. Le terre che presentano queste caratteristiche sono quelle con codice CO2, MO2, SV1. Sono terre con un contenuto di quarzo minore rispetto alle terre precedentemente descritte. Quella che presenta il maggior contenuto ha il codice MO2. Le terre sono ricche di carbonato di calcio, specialmente la terra con codice CO2 che presenta il 31 % della massa composta da tale minerale. La terra a codice SV1 è costituita da un elevato contenuto di corindone pari al 25 %. Consultando una bibliografia di riferimento possiamo definire le seguenti conclusioni. Le terre in questione sono terre con una bassa capacità di ritengno idrico e presentano un contenuto di carbonato di calcio elevato. Sono terre marnose argillose e hanno origine prevalentemente marina da depositi fangosi e sedimentazioni lente. La marna è una roccia di tipo sedimentario composta da una frazione argillosa e da una frazione di carbonato di calcio⁵. A seconda del tenore di calcare e argilla il terreno può essere classifi-

5 Roberto Salandin, *Carta dei suoli del Piemonte*, Selca, Firenze, 2001.

cato in varie fasce⁶. La terra con codice CO2 appartiene alla categoria Marna argillosa (35 %-25% calcare). La terra con codice MO2 appartiene alla categoria delle argille marnose (25%-15 %) e la terra con codice SV1 appartiene alla categoria delle argille debolmente marnose (15%-5%). La componente carbonatica è generata dalla precipitazione di sali o dalla deposizione di particelle organogene derivanti da microrganismi a scheletro o

a guscio calcareo⁷. A confermare queste informazioni riportate sappiamo che le terre con codice CO2, MO2, e SV1 sono terre che si sono generate nel Pliocene/Miocene per sedimentazione dei composti marini del mare profondo Tetide che ricopriva l'area del Roero⁸.

6 G. Boano, B. Molino, U. Solfetti, L'ambiente del Roero: caratteri geomorfologici, storici, naturalistici, Verderero, Torino, 1992.

7 Roberto Salandin, Carta dei suoli del Piemonte, Selca, Firenze, 2001.

8 Elisabetta Soletti, Walter Accigliaro, Antonio Adriano, Luciano Bertello, Massimo Martinelli, Baldassarre Molino, Gian Mario Ricciardi, Umberto Soletti, Roero: viaggio in una terra ritrovata, Imago, Badissero d'Alba, 1997.



Provini realizzati con le terre del Roero

Foto dell'autore

11.2 PROVA CON ULTRASUONI

La prova sperimentale con ultrasuoni è normata dalla norma UNI EN 12504-4:2005⁹. La prova ha come scopo la determinazione della velocità di propagazione dell'onda ultrasonica all'interno del provino testato per determinare il modulo elastico dinamico del materiale. Il suono è una vibrazione meccanica elastica che viene prodotta dall'espansione e dalla compressione delle particelle di un mezzo di propagazione. Le onde che si sviluppano possono essere classificate in due categorie in funzione della modalità della loro propagazione.

- Onde di volume o di corpo (Body waves): costituite da onde che si propagano da una sorgente in tutte le direzioni in un mezzo. Le onde a loro volta possono essere primarie, longitudinali, o secondarie, trasversali rispetto alla principale e di minore intensità.
- Onde superficiali (surface waves): sono onde che si generano a contatto con le discontinuità materiche.

Le onde ultrasoniche sono onde sonore con frequenza compresa fra 20 kHz e 1 GHz e la loro propagazione è in funzione della densità del materiale e delle sue caratteristiche elastiche. Applicando gli ultrasuoni ad un corpo vengono alterati gli equilibri elastici che comportano delle deformazioni in base al tipo di sollecitazione. Misurando il tempo di volo è possibile conoscere la velocità di propagazione nel materiale che viene utilizzato per determinare il modulo elastico dinamico.

La prova è stata attuata presso il laboratorio del DISEG mediante l'apparecchiatura RP 4000 CSM della Sirio. Allo strumento sono stati collegati due cavi coassiali e due sonde. Le sonde utilizzate hanno una frequenza di 50 kHz in riferimento alle indicazioni della normativa vigente che prevede che, per percorsi di lunghezza inferiori a 50 mm, vengano utilizzate delle sonde a frequenze compresa fra 50 e 200 kHz. La normativa prevede un minimo di 6 provini da testare. Per aver un maggior numero di dati da confrontare sono stati testati 9 provini del formato 3x3x30 cm e 9 provini del formato UNI 4x4x16 cm.

La procedura operativa è suddivisa in passaggi:

⁹ UNI EN 12504-4:2005, Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasuonici.

1. Calcolo della densità dei provini:

I provini vengono pesati su una bilancia centesimale e ne viene determinato il peso. Il volume occupato dal provino è in riferimento al cassero utilizzato:

- Provini del formato UNI 4x4x16 cm = 256 cm³
- Provini del formato 3x3x16 cm = 270 cm³

Nota il peso e il volume occupato dal provino si è proceduto al calcolo della densità attraverso la seguente formula:

$$\rho = m/V$$

ρ = densità del provino (g/cm³)

m = massa (g)

V = volume del provino (cm³)

Nella tabella seguente vengono riportati i valori calcolati per i due formati.

Codice malta	MASSA - 4*4*16 cm										V.		DENSITA' MEDIA	
	PR.1	PR.2	PR.3	PR.4	PR.5	PR.6	PR.7	PR.8	PR.9	MEDIA	cm ³	g/cm ³	Kg/m ³	
CE2	399,77	406,27	404,26	397,57	395,97	396,80	407,58	410,48	402,86	402,40	256,00	1,57	1571,86	
BA1	344,18	365,75	351,85	351,44	350,90	348,94	342,62	353,39	354,03	351,46	256,00	1,37	1372,87	
SP1	405,96	393,00	402,41	391,12	399,29	394,67	398,31	391,50	389,28	396,17	256,00	1,55	1547,54	
CO2	377,77	381,75	383,69	382,15	379,54	377,95	383,89	391,01	391,50	383,25	256,00	1,50	1497,07	
MO2	408,19	398,39	376,37	409,13	399,58	384,97	398,40	390,14	408,68	397,09	256,00	1,55	1551,15	
SV1	424,40	433,63	432,18	420,31	421,49	412,17	421,58	407,08	400,01	419,21	256,00	1,64	1637,52	
STR	410,89	418,59	418,07	424,94	431,21	428,90	430,82	414,58	404,80	420,31	256,00	1,64	1641,84	

Codice malta	MASSA - 3*3*30 cm										V.		DENSITA' MEDIA	
	PR.1	PR.2	PR.3	PR.4	PR.5	PR.6	PR.7	PR.8	PR.9	MEDIA	cm ³	g/cm ³	Kg/m ³	
CE2	434,14	452,46	440,44	424,99	429,42	464,43	438,61	439,90	449,50	441,54	270,00	1,64	1635,35	
BA1	366,90	363,17	355,12	356,44	371,94	350,96	376,67	370,76	370,50	364,72	270,00	1,35	1350,81	
SP1	420,41	420,23	394,37	408,96	411,16	418,43	419,26	411,45	404,39	412,07	270,00	1,53	1526,20	
CO2	381,00	410,40	409,03	396,63	390,26	398,69	410,03	410,67	410,70	401,93	270,00	1,49	1488,65	
MO2	431,98	419,32	431,78	420,01	434,91	440,60	416,17	431,39	424,68	427,87	270,00	1,58	1584,71	
SV1	444,93	451,96	446,52	445,23	445,16	440,09	460,89	431,60	480,49	449,65	270,00	1,67	1665,38	
STR	446,98	443,82	449,49	436,36	434,79	441,42	443,38	453,07	435,07	442,71	270,00	1,64	1639,66	

Densità media dei provini realizzati

2. Preparazione della superficie di analisi

La procedura consiste nel levigare la superficie di contatto fra sonda e provino per migliorare le condizioni della superficie di aderenza delle sonde.

3. Calibrazione della Sirio RP 4000 CSM

A seguito del collegamento delle sonde all'apparecchiatura si procede alla calibrazione. Questa operazione viene fatta misurando il tempo di volo di un blocco di riferimento di cui è noto il tempo.

Se l'apparecchiatura riportasse valori differenti, si dovrebbe procedere al settaggio dei parametri di rilevazione portando il valore letto dallo strumento allo stesso valore di riferimento scritto sul blocco di calibrazione. Il riferimento adottato ha un tempo di volo di 53,5 μ s. Per migliorare ulteriormente la precisione di lettura, sulle sonde viene applicato un materiale accoppiante, la plastilina.

4. Applicazione delle sonde

Ultimata la calibrazione si procede all'applicazione delle sonde sulle facce dei provini. Il tempo di volo è misurato sulla lunghezza e le sonde vengono applicate sulle facce da 4x4 cm e da 3x3 cm. Il materiale accoppiante applicato sulle sonde, la

plastilina, ha lo scopo di accoppiare la sonda al provino, migliorandone l'aderenza.

5. Misurazione del tempo di volo

Applicate le sonde ai campi di volo si procede alla misurazioni. Si esercita una buona pressione sulle sonde per migliorare l'adesione e non compromettere il risultato finale.

6. Calcolo del modulo elastico dinamico

Dopo aver misurato tutti i tempi di volo e aver determinato la media dei dati rilevati per ogni malta, si è proceduto al calcolo del modulo elastico dinamico attraverso i seguenti passaggi. Nota la lunghezza e il tempo di volo viene determinata la velocità di propagazione dell'onda nel provino.

$$u_m = L/t_m$$

u_m = velocità di propagazione media (m/s)

L = Lunghezza d'onda del percorso tra sonda emittente e ricevente (m)

T_m = tempo di volo rilevato con la Sirio. (μ s)

Attraverso la velocità media e la densità media calcolata al punto 1. è stato possibile calcolare il modulo elastico dinamico facendo l'inverso della formula della velocità di propagazione.

$$E_d = \rho_m \cdot v_m^2$$

E_d = Modulo elastico dinamico (Pa)

v_m = velocità di propagazione (m/s)

ρ_m = densità della malta formulata (Kg/m³)

In seguito, vengono riportati i valori calcolati per le due tipologie di formato.

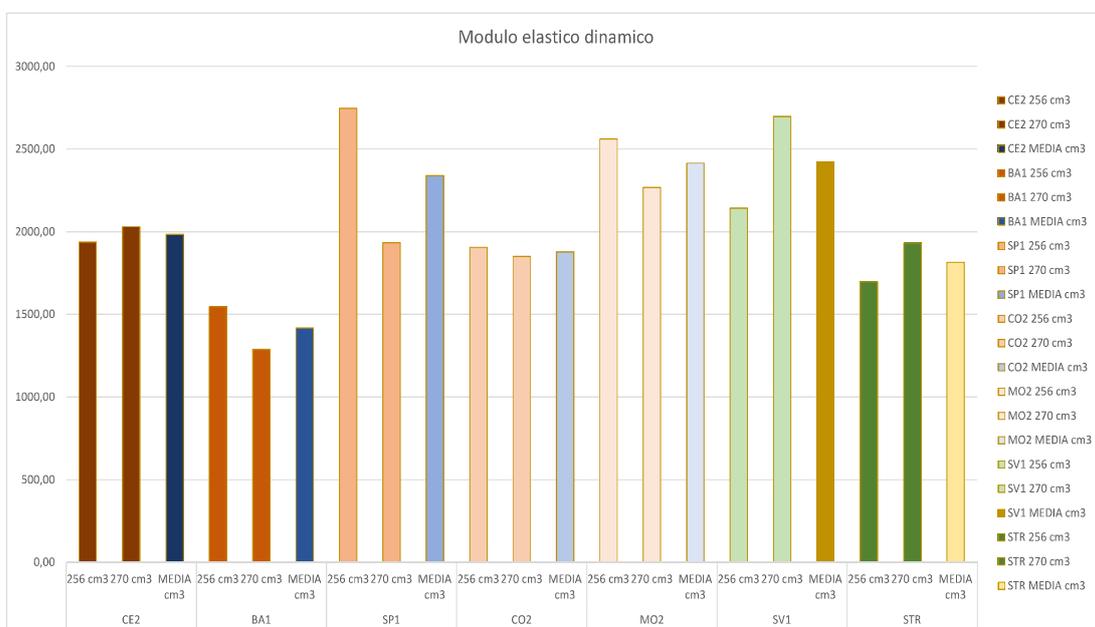
Codice malta	TEMPO DI VOLO (SIRIO) μ s - 4*4*16 cm									
	PR.1	PR.2	PR.3	PR.4	PR.5	PR.6	PR.7	PR.8	PR.9	MEDIA
CE2	148,5	142,6	143,9	149,5	150,6	145,4	139,5	143,3	133,9	144,133
BA1	150,8	145,3	154,3	152,7	148,3	151,7	156,9	149,8	147,3	150,789
SP1	121,2	116	125,2	119,1	120,8	119,6	124,3	118,4	116,6	120,133
CO2	137,8	147,6	143,8	146	146,2	140,8	142,6	135,3	136,1	141,8
MO2	124,4	131,6	115,6	130,4	123,1	125,2	122,6	125,5	122,2	124,511
SV1	148,1	163,1	145,3	144,2	158,3	128,2	144,2	117,8	109,8	139,889
STR	114,1	169,3	166,5	162,8	168,8	168,3	167,7	164,4	134,2	157,344
Codice malta	TEMPO DI VOLO (SIRIO) μ s - 3*3*30 cm									
	PR.1	PR.2	PR.3	PR.4	PR.5	PR.6	PR.7	PR.8	PR.9	MEDIA
CE2	262,8	261,2	270,8	281,3	270,1	272,7	259,2	272,5	272,7	269,256
BA1	305,8	331,9	330,1	293,3	297,3	301,4	290,5	305,5	308,3	307,122
SP1	254,4	264,9	280,2	271	267,3	267,8	266,3	257,5	269,4	266,533
CO2	279,6	266,2	266,8	274,2	268	270,9	263,3	265,6	267,2	269,089
MO2	260,6	237,4	247,1	260,6	249	269,3	243,8	245,9	243,8	250,833
SV1	227,2	237,5	236,6	228,7	233,8	226,7	244,8	242,4	243,9	235,733
STR	270,7	283,9	287,3	282,8	286,7	279,4	271,8	257,3	268,1	276,444



Tempi di volo dei provini realizzati

Codice malta	MODULO ELASTICO DINAMICO (SIRIO) Pa - 4*4*16 cm				
	T. VOLO	PERCORSO	VELOCITA'	DENSITA'	MODULO ELASTICO DINAMICO
	µs	m	m/s	kg/m ³	Mpa
CE2	144,13	0,16	1110,08	1571,86	1936,98
BA1	150,79	0,16	1061,09	1372,87	1545,72
SP1	120,13	0,16	1331,85	1547,54	2745,08
CO2	141,80	0,16	1128,35	1497,07	1906,03
MO2	124,51	0,16	1285,03	1551,15	2561,40
SV1	139,89	0,16	1143,76	1637,52	2142,20
STR	157,34	0,16	1016,88	1641,84	1697,73

Codice malta	MODULO ELASTICO DINAMICO (SIRIO) Pa - 3*3*30 cm				
	T. VOLO	PERCORSO	VELOCITA'	DENSITA'	MODULO ELASTICO DINAMICO
	µs	m	m/s	kg/m ³	Mpa
CE2	269,26	0,30	1114,18	1635,35	2030,12
BA1	307,12	0,30	976,81	1350,81	1288,88
SP1	266,53	0,30	1125,56	1526,20	1933,53
CO2	269,09	0,30	1114,87	1488,65	1850,30
MO2	250,83	0,30	1196,01	1584,71	2266,84
SV1	235,73	0,30	1272,62	1665,38	2697,20
STR	276,44	0,30	1085,21	1639,66	1931,00



Modulo elastico dinamico delle malte
 Grafici a barre dei moduli elastici dinamici
 delle malte realizzate

7. Discussione dei risultati

I test sperimentali effettuati evidenziano i seguenti risultati:

- I provini realizzati hanno un elevato tempo di volo, segno di un'elevata porosità della malta.
- L'analisi dei nove campioni di ogni singola malta produce valori di tempo di volo simili tra loro. Questo fa sì che la misura effettuata può considerarsi corretta per i campioni realizzati.
- I provini confezionati con malte a base di terra e calce hanno un tempo di volo minore rispetto alla malta di riferimento confezionata con grassello di calce e sabbia STR. La diminuzione del tempo è dovuta al fatto che le malte in terra hanno minor porosità rispetto alla malta di riferimento in calce. Questo perché le malte in terra sono malte molto grasse a causa della elevata presenza del limo e delle sabbie fini nella massa di terra/sabbia. L'unica malta ad aver registrato un tempo di volo superiore alla malta di confronto STR è la malta BA1 del formato 3*3*30 cm.
- Confrontando i risultati ottenuti con delle precedenti sperimentazioni effettuate nei laboratori del Politecnico sono emersi analoghi risultati per i valori delle malte confezionate con codice STR delle

dimensioni 4x4x16 cm:

Dati - Tesi di riferimento (Autore)	Ed	Unità di misura
Trimarchi 2015	1691	MPa
Vecchio 2019	1937	MPa
STR	1697	MPa

- I valori dei moduli elastici dinamici registrati per i provini del formato 4*4*16 cm hanno prodotto dei valori simili ai moduli elastici dinamici dei provini di dimensione 3*3*30 cm. Le variazioni dei tempi possono essere legate alla densità dei provini realizzati, alla precisione dell'operatore in fase di prova e alla precisione dello strumento. I provini delle dimensioni 3*3*30 cm hanno una lunghezza maggiore e, durante la prova, l'onda ultrasonica deve percorrere uno spazio maggiore¹⁰. La differenza fra il numero di onde contenute nel provino durante la prova dalle due tipologie realizzate genera delle differenze di valori che incidono sul valore del modulo elastico dinamico. La seguente tabella riporta le differenze fra i moduli elastici rilevati sui due formati testati.

¹⁰ Alessia Trimarchi, Caratterizzazione di malte per interventi di manutenzione e conservazione: criteri di formulazione e miscelazione, confronto tra caratteristiche meccaniche, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Marco Zerbinatti, 2015

DATI A CONFRONTO										
Dati	Unita' di misura	CE2			BA1			SP1		
		256 cm ³	270 cm ³	Δ cm ³	256 cm ³	270 cm ³	Δ cm ³	256 cm ³	270 cm ³	Δ cm ³
Modulo elastico dinamico	(MPa)	1936,98	2030,12	-93,15	1545,72	1288,88	256,84	2745,08	1933,53	811,56

DATI A CONFRONTO													
Dati	Unita' di misura	CO2			MO2			SV1			STR		
		256 cm ³	270 cm ³	Δ cm ³	256 cm ³	270 cm ³	Δ cm ³	256 cm ³	270 cm ³	Δ cm ³	256 cm ³	270 cm ³	Δ cm ³
Modulo elastico dinamico	(MPa)	1906,03	1850,30	55,73	2561,40	2266,84	294,56	2142,20	2697,20	-555,00	1697,73	1931,00	-233,27

- Le malte che producono un delta maggiore sono le malte con codice SP1 (811,56 MPa) e SV1 (555,00 MPa). Le malte che producono un delta minore sono quelle con codice CE2 (93,15 MPa) e CO2 (55,73 MPa). Confrontando i risultati con precedenti sperimentazioni è emerso che anche in quei casi vi erano dei delta fra i risultati prodotti dai due provini che avevano anche risultati maggiori¹¹.
- In media i valori più alti di Ed sono quelli relativi alle malte con codice MO2 e SV1. Le malte con codice CE2 e BA1 hanno un Ed minore rispetto alla malta STR.
- Le terre con codice MO2 e SV1 per essere impiegate

devono essere smagrite con un elevato contenuto di sabbia per diminuire la percentuale di argilla contenuta. Si può notare che queste sono le malte che hanno la densità maggiore e quindi valori di modulo elastico dinamico superiori rispetto alle formulazioni confezionate con le altre terre. La terra con codice CO2 aveva un elevato contenuto di argilla che è stato smagrito in fase di confezionamento con della sabbia. Tuttavia, la sua massa presenta un elevatissimo contenuto di limo. Questa concentrazione abbassa notevolmente la densità del materiale e di conseguenza il valore del modulo elastico. Le terre con

¹¹ Alessia Trimarchi, Caratterizzazione di malte per interventi di manutenzione e conservazione : criteri di formulazione e miscelazione, confronto tra caratteristiche meccaniche, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Marco Zerbinatti , 2015

^
Variazione del modulo elastico dinamico registrato dalle prove condotte sulle due tipologie di provino Range considerato per il modulo elastico dinamico >
delle malte realizzate

codice CE2 e BA1 sono malte che avevano un contenuto di argilla di circa il 20 %. La quantità di sabbia aggiunta è minore rispetto alle formulazioni con gli altri codici. La densità ha valori decisamente minori che generano un modulo elastico dinamico minore anche della malta di confronto STR. La malta con codice SP1 ha prodotto dei risultati contrastanti. In fase di confezionamento non sono state aggiunte percentuali di sabbia per smagrire la malta perché il quantitativo di argilla contenuto dalla massa terrosa è stato considerato sufficiente. La densità della malta produce risultati simili per entrambi i formati ma i tempi di volo risultano essere molto differenti. Infatti, il formato UNI 4*4*16 cm ha

registrato un modulo elastico medio di 2745 Mpa, valore ben superiore alle malte confezionate che indicherebbero di una scarsa porosità del materiale. Al tempo stesso il formato 3*3*30 cm ha fornito risultati simili alla malta STR contraddicendo la teoria formulata.

- In conclusione, i risultati possono essere considerati attendibili ma non esatti perché provenienti da una misurazione non diretta e dinamica. Si possono considerare attendibili i valori contenuti nel range determinato dalla media dei risultati registrati dai due formati maggiorati e diminuiti del 5 %¹².

12 Federico Vecchio, Valutazione delle prestazioni di malte per interventi di manutenzione, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Marco Zerbinatti, 2019.

RANGE MODULO ELASTICO DINAMICO MEDIO (+/- 5%)										
Dati	Unità di misura	CE2			BA1			SP1		
		256 cm ³	270 cm ³	Range Ed	256 cm ³	270 cm ³	Range Ed	256 cm ³	270 cm ³	Range Ed
Modulo elastico dinamico	(MPa)	1936,98	2030,12	1884,37	1545,72	1288,88	1346,44	2745,08	1933,53	2222,34
				2082,73			1488,17			2456,27

RANGE MODULO ELASTICO DINAMICO MEDIO (+/- 5%)													
Dati	Unità di misura	CO2			MO2			SV1			STR		
		256 cm ³	270 cm ³	Range Ed	256 cm ³	270 cm ³	Range Ed	256 cm ³	270 cm ³	Range Ed	256 cm ³	270 cm ³	Range Ed
Modulo elastico dinamico	(MPa)	1906,03	1850,30	1784,26	2561,40	2266,84	2293,42	2142,20	2697,20	2298,72	1697,73	1931,00	1723,64
				1972,07			2534,83			2540,69			1905,08

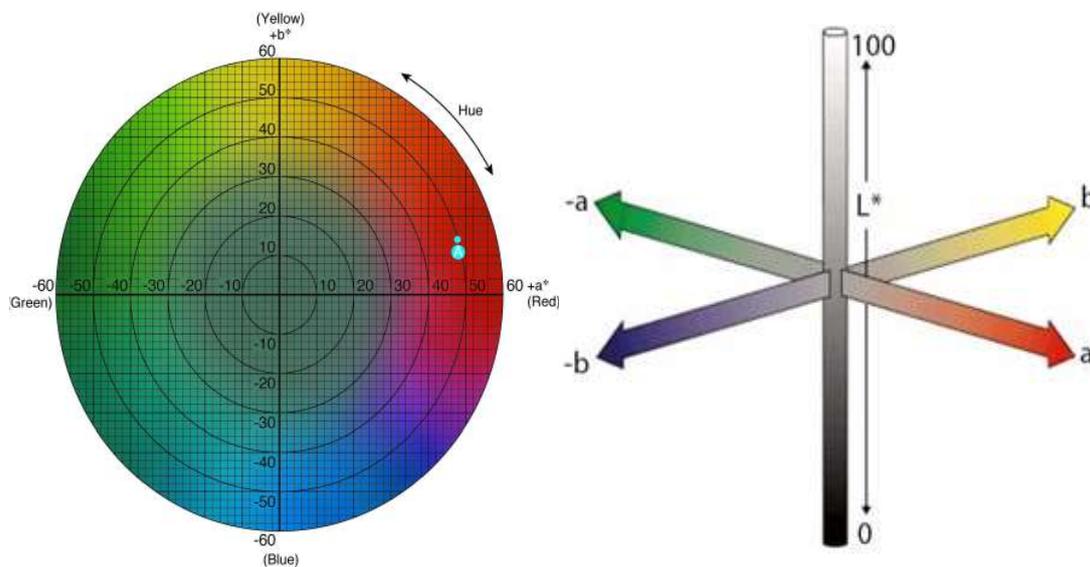
11.3 MISURE SPETTROFOTOMETRICHE

La prova ha come scopo la determinazione delle variazioni colorimetriche di un campione rispetto ad un riferimento impostato. Attraverso questa prova si vuole valutare la variazione di colore ottenuta impiegando le sei terre di riferimento rispetto alla malta in calce e sabbia STR. La valutazione è di tipo estetico ed è utilizzata nell'ambito del restauro per determinare la variazione

di colore delle malte impiegate rispetto alle malte originali.

La prova è stata condotta presso il laboratorio del DISEG del Politecnico di Torino ed è stato utilizzato uno spettrofotometro della Konica-Minolta CM - 700 d. E' stata seguita la procedura europea UNI EN ISO 15886 del 2010 relativa alla misura del colore delle superfici¹³. Per la misurazione del colore è stato utilizzato lo spazio colorimetrico CIEL*a*b*. Il campo è composto da tre indicatori colorimetrici:

13 UNI EN ISO 15886:2010 Conservazione dei Beni Culturali - Metodi di prova - Misura del colore delle superfici



Spazio di colore CIEL*a*b*
www.konicaminolta.it

- L^* = indicatore della luminosità. Variazione da 0 (colore nero) a 100 (bianco).
- a^* = indicatore cromatico dell'asse rosso-verde.
- b^* = indicatore cromatico dell'asse giallo-blu.

E' stata eseguita una duplice prova. Una prima prova per valutare la variazione di colore delle malte a base di terra rispetto alla malta in calce e sabbia STR. Una seconda prova legata al campo del restauro per valutare la variazione del colore di tre campioni d'intonaco prelevati da alcuni ruderi del Roero rispetto alle malte realizzate. Il

primo campione prelevato è stato campionato a Ceresole d'Alba ed è stato confrontato con la malta CE2. Il secondo a Baldissero d'Alba ed è stato confrontato con la malta a codice BA1 ed infine il terzo a Monticello d'Alba che è stato confrontato con la malta MO2.

Sono stati realizzati tre campioni d'intonaco per ogni malta del formato 21x15x0,5 cm. I campioni sono stati lasciati stagionare per più di 28 giorni e successivamente sono state eseguite le misurazioni secondo alcune fasi.



Provini realizzati e spettrofotometro

Foto dell'autore

1. Preparazione del campione

I campioni realizzati hanno subito un processo di invecchiamento artificiale mediante una pasta abrasiva di polvere di quarzo. L'invecchiamento è stato eseguito su metà provino allo scopo di comparare lo stato della malta non invecchiata con quella degradata artificialmente.

2. Esecuzione della prova

Per ogni campione d'intonaco realizzato, tre per ogni malta, sono state effettuate dieci misurazioni ovvero trenta misurazioni per malta. È stato calcolato il valore medio delle trenta misurazioni per le sette malte realizzate e sono stati confrontati i risultati. Prendendo come riferimento la malta STR, sono state calcolate le variazioni colorimetriche di ΔL^* , Δa^* e Δb^* .

Il ΔE^* , cioè il coefficiente adimensionale della variazione colorimetrica, viene determinato per ottenere la variazione di colore delle malte in terra rispetto a quella di riferimento. La formula da normativa è la seguente:

$$\Delta E^* = (((\Delta L^*)^2) + ((\Delta a^*)^2) + ((\Delta b^*)^2))^{1/2}^{14}$$

Per valutare la variazione colorimetrica delle malte realizzate rispetto a dei campioni prelavati

in loco sono state effettuate 20 misurazioni per ogni campione prelevato. I dati acquisiti sono stati comparati con le malte realizzate secondo le procedure sopra citate. Prima di effettuare le misurazioni lo strumento è stato opportunamente calibrato sui colori bianco e nero mediante calibratori specifici della Konica Minolta.

3. Discussione dei risultati

Le variazioni di colore delle malte realizzate rispetto alla malta di riferimento STR sono riportate nelle tabelle a fine capitolo. La normativa indica che il valore limite ΔE^* percepito dall'occhio umano è pari a 5. Questo valore indica la differenza di colore ma non indica in quale modo i colori differiscono.

La variazione colorimetrica dei colori delle malte rispetto alla malta in calce e sabbia STR ha determinato dei valori superiori al riferimento 5 imposto da normativa, indicando una variazione di colore percepibile ad occhio umano. Le malte in terra e calce con codice CE2, BA1 e SP1 hanno prodotto i ΔE^* , mentre le malte con codice CO2, MO2, SV1 hanno prodotto risultati minori ma sempre superiori al valore di riferimento. Analizzando i due estremi, il valore più alto (CE2=21,24) e il valore più basso (CO2=7,03), possiamo dire che le malte confezionate con le terre del Roero determinano

14 UNI EN ISO 15886:2010 Conservazione dei Beni Culturali - Metodi di prova - Misura del colore delle superfici

una variazione colorimetrica significativa rispetto alle malte in sola calce e sabbia. L'aggiunta delle terre varia il colore della malta passando dalle tonalità dei rossi (CE2), dei gialli (BA1, SP1), dei marroni (MO2, SV1) fino ad arrivare alle tonalità dei grigi simili alle malte in calce (CO2). La variazione coloristica è strettamente legata alla componente mineralogica, precedentemente illustrata nel capitolo 11.1 Diffrazione.

Le variazioni di colore delle malte rispetto ai campioni prelevati in loco hanno prodotto risultati differenti rispetto al confronto con la malta in calce e sabbia STR. In questo caso, lo scopo della

prova era verificare la somiglianza delle malte per valutare il loro possibile impiego come materiale per il restauro distinguibile. L'elemento distinguibile è dato dalla variazione colorimetrica e dalla presenza della paglia nelle miscele realizzate.

Le prove spettrofotometriche effettuate su alcuni campioni prelevati da alcuni ruderi del Roero hanno determinato un ΔE^* con valore di circa 5 o inferiore (CE2=5,44 BA1=2,58 MO2=1,90). L'occhio umano è in grado di percepire una variazione superiore solo a tale valore perciò queste malte possono essere impiegate come malte da restauro.



Confronto fra malte realizzate e alcuni campioni d'intonaco

Foto dell'autore

SPETTROFOTOMETRIA

CERESOLE D'ALBA - CE2 - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	61,65	10,83	25,75	65,05	8,45	22,55	67,91	7,50	21,42	64,87	8,93	23,24
Pr. 2	63,83	8,77	23,67	62,04	8,25	20,53	66,73	8,70	22,55	64,20	8,57	22,25
Pr. 3	64,93	10,42	25,94	63,28	8,59	23,03	65,00	9,01	22,29	64,40	9,34	23,75
Pr. 4	64,16	10,18	25,38	63,72	8,16	21,20	66,28	7,93	21,55	64,72	8,76	22,71
Pr. 5	65,75	9,87	25,53	64,21	7,71	20,13	66,65	8,56	22,40	65,54	8,71	22,69
Pr. 6	64,13	9,39	24,22	65,45	8,00	21,55	66,10	8,07	21,32	65,23	8,49	22,36
Pr. 7	64,34	10,00	24,68	63,84	9,21	22,61	66,36	7,71	21,24	64,85	8,97	22,84
Pr. 8	64,02	9,38	23,99	64,17	7,60	21,00	66,74	8,31	21,93	64,98	8,43	22,31
Pr. 9	62,23	9,33	26,55	63,29	8,36	21,21	66,83	9,08	23,45	64,12	8,92	23,74
Pr. 10	64,62	10,16	25,77	63,85	7,76	20,94	66,86	7,92	21,44	65,11	8,61	22,72
Tot.	63,97	9,83	25,15	63,89	8,21	21,48	66,55	8,28	21,96	64,80	8,77	22,86

BALDISSERO D'ALBA - BA1 - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	69,66	4,16	19,31	72,19	4,17	19,44	71,08	5,08	20,86	70,98	4,47	19,87
Pr. 2	66,99	5,03	29,74	73,46	4,35	20,11	67,64	4,64	19,20	69,36	4,67	23,02
Pr. 3	68,61	4,14	19,20	72,66	3,59	17,80	67,60	4,99	20,24	69,62	4,24	19,08
Pr. 4	69,94	4,46	19,85	64,02	4,85	22,73	68,12	5,22	19,86	67,36	4,84	20,81
Pr. 5	69,44	4,72	20,29	71,31	3,51	18,25	67,40	4,64	19,15	69,38	4,29	19,23
Pr. 6	70,01	4,35	19,64	73,20	3,95	18,96	69,27	4,60	19,97	70,83	4,30	19,52
Pr. 7	68,23	4,68	24,08	75,24	3,76	19,30	66,66	4,43	18,88	70,04	4,29	20,75
Pr. 8	68,09	4,44	19,08	73,32	4,34	19,73	69,12	4,62	19,65	70,18	4,47	19,49
Pr. 9	69,13	4,15	19,58	75,65	4,22	20,84	69,24	4,27	19,82	71,34	4,21	20,08
Pr. 10	72,76	5,07	22,58	73,56	4,33	20,38	69,97	4,70	19,91	72,10	4,70	20,96
Tot.	69,29	4,52	21,34	72,46	4,11	19,75	68,61	4,72	19,75	70,12	4,45	20,28

SOMMARIVA PERNO - SP1 - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	75,87	3,38	19,74	77,34	2,67	19,02	75,41	4,43	21,19	76,21	3,49	19,98
Pr. 2	76,46	3,06	18,96	77,04	2,64	18,19	75,97	4,37	21,09	76,49	3,36	19,41
Pr. 3	75,33	2,88	18,27	74,01	3,22	19,48	74,18	4,33	20,88	74,51	3,48	19,54
Pr. 4	74,47	3,62	19,09	77,44	2,82	18,94	74,05	3,90	19,59	75,32	3,45	19,21
Pr. 5	76,23	3,07	19,35	77,21	2,72	19,21	73,91	3,98	19,64	75,78	3,26	19,40
Pr. 6	74,45	2,86	18,52	77,51	2,37	18,51	71,37	3,72	18,64	74,44	2,98	18,56
Pr. 7	73,21	3,41	19,86	77,12	2,31	17,93	74,75	4,14	20,60	75,03	3,29	19,46
Pr. 8	72,40	2,52	17,08	76,08	2,72	18,11	74,20	4,26	20,10	74,23	3,17	18,43
Pr. 9	74,56	3,04	19,22	75,46	3,26	19,38	74,20	4,26	20,10	74,74	3,52	19,57
Pr. 10	76,63	3,14	19,69	76,05	2,39	18,04	74,53	4,53	22,16	75,74	3,35	19,96
Tot.	74,96	3,10	18,98	76,53	2,71	18,68	74,26	4,19	20,40	75,25	3,33	19,35

CORNELIANO D'ALBA - CO2 - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	74,49	1,07	12,79	72,33	1,01	14,22	73,54	1,12	12,76	73,45	1,07	13,26
Pr. 2	72,62	0,85	12,96	74,11	1,05	12,62	73,16	1,04	12,66	73,30	0,98	12,75
Pr. 3	73,91	1,14	12,68	73,32	0,98	13,84	73,87	1,14	12,76	73,70	1,09	13,09
Pr. 4	74,99	0,80	11,72	71,87	0,82	11,71	73,53	1,10	12,51	73,46	0,91	11,98
Pr. 5	75,15	0,85	11,97	71,31	1,42	12,47	73,76	0,98	12,38	73,41	1,08	12,27
Pr. 6	72,70	0,99	11,78	72,27	1,40	12,46	70,77	1,44	12,54	71,91	1,28	12,26
Pr. 7	73,71	0,90	12,11	74,10	1,03	13,02	69,56	1,49	12,70	72,46	1,14	12,61
Pr. 8	73,74	1,02	12,30	73,49	1,16	12,95	72,91	0,98	12,18	73,38	1,05	12,48
Pr. 9	73,71	0,86	11,97	73,66	0,98	12,47	72,51	1,27	12,44	73,29	1,04	12,29
Pr. 10	75,16	1,13	12,61	73,94	1,10	12,71	73,19	1,14	12,73	74,10	1,12	12,68
Tot.	74,02	0,96	12,29	73,04	1,10	12,85	72,68	1,17	12,57	73,25	1,08	12,57

MONTICELLO D'ALBA - MO2 - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	73,26	2,15	15,70	72,49	1,93	15,01	73,96	2,03	14,06	73,24	2,04	14,92
Pr. 2	72,46	1,90	14,23	72,39	2,25	15,26	73,50	2,05	15,81	72,78	2,07	15,10
Pr. 3	72,53	2,05	14,16	71,87	1,83	14,49	69,82	1,92	13,12	71,41	1,93	13,92
Pr. 4	72,90	1,47	13,49	73,10	1,76	14,05	70,58	2,29	13,80	72,19	1,84	13,78
Pr. 5	72,65	2,18	14,76	71,22	1,74	13,40	73,15	1,68	13,40	72,34	1,87	13,85
Pr. 6	72,32	1,87	14,05	71,07	1,85	14,03	73,36	2,07	15,52	72,25	1,93	14,53
Pr. 7	69,93	1,97	13,92	71,16	1,51	13,39	70,95	1,51	14,95	70,68	1,66	14,09
Pr. 8	72,40	1,98	15,14	73,57	1,77	14,68	71,18	1,78	13,86	72,38	1,84	14,56
Pr. 9	74,23	1,74	14,14	70,87	2,11	16,01	73,38	1,87	14,30	72,83	1,91	14,82
Pr. 10	72,72	1,69	13,76	70,46	1,84	14,17	72,07	2,55	15,54	71,75	2,03	14,49
Tot.	72,54	1,90	14,34	71,82	1,86	14,45	72,20	1,98	14,44	72,19	1,91	14,41

SANTA VITTORIA D'ALBA - SV1 - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	74,32	1,54	14,61	73,01	1,98	16,78	72,05	1,81	16,17	73,13	1,78	15,85
Pr. 2	73,56	1,55	14,25	69,88	1,98	15,60	73,82	1,76	16,26	72,42	1,76	15,37
Pr. 3	72,85	1,22	13,75	73,80	1,77	16,12	72,17	1,99	16,21	72,94	1,66	15,36
Pr. 4	73,63	1,20	13,49	72,53	1,65	15,16	74,12	1,68	15,79	73,43	1,51	14,81
Pr. 5	74,57	1,38	14,77	74,32	1,61	15,63	72,98	1,74	16,06	73,96	1,58	15,49
Pr. 6	73,01	1,89	15,71	72,20	1,95	15,38	71,80	2,15	16,80	72,34	2,00	15,96
Pr. 7	73,26	1,82	15,08	70,93	1,85	15,84	68,59	2,31	16,49	70,93	1,99	15,80
Pr. 8	74,02	1,73	15,54	72,22	1,52	14,72	71,89	1,74	15,38	72,71	1,66	15,21
Pr. 9	72,85	1,79	15,25	73,57	1,64	15,50	73,57	1,77	16,18	73,33	1,73	15,64
Pr. 10	73,22	1,56	14,28	73,18	1,85	15,94	73,28	1,82	16,47	73,23	1,74	15,56
Tot.	73,53	1,57	14,67	72,56	1,78	15,67	72,43	1,88	16,18	72,84	1,74	15,51

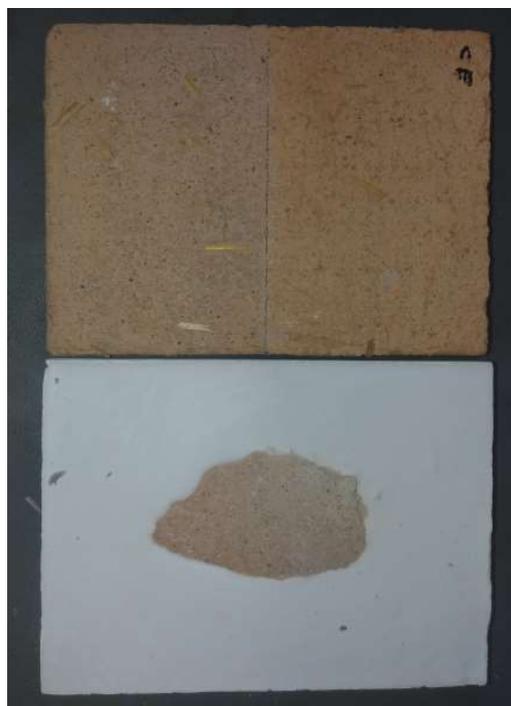
GRASSELLO DI CALCE E SABBIA - STR - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	80,39	1,06	10,94	76,27	0,77	8,33	82,82	0,88	8,97	79,83	0,90	9,41
Pr. 2	79,70	1,16	10,41	78,78	1,09	9,70	78,82	1,00	9,58	79,10	1,08	9,90
Pr. 3	81,05	1,01	10,67	79,73	1,31	10,17	78,72	0,95	9,24	79,83	1,09	10,03
Pr. 4	75,84	1,38	11,19	79,69	1,21	10,27	82,66	0,96	9,22	79,40	1,18	10,23
Pr. 5	79,41	0,90	10,15	77,35	1,29	10,82	80,41	0,80	9,25	79,06	1,00	10,07
Pr. 6	80,61	0,91	10,01	78,37	1,55	10,49	82,61	0,92	8,87	80,53	1,13	9,79
Pr. 7	79,40	0,77	9,67	81,30	0,98	9,99	82,05	0,51	9,17	80,92	0,75	9,61
Pr. 8	80,71	0,93	10,28	72,51	1,53	9,66	81,31	1,15	10,04	78,18	1,20	9,99
Pr. 9	80,73	0,93	10,25	80,62	1,04	10,00	81,10	0,97	9,56	80,82	0,98	9,94
Pr. 10	83,26	0,89	10,54	78,64	1,27	10,55	77,58	1,19	8,83	79,83	1,12	9,97
Tot.	80,11	0,99	10,41	78,33	1,20	10,00	80,81	0,93	9,27	79,75	1,04	9,89

MALTE A CONFRONTO - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA							
N° prova	Media			Deviazione standard rispetto alla malta STR			Metrica CIEL*a*b*
	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	
STR	79,75	1,04	9,89	0,00	0,00	0,00	0,00
CE2	64,80	8,77	22,86	14,95	-7,73	-12,97	21,24
BA1	70,12	4,45	20,28	9,63	-3,41	-10,39	14,57
SP1	75,25	3,33	19,35	4,50	-2,29	-9,46	10,72
CO2	73,25	1,08	12,57	6,50	-0,03	-2,67	7,03
MO2	72,19	1,91	14,41	7,56	-0,87	-4,51	8,85
SV1	72,84	1,74	15,51	6,91	-0,70	-5,61	8,93

Ceresole d'Alba



1.



2.

CERESOLE D'ALBA - CE2 - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	61,65	10,83	25,75	65,05	8,45	22,55	67,91	7,50	21,42	64,87	8,93	23,24
Pr. 2	63,83	8,77	23,67	62,04	8,25	20,53	66,73	8,70	22,55	64,20	8,57	22,25
Pr. 3	64,93	10,42	25,94	63,28	8,59	23,03	65,00	9,01	22,29	64,40	9,34	23,75
Pr. 4	64,16	10,18	25,38	63,72	8,16	21,20	66,28	7,93	21,55	64,72	8,76	22,71
Pr. 5	65,75	9,87	25,53	64,21	7,71	20,13	66,65	8,56	22,40	65,54	8,71	22,69
Pr. 6	64,13	9,39	24,22	65,45	8,00	21,55	66,10	8,07	21,32	65,23	8,49	22,36
Pr. 7	64,34	10,00	24,68	63,84	9,21	22,61	66,36	7,71	21,24	64,85	8,97	22,84
Pr. 8	64,02	9,38	23,99	64,17	7,60	21,00	66,74	8,31	21,93	64,98	8,43	22,31
Pr. 9	62,23	9,33	26,55	63,29	8,36	21,21	66,83	9,08	23,45	64,12	8,92	23,74
Pr. 10	64,62	10,16	25,77	63,85	7,76	20,94	66,86	7,92	21,44	65,11	8,61	22,72
Tot.	63,97	9,83	25,15	63,89	8,21	21,48	66,55	8,28	21,96	64,80	8,77	22,86

CAMPIONE 1 - CERESOLE D'ALBA - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA													
N° prova	Provino 1			Provino 2			Media			Deviazione standard rispetto alla malta CE2			Metrica CIEL*a*b*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL*	Δa*	Δb*	
Pr. 1	64,49	8,96	20,14	68,70	7,53	18,61	66,60	8,25	19,38	-1,73	0,68	3,87	4,29
Pr. 2	67,57	8,37	20,07	68,90	8,48	20,27	68,24	8,43	20,17	-4,04	0,15	2,08	4,54
Pr. 3	70,35	8,35	19,75	66,66	8,65	20,17	68,51	8,50	19,96	-4,10	0,84	3,79	5,65
Pr. 4	71,13	6,55	17,17	69,47	8,36	20,56	70,30	7,46	18,87	-5,58	1,30	3,85	6,90
Pr. 5	70,21	7,69	19,95	70,58	6,71	17,09	70,40	7,20	18,52	-4,86	1,51	4,17	6,58
Pr. 6	70,87	7,80	19,80	67,87	9,23	21,50	69,37	8,52	20,65	-4,14	-0,03	1,71	4,48
Pr. 7	66,39	6,24	17,00	65,83	9,66	21,49	66,11	7,95	19,25	-1,26	1,02	3,60	3,95
Pr. 8	68,30	9,03	20,55	69,74	7,99	19,60	69,02	8,51	20,08	-4,04	-0,08	2,23	4,62
Pr. 9	68,96	8,35	20,13	70,26	7,52	19,23	69,61	7,94	19,68	-5,49	0,99	4,06	6,90
Pr. 10	70,01	8,03	20,00	70,98	7,42	18,56	70,50	7,73	19,28	-5,39	0,89	3,44	6,45
Tot.	68,83	7,94	19,46	68,90	8,16	19,71	68,86	8,05	19,58	-4,06	0,73	3,28	5,44



1. "Ciabot", Ceresole d'Alba

2. Malta CE2 a confronto con un campione d'intonaco

Baldissero d'Alba



1.



2.

BALDISSERO D'ALBA - BA1 - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	69,66	4,16	19,31	72,19	4,17	19,44	71,08	5,08	20,86	70,98	4,47	19,87
Pr. 2	66,99	5,03	29,74	73,46	4,35	20,11	67,64	4,64	19,20	69,36	4,67	23,02
Pr. 3	68,61	4,14	19,20	72,66	3,59	17,80	67,60	4,99	20,24	69,62	4,24	19,08
Pr. 4	69,94	4,46	19,85	64,02	4,85	22,73	68,12	5,22	19,86	67,36	4,84	20,81
Pr. 5	69,44	4,72	20,29	71,31	3,51	18,25	67,40	4,64	19,15	69,38	4,29	19,23
Pr. 6	70,01	4,35	19,64	73,20	3,95	18,96	69,27	4,60	19,97	70,83	4,30	19,52
Pr. 7	68,23	4,68	24,08	75,24	3,76	19,30	66,66	4,43	18,88	70,04	4,29	20,75
Pr. 8	68,09	4,44	19,08	73,32	4,34	19,73	69,12	4,62	19,65	70,18	4,47	19,49
Pr. 9	69,13	4,15	19,58	75,65	4,22	20,84	69,24	4,27	19,82	71,34	4,21	20,08
Pr. 10	72,76	5,07	22,58	73,56	4,33	20,38	69,97	4,70	19,91	72,10	4,70	20,96
Tot.	69,29	4,52	21,34	72,46	4,11	19,75	68,61	4,72	19,75	70,12	4,45	20,28

CAMPIONE 2 - BALDISSERO D'ALBA - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA													
N° prova	Provino 1			Provino 2			Media			Deviazione standard rispetto alla malta BA1			Metrica CIEL*a*b*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE*
Pr. 1	68,09	5,29	20,11	68,61	4,82	19,60	68,35	5,06	19,86	2,63	-0,59	0,02	2,69
Pr. 2	67,79	4,89	18,93	70,23	5,05	20,43	69,01	4,97	19,68	0,35	-0,30	3,34	3,37
Pr. 3	68,97	5,31	20,31	69,51	5,20	20,86	69,24	5,26	20,59	0,38	-1,02	-1,51	1,86
Pr. 4	70,21	5,21	19,58	69,46	5,26	20,63	69,84	5,24	20,11	-2,47	-0,39	0,71	2,60
Pr. 5	66,00	4,96	19,16	68,37	6,19	22,62	67,19	5,58	20,89	2,20	-1,29	-1,66	3,04
Pr. 6	66,09	5,35	20,17	70,91	5,17	20,33	68,50	5,26	20,25	2,33	-0,96	-0,73	2,62
Pr. 7	69,29	4,98	19,76	66,25	5,22	19,77	67,77	5,10	19,77	2,27	-0,81	0,99	2,61
Pr. 8	67,55	4,75	19,10	69,52	5,28	19,64	68,54	5,02	19,37	1,64	-0,55	0,12	1,73
Pr. 9	68,32	5,36	20,43	70,29	4,71	20,26	69,31	5,04	20,35	2,03	-0,82	-0,26	2,21
Pr. 10	69,17	5,69	20,98	69,23	5,58	21,42	69,20	5,64	21,20	2,90	-0,94	-0,24	3,05
Tot.	68,15	5,18	19,85	69,24	5,25	20,56	68,69	5,21	20,20	1,43	-0,76	0,08	2,58

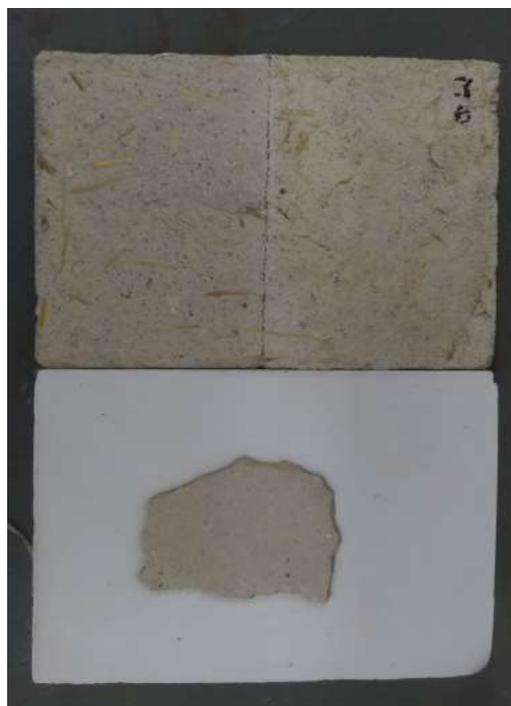


1. Abitazione rurale, Baldissero d'Alba
2. Malta BA1 a confronto con un campione d'intonaco

Monticello d'Alba



1.



2.

MONTICELLO D'ALBA - MO2 - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA												
N° prova	Provino 1			Provino 2			Provino 3			Media		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pr. 1	73,26	2,15	15,70	72,49	1,93	15,01	73,96	2,03	14,06	73,24	2,04	14,92
Pr. 2	72,46	1,90	14,23	72,39	2,25	15,26	73,50	2,05	15,81	72,78	2,07	15,10
Pr. 3	72,53	2,05	14,16	71,87	1,83	14,49	69,82	1,92	13,12	71,41	1,93	13,92
Pr. 4	72,90	1,47	13,49	73,10	1,76	14,05	70,58	2,29	13,80	72,19	1,84	13,78
Pr. 5	72,65	2,18	14,76	71,22	1,74	13,40	73,15	1,68	13,40	72,34	1,87	13,85
Pr. 6	72,32	1,87	14,05	71,07	1,85	14,03	73,36	2,07	15,52	72,25	1,93	14,53
Pr. 7	69,93	1,97	13,92	71,16	1,51	13,39	70,95	1,51	14,95	70,68	1,66	14,09
Pr. 8	72,40	1,98	15,14	73,57	1,77	14,68	71,18	1,78	13,86	72,38	1,84	14,56
Pr. 9	74,23	1,74	14,14	70,87	2,11	16,01	73,38	1,87	14,30	72,83	1,91	14,82
Pr. 10	72,72	1,69	13,76	70,46	1,84	14,17	72,07	2,55	15,54	71,75	2,03	14,49
Tot.	72,54	1,90	14,34	71,82	1,86	14,45	72,20	1,98	14,44	72,19	1,91	14,41

CAMPIONE 3 - MONTICELLO D'ALBA - 02.09.2019 - SPETTROFOTOMETRIA													
N° prova	Provino 1			Provino 2			Media			Deviazione standard rispetto alla malta MO2			Metrica CIEL*a*b*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL*	Δa*	Δb*	
Pr. 1	73,06	2,68	15,00	74,83	2,15	14,12	73,95	2,42	14,56	-0,71	-0,38	0,36	0,88
Pr. 2	72,59	2,52	14,87	75,25	2,07	13,87	73,92	2,30	14,37	-1,14	-0,23	0,73	1,37
Pr. 3	74,05	2,56	15,50	73,75	2,83	16,18	73,90	2,70	15,84	-2,49	-0,76	-1,92	3,24
Pr. 4	74,15	2,80	16,14	73,66	2,58	14,29	73,91	2,69	15,22	-1,71	-0,85	-1,44	2,39
Pr. 5	73,31	2,61	14,86	73,89	2,50	14,39	73,60	2,56	14,63	-1,26	-0,69	-0,77	1,63
Pr. 6	72,85	2,52	14,92	73,51	2,84	14,88	73,18	2,68	14,90	-0,93	-0,75	-0,37	1,25
Pr. 7	73,31	2,43	14,61	73,83	2,64	15,16	73,57	2,54	14,89	-2,89	-0,87	-0,80	3,12
Pr. 8	74,94	2,37	14,63	74,14	2,44	14,84	74,54	2,41	14,74	-2,16	-0,56	-0,17	2,24
Pr. 9	73,87	2,31	14,32	73,03	2,88	15,60	73,45	2,60	14,96	-0,62	-0,69	-0,14	0,94
Pr. 10	72,60	2,48	15,25	74,80	2,18	13,62	73,70	2,33	14,44	-1,95	-0,30	0,06	1,97
Tot.	73,47	2,53	15,01	74,07	2,51	14,70	73,77	2,52	14,85	-1,59	-0,61	-0,45	1,90



1. Abitazione rurale, Monticello d'Alba

2. Malta MO2 a confronto con un campione d'intonaco

11.4 PROVE A FLESSIONE

Non essendoci una normativa specifica sulle prove meccaniche di resistenza a flessione e compressione per le malte in terra, sono state prese come riferimento le normative utilizzate per le prove meccaniche sulle malte cementizie:

- UNI EN 1015-11 Metodi di prova per malte per opere murarie¹⁵.
- UNI CEN ISO/TS 17892-7:2005 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni¹⁶.

Queste due tipologie di prove sono state effettuate per determinare le caratteristiche meccaniche delle malte confezionate e confrontare i valori con precedenti sperimentazioni. La resistenza a flessione non è 'oggetto principale della ricerca perché le malte hanno una bassa resistenza a flessione per loro natura. La prova si ritiene neces-

¹⁵ UNI EN 1015-1:2007 Metodi di prova per mate per opere murarie - Parte11: Determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita

¹⁶ UNI CEN ISO/TS 17892-7:2005 Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 7: Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine.

saria in quanto è prescritta nella procedura della normativa UNI EN 1015-11:2007. Questa recita che, per la realizzazione della prova a compressione sulle malte dei provini normalizzati, occorre prima effettuare la prova a flessione che è una prova di tipo distruttivo.

Sono stati realizzati nove provini del formato UNI 4*4*16 cm per ogni malta ma solo tre sono rotti perché previsti da normativa. Gli altri sei provini entrano a fare parte della banca dati dei laboratori del DISEG per future sperimentazioni. I provini sono stati lasciati stagionare per più di 28 giorni.

Per la prova a flessione è stata seguita la procedura di prova a tre punti, due di appoggio del provino, distanti fra loro 10 cm, e uno posto nella mezzera. L'elemento centrale è l'elemento che sollecita il provino a flessione fino a rottura. Dalla prova a flessione si può ricavare la resistenza a flessione del provino.

$$f = (3 \cdot F_{max} \cdot L) / (2 \cdot b \cdot h^2)$$

f = Resistenza a flessione (Mpa)

F max = Forza massima applicata (N)

L = Luce del provino posto fra i tre appoggi (100 mm)

b = Base del provino (mm)

h = Altezza del provino (mm)

1. Procedura operativa:

La prova a flessione è stata realizzata presso il laboratorio LASTIN

del dipartimento di Architettura. I provini sono stati testati a stagionatura ultimata. La prova è stata realizzata con la pressa della Metro Com Engineering spa con capacità di carico massima di 200 kN. Per i provini di malta si è ritenuto sufficiente un carico massimo di 2 kN. La prova è stata eseguita su tre punti distanziando i rulli di appoggio di 100 mm. Sul provino è stata opportunamente tracciata la mezzeria per facilitare la collocazione del provino in corrispondenza del terzo rullo. La prova è stata realizzata in controllo di spostamento scegliendo una velocità di carico

pari a 0,02 N/s. Un carico eccessivamente veloce contro un materiale non resistente come le malte comporterebbe risultati inesatti. La rottura del provino è stata ottenuta dopo 90/120 secondi dall'inizio della prova. Le metà rotte sono state conservate per la prova a compressione.

2. Discussione dei risultati:

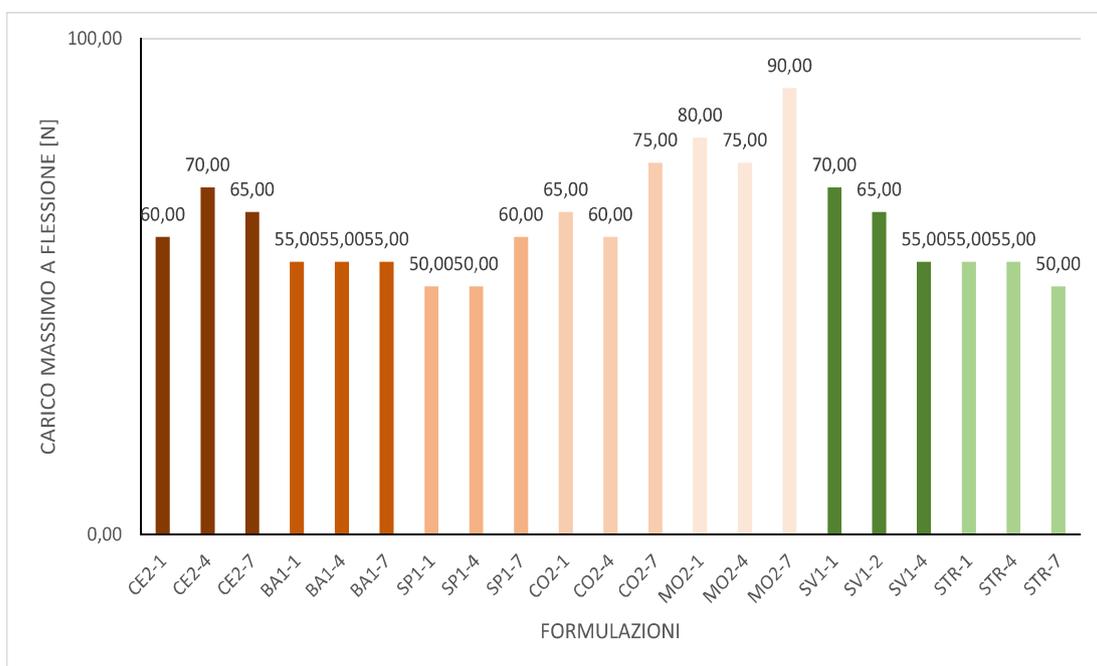
Nella seguente tabella vengono riportati i risultati ottenuti dalla prova a flessione:



Laboratorio LASTIN - Pressa Metro Com Engineering spa

Foto dell'autore

PROVA A FLESSIONE		h_0	b_0	S_0	L	F_{max}	F_{max}	R_F
		mm	mm	mm ²	mm	KN	N	MPa
CE2	CE2-1	40	40	1600	100	0,060	60,00	0,141
	CE2-4	40	40	1600	100	0,070	70,00	0,164
	CE2-7	40	40	1600	100	0,065	65,00	0,152
BA1	BA1-1	40	40	1600	100	0,055	55,00	0,129
	BA1-4	40	40	1600	100	0,055	55,00	0,129
	BA1-7	40	40	1600	100	0,055	55,00	0,129
SP1	SP1-1	40	40	1600	100	0,050	50,00	0,117
	SP1-4	40	40	1600	100	0,050	50,00	0,117
	SP1-7	40	40	1600	100	0,060	60,00	0,141
CO2	CO2-1	40	40	1600	100	0,065	65,00	0,152
	CO2-4	40	40	1600	100	0,060	60,00	0,141
	CO2-7	40	40	1600	100	0,075	75,00	0,176
MO2	MO2-1	40	40	1600	100	0,080	80,00	0,188
	MO2-4	40	40	1600	100	0,075	75,00	0,176
	MO2-7	40	40	1600	100	0,090	90,00	0,211
SV1	SV1-1	40	40	1600	100	0,070	70,00	0,164
	SV1-2	40	40	1600	100	0,065	65,00	0,152
	SV1-4	40	40	1600	100	0,055	55,00	0,129
STR	STR-1	40	40	1600	100	0,055	55,00	0,129
	STR-4	40	40	1600	100	0,055	55,00	0,129
	STR-7	40	40	1600	100	0,050	50,00	0,117



Prova a flessione: Forza massima e resistenza a flessione
 Grafico dei carichi massimi a rottura a flessione

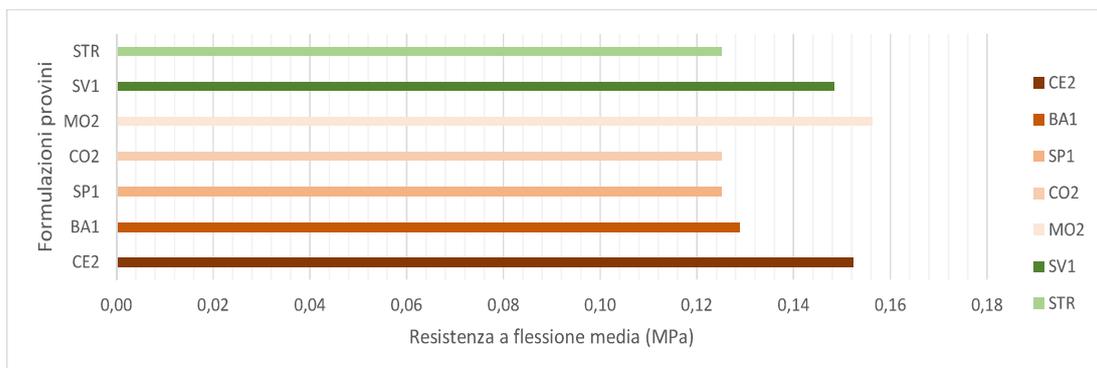
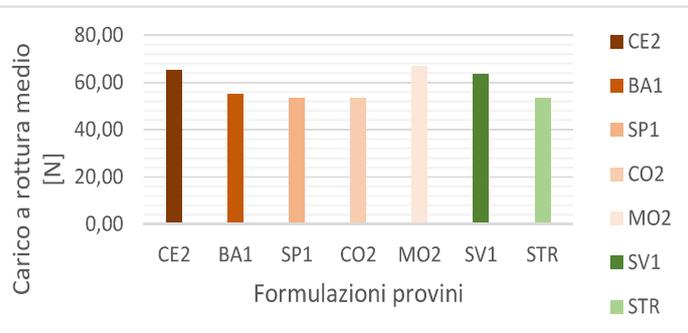
Come precedentemente previsto, i risultati di carico massimo sono molto bassi in quanto le malte hanno una bassa resistenza a flessione. Dai dati riportati possiamo trarre le seguenti conclusioni.

- I dati ottenuti sono confrontabili fra loro in quanto producono risultati simili e il legante utilizzato nella formulazione è un grassello di calce.
- Le malte in terra producono risultati equiparabili alla malta in calce dimostrando la scarsa resistenza delle malte a flessione. Inoltre, i risultati ottenuti dalle malte in terra e

calce producono un leggero miglioramento della resistenza a flessione, riconducibile alla presenza delle fibre nelle malte che si oppongono alla forza di flessione sollecitante.

- Infine, confrontato i dati ottenuti con precedenti sperimentazioni, risulta che le malte confezionate producono valori simili di resistenza a flessione di altre malte di altre tesi, confermando l'attendibilità dei dati (Vecchio, 2019: $f = 0,564/0,638$ N/mm² malta grassello di calce e sabbia. Giuria, 2018: $f = 0,55$ N/mm² malta in terra).

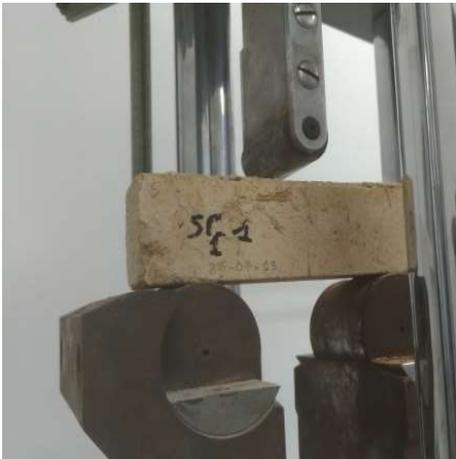
VALORI MEDI	F_{max} N	R_f MPa
CE2	65,00	0,15
BA1	55,00	0,13
SP1	53,33	0,13
CO2	53,33	0,13
MO2	66,67	0,16
SV1	63,33	0,15
STR	53,33	0,13



Valori medi delle formulazioni

Grafico dei carichi medi a rottura a flessione

Grafico della resistenza a flessione



Prove a flessione: Posizionamento del provino - rottura del provino

11.5 PROVE A COMPRESSIONE:

La metodologia per le prova a compressione fa riferimento alla norma UNI EN 1015-11:2007¹⁷. Questa prescrive che la prova venga realizzata sui messi prismi ottenuti dalla prova a flessione ed è di tipo distruttivo volta a determinare il carico massimo a rottura del provino. Noto il carico massimo esercitato e la sezione resistente, viene calcolata la resistenza a compressione con la seguente formula:

$$R_c = (F_{cmax}/A_o) \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

R_c = resistenza a compressione

F_{cmax} = carico Massimo di rottura (N)

A_o = sezione resistente (mm²).

1. Procedura operativa

La prova a compressione è stata effettuata presso il laboratorio LASTIN del dipartimento di Architettura. Sono stati testati i mezzi provini ottenuti dalla prova a flessione. I campioni utilizzati avevano dimensioni variabili, ma all'incirca erano pari alla metà di un provino normalizzato. Per la prova è stata utilizzata la pressa della Metro Com Engine-

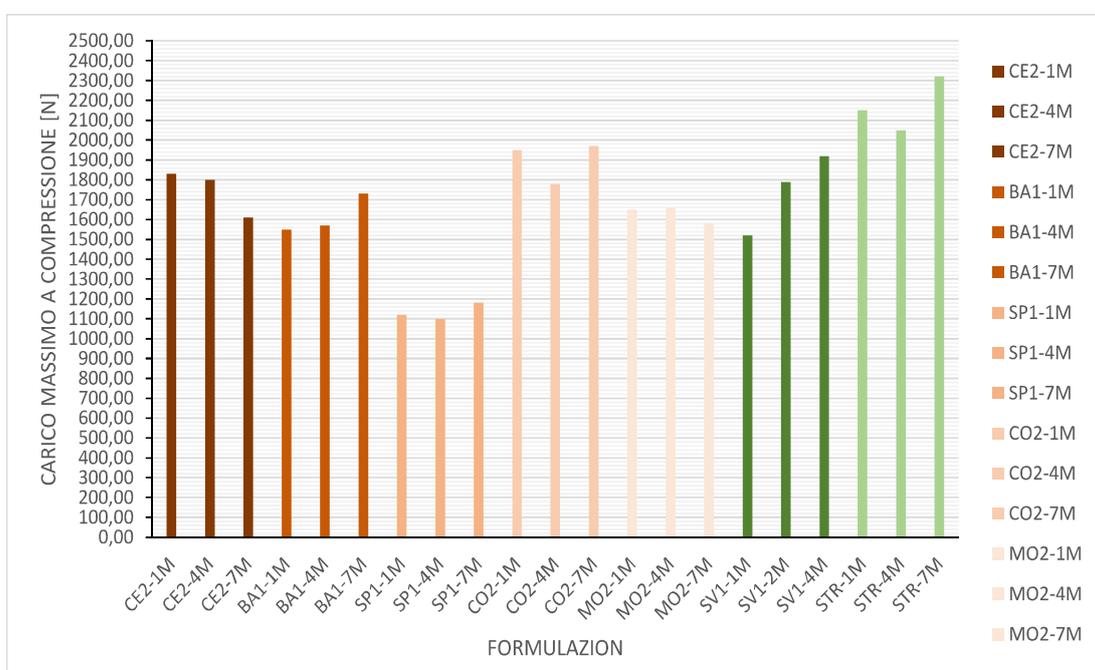
ering spa con capacità di carico massima di 200 KN. Per i provini è stata applicata una forza di 3 kN. La prova è stata realizzata in controllo di spostamento scegliendo una velocità di carico pari a 0,02 N/s. Un carico eccessivamente veloce contro un materiale non resistente come le malte comporterebbe risultati inesatti.

2. Discussione dei risultati

Sono stati testati i mezzi provini ed è stata fatta la media dei risultati ottenuti da ogni singolo provino. Nella seguente tabella sono riportati i valori calcolati per le singole malte.

¹⁷ UNI EN 1015-1:2007 Metodi di prova per mate per opere murarie - Parte11: Determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita

PROVA A COMPRESIONE		h_0	b_0	S_0	F_{max}	F_{max}	R_c
		mm	mm	mm ²	KN	N	N/mm ²
CE2	CE2-1M	40,00	40,00	1600,00	1,83	1830,00	1,14
	CE2-4M	40,00	40,00	1600,00	1,80	1800,00	1,13
	CE2-7M	40,00	40,00	1600,00	1,61	1610,00	1,01
BA1	BA1-1M	40,00	40,00	1600,00	1,55	1550,00	0,97
	BA1-4M	40,00	40,00	1600,00	1,57	1570,00	0,98
	BA1-7M	40,00	40,00	1600,00	1,73	1730,00	1,08
SP1	SP1-1M	40,00	40,00	1600,00	1,12	1120,00	0,70
	SP1-4M	40,00	40,00	1600,00	1,10	1100,00	0,69
	SP1-7M	40,00	40,00	1600,00	1,18	1180,00	0,74
CO2	CO2-1M	40,00	40,00	1600,00	1,95	1950,00	1,22
	CO2-4M	40,00	40,00	1600,00	1,78	1780,00	1,11
	CO2-7M	40,00	40,00	1600,00	1,97	1970,00	1,23
MO2	MO2-1M	40,00	40,00	1600,00	1,65	1650,00	1,03
	MO2-4M	40,00	40,00	1600,00	1,66	1660,00	1,04
	MO2-7M	40,00	40,00	1600,00	1,58	1580,00	0,99
SV1	SV1-1M	40,00	40,00	1600,00	1,52	1520,00	0,95
	SV1-2M	40,00	40,00	1600,00	1,79	1790,00	1,12
	SV1-4M	40,00	40,00	1600,00	1,92	1920,00	1,20
STR	STR-1M	40,00	40,00	1600,00	2,15	2150,00	1,34
	STR-4M	40,00	40,00	1600,00	2,05	2050,00	1,28
	STR-7M	40,00	40,00	1600,00	2,32	2320,00	1,45



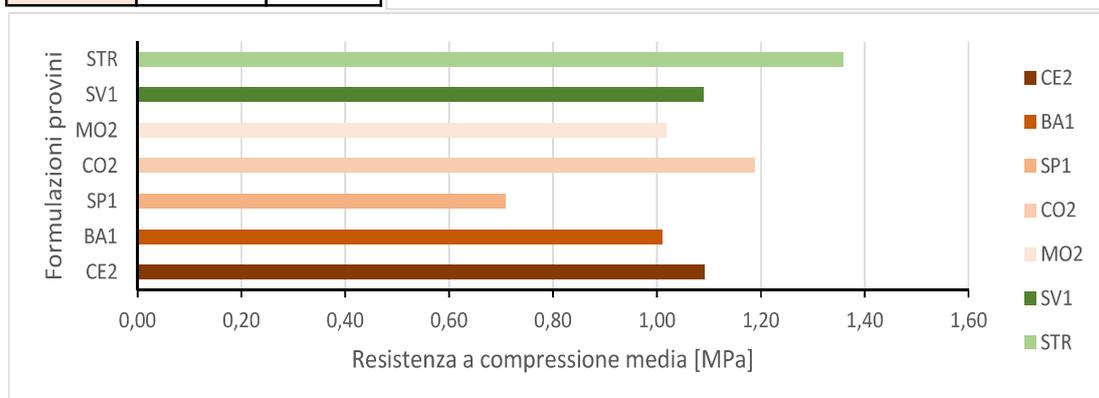
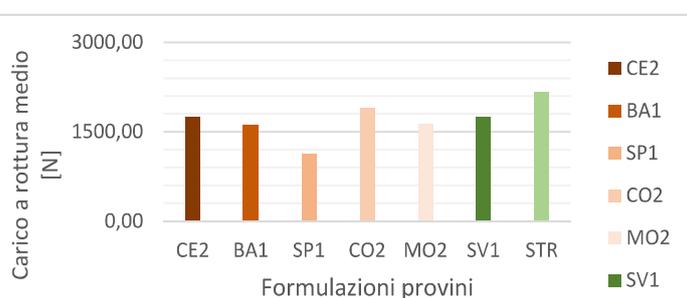
Prova a flessione: Forza massima e resistenza a compressione
 Grafico dei carichi massimi a rottura a compressione

Come precedentemente previsto, i risultati di carico massimo sono maggiori dei risultati ottenuti a flessione. Dai dati riportati possiamo trarre le seguenti conclusioni.

- I dati ottenuti sono confrontabili fra loro in quanto producono risultati simili e il legante utilizzato nella formulazione è un grassello di calce.
- Le malte in terra producono risultati equiparabili alla malta in calce dimostrando una discreta resistenza a compressione. Tutte le formulazioni delle malte in terra e calce producono risultati minori rispetto alla malta di riferimento in grassello di calce

e sabbia. Questo risultato dimostra che le malte in terra e calce hanno una resistenza a compressione minore rispetto a quelle confezionate con solo grassello di calce. Il carico di rottura minimo registrato, è dato dalla malta con codice SP1, malta confezionata con sola terra e grassello di calce. Questo risultato dimostra come la parte di sabbia aggiunta alle altre malte influisca sul valore della resistenza a compressione, perché crea uno scheletro interno che rende la malta più resistente. A conferma di questa teoria, osservando i risultati, notiamo che le malte

VALORI MEDI	F_{max}	R_c
	N	MPa
CE2	1746,67	1,09
BA1	1616,67	1,01
SP1	1133,33	0,71
CO2	1900,00	1,19
MO2	1630,00	1,02
SV1	1743,33	1,09
STR	2173,33	1,36



Valori medi delle formulazioni

Grafico dei carichi medi a rottura a compressione

Grafico della resistenza a compressione

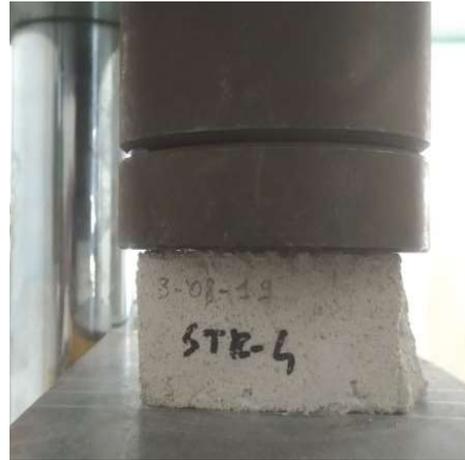
con codice CO2, MO2 e SV1 sono quelle che riportano valori di carico massimo maggiori. Queste presentano un elevato contenuto di argilla (26-28%) e sono state smagrite con un elevato contenuto di sabbia. Le malte con codice CE2 e BA1 presentano valori inferiori rispetto perché contenevano una percentuale di argilla inferiore (19-22 %). Da queste considerazioni possiamo dedurre che le malte in terra hanno una resistenza a compressione minore rispetto alle malte confezionate con sola calce e la resistenza aumenta in funzione della percentuale di sabbia che vi è nella massa terrosa che costituisce la parte resistente. La differenza di resistenza è comunque molto bassa, ciò rende le malte in terra un'alternativa con buone prestazioni alle malte in grassello di calce.

- Confrontando i dati delle prove meccaniche e i dati delle prove a ultrasuoni con i dati ottenuti da precedenti sperimentazioni (Vecchio, 2019), osserviamo che le malte in terra stabilizzate con grassello di calce hanno una densità, una resistenza a compressione e un modulo elastico dinamico minore rispetto alle malte cementizie, alle malte in coccopesto e alle malte in calce idrata in polvere. Allo stesso

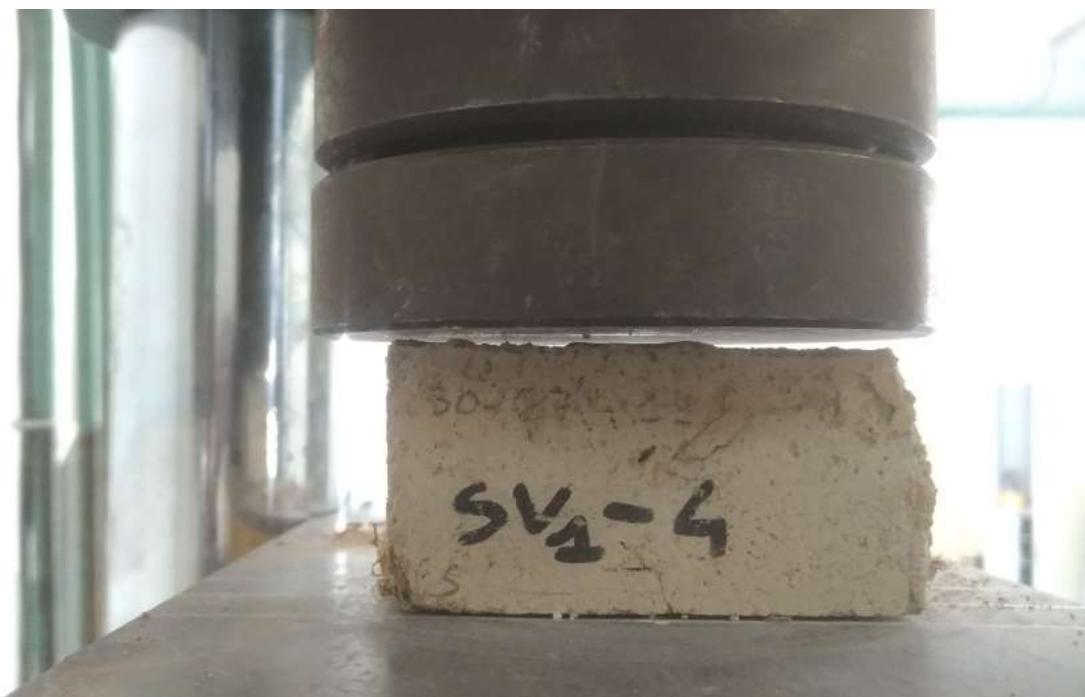
tempo questi valori inferiori determinano una maggiore porosità della malta che le rende malte traspiranti e idonee alla funzione protettiva di murature in mattoni crudi. Inoltre, la maggiore elasticità consentirebbe loro di assecondare le deformazioni dei supporti al variare delle condizioni termo igrometriche¹⁸.

- Infine, confrontando i dati ottenuti con precedenti sperimentazioni, risulta che le malte confezionate producono valori simili ad altre malte di altre tesi, confermando l'attendibilità dei dati (Vecchio, 2019: $R_c = 2,03/1,55 \text{ N/mm}^2$ malta grassello di calce e sabbia. Giuria, 2018: $R_c = 1,21 \text{ N/mm}^2$ malta in sola terra).

18 Gloria Giuria, Intonaci in terra stabilizzati con calce: prove sperimentali, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Correl. Stefano Invernizzi, Fabio Frattini, Silvia Rescic, 2018



Prove a compressione
Foto dell'autore



Provino SV1-4 Prima della prova a compressione
Provino SV1-4 Dopo l'esecuzione della prova

FASE 6

CONCLUSIONI:

12 RIFLESSIONI CONCLUSIVE

Il lavoro svolto mostra le modalità e le procedure per riprendere un'antica tecnologia del Roero, oggi dimenticata: quella degli intonaci confezionati con le materie prime locali e nello specifico gli intonaci in terra stabilizzati con calce.

In un'ottica di sviluppo sostenibile, la ricerca proposta offre un'alternativa alle malte attuali confezionate in modo industriale che hanno trasformato le facciate degli antichi borghi del Roero mutandone considerevolmente l'immagine.

Le malte studiate trovano una prima applicazione come malte da restauro. Come precedentemente mostrato, gli intonaci delle abitazioni del Roero sono confezionati con le terre locali o le sabbie dei torrenti. L'estrazione dell'aggregato locale nei pressi dei torrenti locali non è più una pratica consentita a livello legislativo, però la mappatura delle cave attive locali e il recupero dei rifiuti "terre e rocce da scavo" mostra quali materiali possono essere utilizzati sul territorio, procurando un basso impatto ambientale.

Il duplice riferimento procedurale e normativo proposto, ovvero il metodo UNI-ASTM e il

metodo agronomico, offrono delle modalità operative per lo studio delle caratteristiche dei materiali.

Alcuni campioni d'intonaco raccolti dagli edifici del Roero mostrano nella matrice della malta le colorazioni e le caratteristiche granulometriche delle terre locali. Come mostrato nelle prove della spettrofotometria, confrontando questi campioni con le malte realizzate, troviamo una correlazione fra le caratteristiche dei campioni, che possono essere ulteriormente affinate mediante studi più approfonditi relativi ad ogni caso studio.

Inoltre, la tesi definisce una serie di passaggi procedurali per la produzione delle miscele, specificando le fasi da attuare per poter definire il corretto dosaggio dei componenti della malta.

Dalle prove sperimentali invece, è emerso che, le malte in terra stabilizzate con calce, hanno un modulo elastico dinamico e una resistenza a flessione e compressione equiparabile alle malte in grassello di calce e sabbia che le rende un'alternativa sostenibile alla malta di confronto.

Infine, l'utilizzo di materiali locali e l'uso sapiente delle caratteristiche del territorio ci porta a delle conclusioni improntate su una architettura contemporanea rispettosa del territorio

12.1 L' ARCHITETTURA PER IL RACCONTO DEL TERRITORIO.

Nel panorama architettonico contemporaneo il tema della comunicazione ha modificato tutti i linguaggi e le forme d'espressione. L'Architettura stessa è diventata mezzo di comunicazione d'informazioni. Il tema è divenuto di notevole interesse non solo per chi si occupa di architettura, ma soprattutto per coloro che la vivono e la utilizzano nei modi più vari. Alla base di questo principio vi è la spettacolarizzazione di un'idea che porta dietro di sé un significato, un simbolo o un messaggio.

L'architettura comunicativa oggi è presente in tutto il mondo e anche nelle Langhe e nel Roero questa pratica sta iniziando ad avere una sua diffusione. Accanto alle esperienze eno-gastronomiche e ai paesaggi collinari delle due aree sta iniziando a svilupparsi una fitta rete di architetture e opere d'arte che completano l'offerta turistica e creano un percorso esperienziale fatto di cibo, arte e paesaggio.

Molte aziende, attraverso coperture ipogee, mimetizzano le proprie cantine nel paesaggio circostante creando un tutt'uno con l'ambiente. Altre spettacolarizzano un concetto, un'idea, pro-

ponendo architetture in grado di comunicare un messaggio o di richiamare un'immagine.

Anche il tema del colore è entrato a far parte dell'architettura e della sua comunicazione. Alcuni esempi locali mostrano come questa metodologia possa armonizzarsi con il contorno o creare un contrasto significativo che integra e caratterizza il paesaggio.

Sono un esempio di questo approccio alternativo le "Big Bench"¹, arredo urbano costituite da installazioni fuori scala che oggi rappresentano alcune delle attrazioni più visitate della zona. Un altro bizzarro esempio è quello della Cappella Brunate di la Morra d'Alba, ristrutturazione commissionata dalla famiglia Cerretto agli artisti Sol LeWitt e David Tremlett nel 1999². L'idea del progetto è nata dalla volontà di creare un luogo dove potersi fermare, sostare e bere un bicchiere di vino in mezzo al paesaggio. Qui il tema del colore è portato all'estremo, contrapponendo ed impiantando colori assordanti con il contesto circostante ma che per la loro conflittualità, si integrano e diventano parte del paesaggio stesso.

Alcuni progetti invece sono basati sullo studio del colore del territorio e tentano di reinterpretare quei colori in una chiave architettonica che integri il manufatto edilizio nel

1 www.bigbenchcommunityprogejet.org

2 www.cerreoexperience.it



Big Bench
Cappella Brunate

paesaggio. Un primo esempio di questo processo è rappresentato dal progetto “I sette colori delle Langhe”, progetto di valorizzazione del paesaggio elaborato dallo studio LAND di Milano che ha come obiettivo quello di integrare e mitigare le strutture industriali all'interno del paesaggio attraverso l'uso di una codifica di sette colori delle Langhe³. Infine, il progetto dello stabilimento dell'industria di Apicoltura Brezzo, rappresenta un caso emblematico nel territorio del Roero. Lo studio Marocco di Alba ha mappato i colori del territorio codificando cinque gamme legate al paesaggio e alle essenze arboree del miele: carpini, tigli, querce, faggi e magnolie⁴.

L'integrazione dell'architettura nel territorio sta diventando una strategia sempre più comune e utilizzare i colori del territorio contribuisce a rafforzare queste pratiche.

Attraverso lo studio qui condotto viene offerta un'alternativa alle pratiche comuni e proposta una nuova idea di architettura territoriale che utilizza i materiali del territorio per integrare l'architettura stessa nel paesaggio. Viene utilizzato il colore del territorio per dare nuovo colore con materiali sostenibili, processi a basso impatto ambientale e il recupero di un rifiuto ovvero le terre e le rocce da scavo.

3 www.landsrl.it

4 www.studiomaroccoarchitettura.it

Dagli studi condotti, abbiamo compreso che il territorio del Roero è suddiviso in zone a morfologia e geologia differente caratterizzate da una gamma coloristica ampia che va dai rossi delle terre del Villafranchiano e Fossaniano, ai grigi delle marne di S. Agata, passando da un'infinità di sfumature arancio e gialle delle Sabbie Astiane. Queste colorazioni, come veniva precedentemente fatto nel passato, possono essere utilizzate per colorare le facciate dei borghi del Roero definendo un nuovo tipo di progetto architettonico territoriale basato sulla stessa diversità.

Inoltre, negli ultimi anni si è assistito ad una progressiva affermazione commerciale dei territori delle Langhe e del Roero, grazie all'affinamento e alla valorizzazione dei prodotti tipici locali. I territori collinari più impervi, oggi sono in via di affermazione grazie alle peculiarità del loro territorio, diversificato nella vocazione agricola e allo stesso tempo selvaggio e perciò fruibile dagli amanti dei paesaggi naturali.

In un mercato sempre più globalizzato, occorre offrire delle alternative legate alla cultura dell'enogastronomia. Assume così sempre più importanza la valorizzazione e l'uso del territorio legato ai prodotti alimentari definiti “tipici”⁵, per accogliere il consumatore e accompagnarlo

5 Roberto Cavallo, *Prodotti di nicchia di Langhe e Roero*, L'Artistica Editrice, Alba, 2004.



I COLORI DEL MIELE



I COLORI DEL ROERO

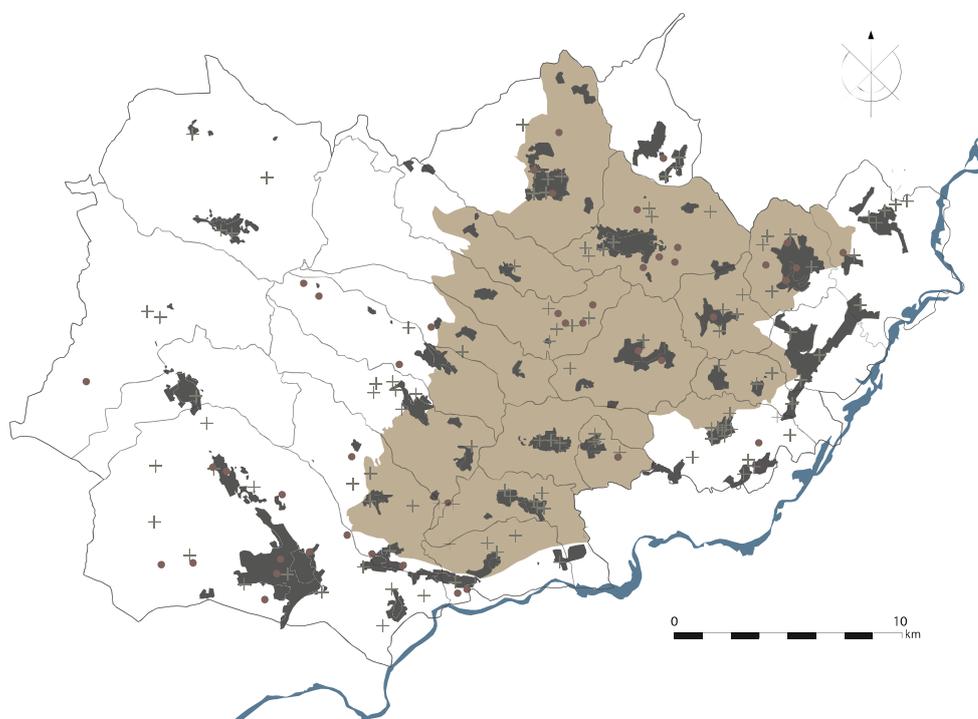


I sette colori delle Langhe - LAND
I colori del Roero - Studio Marocco

nel consumo. Il nuovo bisogno di naturalità e la crescente attenzione per i consumi genuini e sani stanno conducendo i turisti alla riscoperta del ricchissimo patrimonio gastronomico e culturale legato al territorio di cui i prodotti tipici rappresentano l'espressione massima.

L'architettura ricopre un ruolo fondamentale in questo processo di sviluppo enogastronomico e la ricerca di una relazione fra territorio e gastronomia diventa determinante per questo tipo di sviluppo. Valorizzare e incentivare il matrimonio fra prodotti enogastronomici, architetture diventa un connubio strategico

- Confini comunali
- Centri abitati
- Area del disciplinare Roero Arneis e Roero D.O.C.G.
- Aziende agricole Bio
- + Strutture ricettive



Attività agriloe, ricettive del Roero
www.consorziodelroero.it
Rielaborazione dell'autore

sul profilo di sviluppo economico, occupazionale e sociale.

Ed ecco che si scopre esserci una straordinaria relazione fra terreno e prodotto "tipico", fra quelle che definiamo "terre per l'architettura e terre per l'agricoltura". L'individuazione di prodotti di nicchia contribuisce alla diversificazione di un territorio legato alla valorizzazione delle sue tradizioni contadine.

Roberto Cavallo nel suo libro "Prodotti di nicchia", illustra in maniera simbolica il concetto di prodotto tipico: Il mercato generale è paragonabile ad un muro che comprende tutte le sfaccettature architettoniche. All'interno del muro è presente una nicchia, ovvero una parte ristretta e contenuta, che costituisce un'eccezionalità rispetto alla generalità, paragonabile ai prodotti di nicchia. Infine, all'interno dell'insenatura è presente un monumento, ovvero l'eccezionalità fra i prodotti tipici, meta a cui ambiscono i territori di Langhe, Roero e Monferrato⁶.

La terra che produce eccezionalità diventa mezzo di comunicazione della territorialità e di quei prodotti definiti di nicchia. La diversità delle caratteristiche granulometriche, composizionali e colorimetriche rappresentano i caratteri che diversificano i prodotti agricoli. Utilizzando le finiture confezionate con quegli stessi materiali possiamo rac-

contare il territorio utilizzando il territorio stesso. Nel portale web del Roero, primo canale d'informazione utilizzato dai turisti per conoscere l'area, sono ben illustrati e specificate tutte le tipologie di eccezionalità e le relative zone di produzione. Inoltre, ogni comune pubblicizza e valorizza i propri prodotti con manifestazioni specifiche che hanno l'obiettivo di promuovere i "tipici". Concludo il lavoro di questa tesi facendo una riflessione sulla relazione fra "terre per l'agricoltura e terre per l'architettura", raccontando i contenuti che si possono trasmettere da questa straordinaria relazione.

Tutte le informazioni in seguito riportate, fanno riferimento ad una specifica bibliografia e sitografia riportata al fondo dello stesso capitolo.

⁶ Roberto Cavallo, *Prodotti di nicchia di Langhe e Roero*, L'Artistica Editrice, Alba, 2004.

12.2 TERRE PER L'AGRICOLTURA, TERRE PER L'ARCHITETTURA

TERRENO - VILAFRANCIANO

ORIGINE GEOLOGICA:
Terreni quaternari di origine fluvio-glaciale depositatisi per inondazione dei corsi d'acqua e dalla discesa dei ghiacciai alpini che inondavano le terre emerse. sono costituite da sabbie e argille contenenti molti ossidi di ferro.
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE:
Terreni franchi. (argilla: 22 %)
COMPOSIZIONE MINERALOGICA:
Prevalenza di quarzo, elevato contenuto di cromo, ematite. Basso contenuto di calcite e corindone.
CODICE TERRA:
CE2

TERRE PER L'AGRICOLTURA:

Le villafranchiane sono costituite da quarzo, da idrato di alluminio, ossido di ferro e silice. Sono terre ad elevata capacità idrica, che permettono un drenaggio rallentato. La caratteristica colloidale è in funzione dell'ossido di Al, ed è caratterizzato da uno scheletro di quarzo e corindone. Sono terre con un basso contenuto di calcare a causa di un elevato dilavamento del carbonato di calcio.

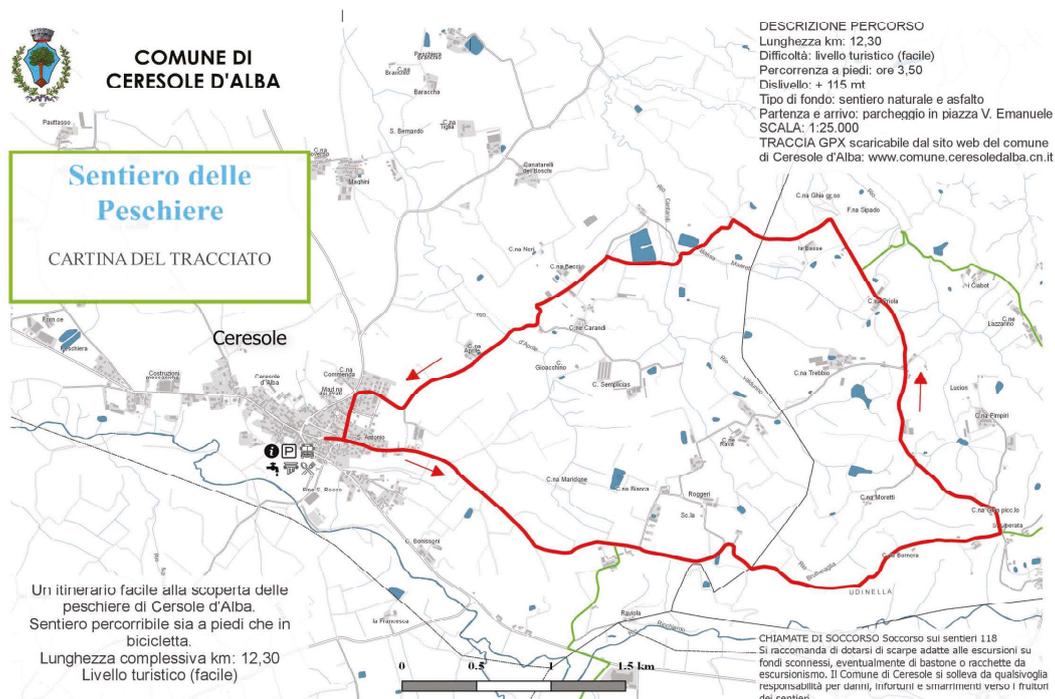
Queste caratteristiche rendono le terre villafranchiane idonee alle seguenti coltivazioni:

- Granoturco: richiede una terra drenata, possibilmente sciolta e ricca di nutrimento. Coltivati prevalentemente in

terreni misti villafranchiani-fossaniani.

- Asparago: Terreni franco – sabbiosi composti da <52% sabbia + 7-27 % argilla + 28-50% limo. Coltivati prevalentemente in terreni misti villafranchiani-fossaniani.
- Peschiere: le peschiere delle tinche richiedono terreni con buona capacità di ritenzione idrica che comportino un drenaggio rallentato dell'acqua. Questa caratteristica è in funzione dell'aspetto colloidale del terreno. Le peschiere preferiscono terreni villafranchiani a drenaggio rallentato.

Le terre villafranchiane sono facilmente riconoscibili per la loro colorazione rosso-bruna tipica dell'altopiano di Poirino.



TERRE PER L'ARCHITETTURA:

Le terre villafranchiane possono essere impiegate come materiale per il confezionamento di malte. Avendo un elevato contenuto di argilla, le terre devono essere smagrite con un contenuto di sabbia che determina un rapporto in massa di 1/1,5 terra/sabbia. Le malte confezionate mantengono bene il colore della terra anche se il colore originario viene smorzato a causa dell'aggiunta della sabbia. Per mantenere le caratteristiche coloristiche delle terre villafranchiane si preferisce l'impiego di aggregati tendenti al grigio, tipici del fiume Tanaro. Le malte hanno una buona porosità che rende la mala traspirante. Inoltre, hanno una resistenza a compressione

paragonabile alle malte in grassello di calce.

Possono essere utilizzate come malte per restauro oppure come "malte Bio" che raccontano un territorio di cerealicoltura e peschiere utilizzando gli stessi colori del territorio.



Sentiero delle peschiere.
www.ceresoled'alba-comune.it

TERRENO - VILAFRANCIANO/FOSSANIANO

ORIGINE GEOLOGICA:
Terreni originatisi dalla miscelazione delle terre villafranchiane e delle sabbie astiane, terreni di transizione.
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE:
Terreni franchi-sabbiosi-franchi. (argilla: 19 %)
COMPOSIZIONE MINERALOGICA:
Prevalenza di quarzo, elevato contenuto di cromo, ematite. Basso contenuto di calcite e corindone.
CODICE TERRA:
BA1

TERRE PER L'AGRICOLTURA:

Le villafranchiane sono costituite da quarzo, da idrato di alluminio, ossido di ferro e silice. Sono terre che sono state generate dalle onde di un antico mare paludoso che si stava ritirando, la Tetide, che rilasciava sulle spiagge le parti più fini levigando. Su questi terreni successivamente si sono depositati i residui delle glaciazioni delle alpi che arrivavano fino ai margini delle rocche, i terreni villafranchiani. I movimenti tettonici hanno contribuito alla miscelazione delle due tipologie di terreno. Queste caratteristiche rendono le terre fossaniane idonee all'orticoltura perchè sono sciolte ma ricche di sostanze organiche. In particolare sono idonee per le seguenti coltivazioni:

- Asparago: Terreni franco – sabbiosi composti da <52% sabbia + 7-27 % argilla + 28-50% limo. Coltivati prevalentemente in terreni misti villafranchiani-fossaniani.
- Fragole: Terreni sciolti franco – sabbiosi dove le radici delle fragole possono allargarsi nel terreno senza difficoltà. Coltivati in terreni fossaniani o fossaniani - astiani.



TERRE PER L'ARCHITETTURA:

Le terre fossaniane possono essere impiegate come materiale per il confezionamento di malte. Avendo un elevato contenuto di argilla, le terre devono essere smagrite con un contenuto di sabbia che determina un rapporto in massa di 1/1 ter-ra/sabbia. Le malte confezionate mantengono bene il colore della terra anche se il colore originario viene smorzato a causa dell'aggiunta della sabbia. Per mantenere le caratteristiche coloristiche delle terre fossaniane si preferisce l'impiego di aggregati tendenti al grigio, tipici del fiume Tanaro. Le malte hanno una buona porosità che le rende traspiranti. Inoltre, hanno una resistenza a compressione paragonabile alle malte

in grassello di calce e alle malte confezionate con le terre. Possono essere utilizzate come malte per restauro oppure come "malte Bio" che raccontano un territorio di orticoltura utilizzando gli stessi colori del territorio.



Prodotti tipici locali
www.baldisserod'alba-comune.it

TERRENO - SABBIE ASTIANE

ORIGINE GEOLOGICA:
Terreni originatisi dalla sedimentazione delle sabbie di un mare poco profondo che si stava ritirando.
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE:
Terreni franchi-sabbiosi. (argilla: 8-15 %)
COMPOSIZIONE MINERALOGICA:
Prevalenza di quarzo, elevato contenuto di cromo, corindone e ematite.
CODICE TERRA:
SP1

TERRE PER L'AGRICOLTURA:

Le sabbie astiane sono costituite da quarzo, da idrato di alluminio, ossido di ferro, corindone e silice. Sono formate da banchi marnosi-sabbiosi-ghiaiosi di colore giallastro riconoscibile a occhi nudo nelle alte e verticali pareti delle Rocche. Si sono generati per sedimentazione di un antico mare che si stava ritirando, la Tetide, che aveva carattere lagunare. Questi terreni sono molto permeabili e hanno una composizione prettamente sabbiosa. Queste caratteristiche rendono le sabbie astiane idonee alle produzioni di vini bianchi e per l'orticoltura, in particolare per le seguenti coltivazioni:

- Roero Arneis: vino bianco a bacca bianca che nasce

dalle uve di un vitigno antico e ricordato con il nome latino "Renexium" nelle zone viticole del Piemonte. Predilige terreni soffici e permeabili dove gli strati sabbiosi sono inframmezzati da sottili strati di marne. L'Arneis acquista profumi sottili ed eleganti che richiamano i fiori bianchi e suggestioni di frutta fresca che vanno dalla mela alla pesca alla nocciola. Il calcare è l'elemento mineralogico che contribuisce al rilascio dei profumi del vino.

- Favorita: vino bianco a bacca bianca che nasce dalle uve di un vitigno antico. Il nome del vino è legato al colore dei grappoli che si avvicina molto a quello del grano durante la mietitura. Predilige terreni soffici e permeabili dove gli strati sabbiosi



sono inframmezzati da sottili strati di marne. È un vino caratterizzato da una certa leggerezza e aromaticità, legata alla presenza del carbonato di calcio del terreno che ne sviluppa gli aromi.

- Fragole: Terreni sciolti franco – sabbiosi dove le radici delle fragole possono allargarsi nel terreno senza difficoltà. Coltivati in terreni fossaniani o fossaniani - astiani.

TERRE PER L'ARCHITETTURA:

Le terre e sabbie astiane possono essere impiegate come materiale per il confezionamento di malte. Hanno un basso contenuto di argilla che permette il loro impiego senza l'aggiunta di sabbia alla massa terrosa o aggiunta in

piccole quantità. Le malte confezionate mantengono il colore della terra perché sono costituite in prevalenza dalla massa terrosa. Le malte di questa zona hanno una elevata porosità che le rende traspiranti. Inoltre, hanno una resistenza a compressione inferiore alle malte in grassello di calce e alle malte confezionate. Possono essere utilizzate come malte per restauro oppure come "malte Bio" che raccontano un territorio di viticoltura e orticoltura utilizzando gli stessi colori del territorio.



Vitigno Favorita

Vitigno Arneis

www.sommarivaperno.it

TERRENO - TORTONIANO/MESSINIANO.

ORIGINE GEOLOGICA:
Terreni originatisi dalla sedimentazione di materiale organico e di conchiglie in un mare profondo, la Tedita.
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE:
Terreni franchi argillosi, terreni argillosi-marnosi (argilla: 26-28 %)
COMPOSIZIONE MINERALOGICA:
Prevalenza di quarzo, calcite, corindone e silicio. Basso contenuto di ematite.
CODICE TERRA:
CO2, MO2, SV1.

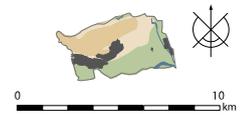
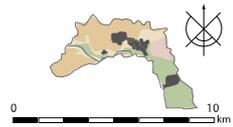
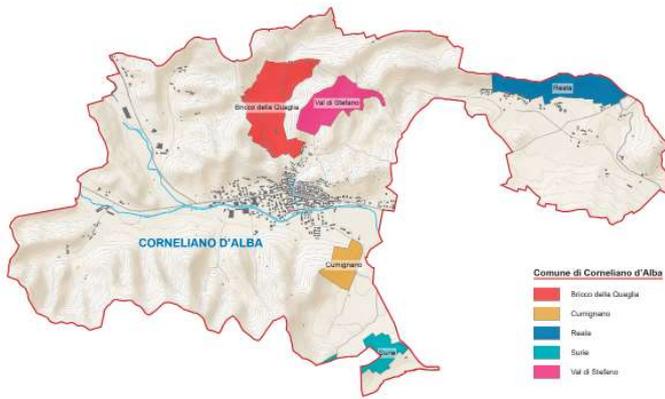
TERRE PER L'AGRICOLTURA:

Le terre in questione sono terre con una bassa capacità di ritegno idrico e presentano un contenuto di carbonato di calcio elevato. Sono terre marnose argillose e hanno origine prevalentemente marina formatesi da depositi fangosi e sedimentazioni lente. La componente carbonatica è generata dalla precipitazione di sali o dalla deposizione di particelle organogene derivanti da microrganismi a scheletro o guscio calcareo. L'elevata componente carbonatica rende i terreni adatti alla coltivazioni di vini da invecchiamento e ad alberi da frutto:

- Roero D.O.C.G: vino rosso a bacca nera che nasce dalle uve di un vitigno antico, il Nebbiolo. Il suo habitat

naturale è la zona sud-ovest del Roero, oltre le rocche dove i terreni hanno un elevato contenuto di carbonato di calcio. Tale componente sviluppa i profumi e gli aromi nel vino dando struttura e corposità.

- Nocciolo: il nocciolo è una pianta da frutta secca con grande capacità di adattamento al terreno. Predilige terreni poco calcarei e nel Roero sono state piantate tali colture ove i terreni non potevano essere utilizzati in ambito vitivinicolo. Il nocciolo è una pianta che soffre i terreni troppo compatti e i ristagni d'acqua che favoriscono l'asfissia delle radici. Richiede terreni areati come quelli del Roero sud-ovest.
- Tartufo bianco: il tartufo è un fungo ipogeo che nasce



Zone di produzione dei vini del Roero. Le aree colorate rappresentano le zone dove è possibile coltivare il
 Roero D.O.C.G
www.roeroprodoti.it

in maniera spontanea sulle radici di alcune specie arboree: castagno, tiglio, nocciolo, pioppo, quercia. Il "Tuber magnatum pico", il tartufo bianco d'Alba, nasce nelle zone dove il terreno ha un buon contenuto di calcare, ovvero nella zona sud-ovest del Roero.

TERRE PER L'ARCHITETTURA:

Le terre tortoniane e messiniane possono essere impiegate come materiale per il confezionamento di malte. Hanno un elevatissimo contenuto di argilla (26-28%) e devono essere smagrite con un

contenuto di sabbia che determina un rapporto in massa di 1/2 terra/sabbia. Le malte confezionate tendono a perdere il colore della terra perché sono costituite in prevalenza dalla massa sabbiosa. Le malte hanno un'elevata porosità che le rende. Inoltre, hanno una resistenza a compressione paragonabile alle malte in grassello di calce.

Possono essere utilizzate come malte per restauro oppure come "malte Bio" che raccontano un territorio di viticoltura e frutticoltura utilizzando gli stessi colori del territorio.



Nocciolo

Zona del Roero D.O.C.G

www.consorziodelroero.it

BIBLIOGRAFIA FASE 6: CONCLUSIONI.

LIBRI:

- Roberto Cavallo, Prodotti di nicchia di Langhe e Roero, L' Artistica Editrice, Alba, 2004.
- Baldassarre Molino, Corneliano d'Alba, una terra del Roero celebre per i buon vini bianchi, Gribaudo Editore, Cavallermaggiore, 1994
- Giuseppe GULLINO, Trasformazioni del paesaggio agrario, viticoltura e cerealicoltura nel piemonte sud-occidentale, Gribaudo Editore, Cavallermaggiore, 2001.
- S.Benaduce, G.R. Morteo, Spettacolo e spettacolarità tra Langhe e Roero, Regione Piemonte, L'Arciere, Cuneo, 1981.
- Franco Rota, Flora spontanea e vegetazione nel Roero, Cassa Rurale e Artigiana, Vezza d'Alba, 1986
- Alberto Lusso, Storia ed estetica del paesaggio finche e peschiere a Ceresole d'Alba, Sori Edizioni, 2000
- Giovanni Ruffa, Itinerari Slow, Bra e il Roero, Slow Food Editore, Bra, 2001.
- Elisabetta Soletti, Walter Accigliaro, Antonio Adriano, Luciano Bertello, Massimo Martinelli, Baldassarre Molino, Gian Mario Ricciardi, Umberto Soletti, Roero: viaggio in una terra ritrovata, Imago, Badisero d'Alba, 1997.
- Luciano Bertello, Le terre rosse, Astisio, Associazione Artistico-Culturale del Roero, Bra, 2000.

SITOGRAFIA:

- www.bigbenchcommunityprogejet.org
- www.cerrettoexperience.it
- www.landsrl.it
- www.studiomaroccoarchitettura.it
- www.consorziodelroero.it
- www.baldisserod'alba-comune.it
- www.sommarivaperno.it
- www.natura.provincia.cuneo.it
- www.piemonteland.it
- www.winepoint.it

FASE 7

BIBLIOGRAFIA

ROERO:

- Elisabetta Soletti, Walter Accigliaro, Antonio Adriano, Luciano Bertello, Massimo Martinelli, Baldassarre Molino, Gian Mario Ricciardi, Umberto Soletti, *Roero: viaggio in una terra ritrovata*, Imago, Badissero d'Alba, 1997.
- Baldassarre Molino, *Monticello d'Alba: note storiche di un borgo medioevale*, Sorì Edizioni, 2008.
- Giulio Parusso, *Fiera internazionale del Bianco d'Alba*, San Paolo, 2012.
- Walter Accigliaro, *Il Roero: repertorio artistico: materiali sulle architetture e le opere d'arte dall'Alto Medioevo all'Ottocento*, Astisio, Associazione artistico-culturale del Roero
- Accati E., *Arte e natura, centoventi giardini privati del Piemonte*, Torino, 2007
- Borney Lunardon F., *Caro Monticello, storia, folklore, economia, leggenda*, Bra, 1982.
- Carrà M. D., *Da Cuneo tutto intorno*, Torino, 1974.
- Fresia R., *Il tesoro di una famiglia signorile del medioevo: I Roero*, Alba, 1990.
- Fresia R., *I Roero una famiglia di uomini d'affari e una terra*, Alba, 1995.
- Giannazzo di Pamparato F., *Storia di famiglie e castelli attraverso gli antichi sentieri del Piemonte*, Torino, 1999.
- Giordano G., *Il castello di Monticello nelle Langhe*, in *Cultura castellana*, a cura di Viglino M., Torino, 1995.
- Molino B., *Profili storici e descrizioni, indice toponomastico in Roero: Repertorio degli edifici religiosi e civili di interesse storico esistenti e scomparsi, degli insediamenti, dei siti, delle testimonianze archeologiche*, Vezza d'Alba, 1984.
- Piovano A., Fogliato L., Cigna G., *I castelli. Itinerari di poesia, storia, arte nel Cuneese di ieri ed oggi*, Cavallermaggiore, 1994.
- Seren Rosso R., Guglielmo M., *I castelli del Piemonte, la Provincia di Cuneo*, Cavallermaggiore, 1999.
- Soletti U., *Atlante storico*, in *Roero: Repertorio degli edifici religiosi e civili di interesse storico esistenti e scomparsi, degli insediamenti, dei siti, delle testimonianze archeologiche*, a cura di Molino B., Soletti U., Vezza d'Alba, 1984.
- G. Boano, B. Molino, U. Solfetti, *L'ambiente del Roero: caratteri geomorfologici, storici, naturalistici*, Verderero, Torino, 1992.

- Luciano Bertello, *Le rocche*, Astisio, Associazione Artistico-Culturale del Roero, Bra,
- Luciano Bertello, *Le terre rosse*, Astisio, Associazione Artistico-Culturale del Roero, Bra, 2000.
- Egle Micheletto, Maria Cristina Preacco, Marica Venturino Gambari, Civico Museo "Federico Eusebio" di Alba, 2. Sezione di scienze naturali, Regione Piemonte, Alba, 2000.
- Antonio De Rossi, *Atlante dei paesaggi costruiti*, Blu Edizioni, Peveragno, 2002.
- Franco Rota, *Flora spontanea e vegetazione nel Roero*, Unione Tipografica-Editrice, Torino, 1986.
- Roberto Cavallo, *Prodotti di nicchia di Langhe e Roero*, L'Artistica Editrice, Alba, 2004.
- Giuseppe Gullino, *Trasformazioni del paesaggio agrario, viticoltura e cerealicoltura nel piemonte sud-occidentale*, Gribaudo Editore, Cavallermaggiore, 2001.
- S.Benaduce, G.R. Morteo, *Spettacolo e spettacolarità tra Langhe e Roero*, Regione Piemonte, L'Arciere, Cuneo, 1981.
- Alberto Lusso, *Storia ed estetica del paesaggio finche e peschiere a Ceresole d'Alba*, Sori Edizioni, 2000
- Giovanni Ruffa, *Itinerari Slow, Bra e il Roero*, Slow Food Editore, Bra, 2001.

INTONACI:

- Roberto Mattone, *Il paesaggio delle case in terra cruda*, L'Artistica Editrice, Savigliano, 2010.
- Gianni Arnaudo, *Le case del vino: elementi linguistici del paesaggio vitivinicolo*, L'Artistica Editrice, Savigliano, 2008.
- Daniela Bosia, *Guida al recupero dell'architettura rurale del G.A.L. Lanche Roero Leader*, Blu Edizioni, Torino, 2012.
- Carlo Amedeo Reyneri, *Intonaci in bioedilizia*, EdicomEdizioni, Monfalcone, 2010
- Giovanni Walter Palestra, *Intonaco: una superficie di sacrificio*, Estalibri, Milano, 1995
- Cesira Macchia, Francesca Ravetta, *Intonaci: requisiti, progettazione, applicazione, sicurezza dei prodotti*, Maggioli Editore, San Marino, 2002
- Pietro Maria Davoli, *Intonaci: requisiti- criteri progettuali-esecuzione-presentazione*, Hoepli, Milano, 1996
- Evelina Borea, *Il colore nell'edilizia storica, riflessioni e ricerche sugli intonaci e le coloriture*, Roma, 1984
- Renata Codello, *Gli intonaci: conoscenza e conservazione*, Alinea

-
- Editrice, Firenze, 1996
- Marco d'Orazio, *Gli intonaci e l'umidità: guida ai sistemi per difendersi*, BE-MA editrice, Milano, 1999
 - Antonio Marano, Pier Giorgio Rossi, Franco Angeli, *Fare l'architettura con l'intonaco*, Milano, 2007
 - Paolo Scarzella, Marco Zerbinatti, *Superfici murarie dell'edilizia storica : conservazione e manutenzione : malte e conglomerati a vista ; giunti di murature lapidee e laterizie, intonaci e graffiti, cementi decorativi e cementi armati a vista ; tinteggiature murali*, Alinea, Firenze, 2010.
 - Paolo Scarzella, *Terre coloranti naturali e tinte murali a base di terre : monografie e catalogo delle collezioni di terre coloranti e di campioni di coloriture a base di terre allestite al Politecnico di Torino*, Stamperia artistica, Torino, 1989.
 - Paolo Scarzella, *Malte a vista con sabbie locali nella conservazione degli edifici storici : relazioni di ricerca e atti del Seminario, 6-7-8 luglio 2000*, Politecnico di Torino. Dipartimento di ingegneria dei sistemi edilizi e territoriali, 2000
 - Olivia Muratore, *Il colore dell'architettura storica: un tema di restauro*, Alinea Editrice, Pisa, 2010
 - Claudia Raimondo, *I piani del colore: manuale per la regolamentazione cromatica ambientale*, Maggioli Editore, 1987.
 - Elena Pecchioni, Fabio Frattini, Emma Cantisani, *Le malte antiche e moderne, tra tradizione ed innovazione*, Patron Editore, 2008.

TESI:

- Federico Vecchio, *Valutazione delle prestazioni di malte per interventi di manutenzione, conservazione, restauro*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Marco Zerbinatti, 2019.
- Gloria Giuria, *Intonaci in terra stabilizzati con calce: prove sperimentali*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Correl. Stefano Invernizzi, Fabio Frattini, Silvia Rescic, 2018
- Alessia Trimarchi, *Caratterizzazione di malte per interventi di manutenzione e conservazione : criteri di formulazione e miscelazione, confronto tra caratteristiche meccaniche*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Marco Zerbinatti, 2015
- Vanessa Petiti, *Maltestoriche di Borgo Cornalese: caratterizzazione dei materiali e prove di confezionamento di malte compatibili*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Paola Palmero, Correl. Anna Doletto, 2015
- Nada El Ghazzali, *Architettura in terra cruda in Marocco, sperimentazione di Intonaci per la protezione dei paramenti murari*, Tesi di

- Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, 2015
- Annalisa Marchiaro, Marta Berzano, Conservare e proteggere il patrimonio in terra cruda: sperimentazione di intonaci in terra, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Correl. Fabio Fratini, Loredana Luvidi, 2014
 - Elena Bignamini, La protezione del patrimonio in terra cruda: intonaci in terra e gesso, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Corel. Lucia Toniolo, 2011
 - Marco Zerbinatti, Sabbie, malte e intonaci nell'edilizia storica in Piemonte e in Valle d'Aosta, Tesi di dottorato, Politecnico di Torino, Rel. Paolo Scarzella, 1998.
 - Marco Rosso, La pelle degli edifici: gli intonaci tradizionali esterni, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Alfredo Negro, 1997.
 - Roberto Pennacchio, Tecnologie per il recupero di costruzioni in terra battuta in Piemonte, Tesi di Dottorato, Politecnico di Torino, 2015.

ARTICOLI:

- M.I. Gomes, Et al, Earth -based mortars for repair and protection of rammed earth walls, Stabilization with mineral binders and fibres, *Journal of Cleaner Production*, 2017
- M.Mattone, Stabilization of earthen plaster: Exchange of knowledge and experiences between Italy and Marocco, *JMES*, 2016
- Paco Melià, Gianluca Ruggieri, Sergio Sabbadini, Giovanni Dotelli, Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters, *Journal of Cleaner Production*, 2014
- H.Hamard, J.C Morel, F.Salgado, A procedure to asses suitability of plaster to protect vernacular earthen architecture, *WIT Press*, vol 118, 2011
- Erwan Harmard, Jean – Claude Morel, Fernanda Salgado, Alain Marcom, Nicolas Meunier, A procedure to assess the suitability of plaster to protect vernacular earthen architecture, *ScienceDirect*, Lyon, 2011.
- F.U. Contreras, L.F. Guerrero Baca, The use of lime in the conservation of earth construction, in *Fourth International Adobe Conference of the Adobe Association of the Southwest*, New Mexico 2007.
- A.Camos, R.Eires, S. Jalali, Enhacing water resistance of earthen buildings with quicklime and oil, *Journal of Cleaner Production*, Portugal, 2007.
- D.Ciancio, C.T.S. Beckett, J.A.H. Carraro, Optimum lime content identification for lime-stabilised rammed earth, *Construction and Building Materials*, Australia, 2013.

NORMATIVE:

- UNI 10924:2001 Beni culturali - Malte per elementi costruttivi e decorativi - Classificazione e terminologia
- UNI 11176:2006 Beni culturali - Descrizione petrografica di una malta
- UNI 11305:2009 Beni culturali - Malte storiche - Linee guida per la caratterizzazione mineralogico-petrografica, fisica e chimica delle malte
- UNI EN 15803:2010 Conservazione dei beni culturali - Metodi di prova - Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua
- UNI EN ISO 15886:2010 Conservazione dei Beni Culturali - Metodi di prova - Misura del colore delle superfici
- UNI EN 933-1:2012 Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura
- UNI EN 998-1:2010 Specifiche per malte per opere murarie - Parte 1: Malte per intonaci interni ed esterni
- UNI 11089:2003 Beni culturali - Malte storiche e da restauro - Stima della composizione di alcune tipologie di malte
- UNI EN 459-1:2010 Calci da costruzione - Parte 1: Definizioni, specifiche e criteri di conformità
- UNI 11182 : 2006 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni
- NZS 4298: 1998 Materials and workmanship for earth buildings
- UNI EN 1015-12:2016 Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 12: Determinazione dell'aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno
- UNI EN 1015-1:2007 Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica mediante stacciatura
- UNI EN 1015-2:2007 Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 2: Campionamento globale delle malte e preparazione delle malte di prova
- UNI EN 1015-3:2007 Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 3: Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante tavola a scosse)
- UNI EN 1015-6:2007 Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 6: Determinazione della massa volumica apparente della malta fresca
- UNI EN 1015-9:2007 Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 9: Determinazione del tempo di lavorabilità e del tempo di correzione della malta fresca
- UNI EN 1015-10:2007 Metodi di prova per malte per opere murarie

-
- Parte 10: Determinazione della massa volumica apparente della malta indurita essiccata
 - UNI EN 1015-11:2007 Metodi di prova per malte per opere murarie
 - Parte 11: Determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita
 - UNI EN 1015-18:2004 Metodi di prova per malte per opere murarie
 - Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità della malta indurita
 - UNI EN 1015-19:2008 Metodi di prova per malte per opere murarie
 - Parte 19: Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua delle malte da intonaco indurite.
 - UNI EN ISO 14688-1:2018: Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione
 - UNI EN 932-2:2000, Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio
 - UNI EN 933-1:1999, Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per staccatura
 - UNI CEN ISO/TS 17892-7:2005 Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 7: Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine.
 - ASTM D422-63 2007, Metodo di prova standard per l'analisi granulometrica dei suoli
 - UNI EN 12504-4:2005, Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.
 - Legge Regionale n°23 del 2016, Disciplina delle attività estrattive: disposizioni in materia di cave.
 - COM 231 del 22 settembre 2006, Strategia tematica per la protezione del suolo.
 - DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 10 settembre 1982, n. 915, Attuazione delle direttive (CEE) n. 75/442 relativa ai rifiuti, n. 76/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili e n. 78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi.
 - Decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22
 - Attuazione delle direttive 91/56/CEE sui rifiuti, 91/698/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio
 - Legge 21 dicembre 2001, n. 443
 - Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive
 - Legge 31 ottobre 2003, n.306 Disposizioni per l'adempimento di ob-

blighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2003.

- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152
- Norme in materia ambientale
- DECRETO LEGISLATIVO 3 dicembre 2010, n. 205
- Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare 10 agosto 2012, n. 161
- Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo
- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 13 giugno 2017, n. 120
- Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164
- DECRETO MINISTERIALE 13 settembre 1999 Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo".

SITOGRAFIA:

- www.altalangaleader.it
- www.ecomuseodellerocche.it
- www.langheroero.it
- www.fratellisartore.it
- www.edilportale.it
- www.calcepisco.it
- www.sistemapiemonte.it
- www.bigbenchcommunityprogejet.org
- www.cerrettoexperience.it
- www.landsrl.it
- www.studiomaroccoarchitettura.it
- www.consorziodelroero.it
- www.baldisserod'alba-comune.it
- www.sommarivaperno.it
- WWW.natura.provincia.cuneo.it
- www.piemonteland.i
- www.winepoint.it

FASE 8
ALLEGATI

1. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI PER LE PERCENTUALI DI CALCE DA AGGIUNGERE

PERCENTUALI DI CALCE SULLA MASSA O SUL VOLUME DI TERRA E SABBIA.

Riferimento bibliografico	Calce Viva	Calce Idrata
A.Camoes, R.Eires, S. Jalali, Enhancing water resistance of earthen buildings with quicklime and oil, <i>Journal of Cleaner Production</i> , 2016	4 % della massa terra-sabbia	4% della massa terra-sabbia
L. F. Garzon Baca, R.S.R Gutierrez, F.J.S Loperz, Constructive advantages of use of compressed earth stabilized with lime in Mexico, <i>Palapa Revista de Investigacion Cientifica en Arquitectura</i> , v.V, n°1, 2011	/	7-8 % della massa terra-sabbia
L.E. Garzon, <i>Tecnicas Mixtas, in Tecnicas de construccion con tierra, FEB-UNESP/ PROTERRA</i> , 2011	2-3% della massa terra-sabbia	6-12 % della massa terra-sabbia
L.F. GUarrero Baca, <i>Revoques para la conservacion de obras arqueologicas de tierra in Mexico, Terra 2016, Lyon.</i>	/	8-10 % della massa terra-sabbia
T. Santos, P. Faria, A.S.Silva, <i>In situ evaluation of the behavior of earth based mortar renders with low additions of limes, Revista ARP</i> , 2017.	/	5 – 8 % del volume terra-sabbia
Gloria Giuria, <i>Intonaci in terra stabilizzati con calce: prove sperimentali, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Manuela Mattone, Correl. Stefano Invernizzi, Fabio Frattini, Silvia Rescic</i> , 2018	5-10 % della massa terra-sabbia	5-10 % della massa terra-sabbia
Alessia Trimarchi, <i>Caratterizzazione di malte per interventi di manutenzione e conservazione : criteri di formulazione e miscelazione, confronto tra caratteristiche meccaniche, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Rel. Marco Zerbinatti</i> , 2015	/	12/2/2 rapporto volumetrico Sabbia/Calce/Pasta di argilla. 3/1 rapporto volumetrico Sabbia/ Pasta di argilla.

2. INTERVISTA ALL'IMPRESARIO EDILE MARCO SARTORE

INTERVISTA MARCO SARTORE – IMPRESARIO EDILE

Quando è nata l'azienda ?? raccontami la storia della Fratelli Sartore.

Nel 2023 vogliamo festeggiare i vent'anni dei fratelli sartore che per noi è una cosa importante, cento anni di azienda edile. Adesso abbiamo preso tre geometri che fanno da capo cantiere e il lavoro è aumentato i clienti sono migliorati c'è sempre più gente che viene a cercarci per come lavoriamo, perciò quando senti parlare di Sartore senti parlare di affidabilità. Il nostro nonno, faceva le stalle i portici, era un muratore e aveva iniziato a 10 anni a fare il muratore. Questa foto che ti mostro è del 1938 e li aveva 6 anni ed era già in cantiere. Abbiamo cominciato ad aggiustare, abbiamo una storia sul mattone, sull'aggiustare le case vecchie. Mio papà a 14 anni si è messo a lavorare seriamente per mio nonno. È andato avanti e ad alba aveva fatto tantissime cose

Ad esempio, se mi dovessi dire alcune cose che avete fatto:

Mio papà ha costruito moltissimo in corso langhe, l'isolato della stazione, la zona del tribunale di Alba, la caserma dei carabinieri e gli edifici adiacenti. Inoltre, abbiamo realizzato moltissime abitazioni e capannoni industriali. Eravamo specializzati anche nel restauro di edifici e di case vecchie. Abbiamo anche acquistato il castello di Santa Vittoria d'Alba e lo abbiamo restaurato.

Invece l'approccio alla bioedilizia quando è arrivato:

Quando sei un figlio giovane vuoi far uscire la tua identità, vuoi farti la tua strada e anche se hai una famiglia che era perfetta come la mia, vuoi comunque fare le tue esperienze di vita e, questa roba a me aveva sempre affascinato ed ho fatto un percorso strano per arrivare lì. Avevo iniziato con lo sport, con il motocross l'ho fatto per 8 anni e poi mi sono messo a correre in bici e avevo iniziato a fare meditazione, parlo del 1980. E sono andato alla ricerca di una crescita interiore. Poi ho iniziato con l'alimentazione perché avevo visto che non bastava allenarsi per avere risultati ma bisognava seguire una sana alimentazione, impegnarsi ed avere dei sogni e lottare per raggiungerli. Questi concetti di sana alimentazione, meditazione e ricerca di se stessi e del proprio benessere ho cercato di portarli all'interno del mondo delle costruzioni. Ho iniziato nel 1994 e avevo il piacere di realizzare per me una casa sana che rispecchiasse un po' i miei ideali.

I primi approcci, i primi contatti quali sono stati:

Diciamo che avevo un sogno che era farmi una casa in montagna. L'ho comprata nel 94 e sono sempre stato uno a cui piaceva rischiare, cioè le cose normali non mi piacciono. Se una strada è in salita io la prendo. Ho conosciuto le persone giuste che mi hanno aiutato. Pensa che avevo già fatto delle fondazioni in calce idraulica con la pozzolana perché avevo studiato come facevano le case i romani, in che modo le facevano e come costruivano.

Li avevi studiati per conto tuo oppure avevi avuto dei contatti con qualcuno?

Ho conosciuto un belga, Walter Kune, che usava la tecnica del Feng Shui e ti faceva la mappa del corpo con le sue antenne, captando l'energia. Siamo stati con lui a Roma per quindici giorni e ci ha fatto capire com'erano i romani che sono stati dei costruttori eccellenti, usavano già queste tecniche 2000 anni fa. Utilizzavano i materiali per trasmettere emozioni, materiali diversi nelle prigioni rispetto a quelli dei palazzi. Condizionavano le persone con le vibrazioni materiche. E poi abbiamo iniziato a chiederci come facessero

edifici in calce idraulica sono ancora lì. Roma e i romani sono la base dell'architettura bio edile, tutta la conoscenza sta nei loro saperi. Allora ho iniziato ad appassionarmi a questo mondo. Perché oggi se vai a Roma cosa vedi: coccio pesto, pozzolana, calce idraulica. È di lì che è nato l'amore per la bioedilizia. Poi quando vai alla ricerca delle cose, conosci chi ti fa la terra cruda, chi il coccio pesto. Ho iniziato poi a viaggiare, sono stato in Ungheria e all'est e ho visto che lì erano molto avanti, anche in costruzioni in Bioedilizia e la mia passione è aumentata. Poi finalmente nel 2000 ho realizzato il mio sogno, che è stato realizzare casa mia.

Raccontami la tua prima casa in Bioedilizia.

La prima casa per me l'ho fatta nel 1995. Che sarebbe quella in montagna in valle Susa nel parco del gran bosco. Ho fatto delle fondazioni in calce idraulica con pozzolane ed utilizzando dei materiali di recupero. Che poi in fine dei conti fare la bioedilizia non vuol dire comprare il sughero in Canada, ma usare le robe che hai sul territorio. Fare Bioedilizia vuol dire fare una casa con le pietre di Tanaro, non è tanto come la fai, ma il pensiero che è importante. Avevo avuto la fortuna di trovare le persone giuste che mi hanno aiutato. Dei falegnami trattavano il legno vecchio ed erano molto bravi perciò mi hanno fatto conoscere questo legno vecchio che meno lo tocchi meglio è. Poi, se lo sai lavorare, tira fuori delle cose fantastiche. Poi ho lavorato solo con pietra vecchia. La bioedilizia è il rapporto con la natura, che ti dà comprensione del mondo. Per anni ho investito molto perché prima piaceva a noi e ci credevamo in questo progetto. Comunque, oggi se le persone non sono pronte a questa filosofia, non ci provo neanche. La gente dev'essere predisposta. Nel '95 ho fatto questa prima casa e mi sono accorto che in queste case stai veramente bene e ti lasciano delle emozioni. Guarda un quadro d'autore, se uno ci mette passione alla fine ti trasmette il benessere e l'emozione. Nei prossimi anni bisogna lavorare sulla parte più sensibile. Mio papà non voleva mai aggiustare le robe vecchie perché in passato ne aveva fatte molte e voleva essere più modernista. Invece a me interessava studiare cosa aveva fatto nel passato perché alla fine la Bioedilizia, 100 anni fa, era già così. Nel 1800 non c'era una casa sbagliata, era tutto apposto, erano nei posti giusti, l'orientamento, con i materiali giusti, non c'era tutta questa chimica. Basterebbe guardare una casa vecchia che c'erano due putrelline ed era una casa pulita ordinata e duratura.

Casa tua l'hai iniziata in che anni?

Ho acquistato la Pranda a Monticello nel 2001, che era abbandonata e disastrosa.

Quanto è durato il cantiere?

Hanno iniziato nel 2003 la stalla e ci ho messo due anni. Avevo bisogno di provare prima di fare casa mia, pensa te avere il coraggio di fare una casa con la pozzolana.

Casa tua è realizzata in calce idraulica?

Con tutta pozzolana e tutta calce idraulica pozzolanica. Ho fatto tutte le fondazioni gettate con la pozzolana, facevamo i cubetti di prova, poi i getti. L'acciaio che ho utilizzato è tutto in inox e, gli altri materiali che ho usato sono stati legno e mattoni e poi dentro tutta in terra cruda.

Parlando della terra cruda, le prime sperimentazioni le hai fatte in casa tua?

in paglia autoportante con un intonaco con la terra della vigna. Poi abbiamo fatto il primo coccio pesto con l'aggiunta di terre

Da lui hai imparato a fare intonaci in coccio pesto, in terra?

Sì, poi per me, essendo costruttore, è stato facile imparare. Una volta che sai come funziona la terra, diventa facile lavorarla. Quando ti danno una ricetta e sei già cuoco, questa ricetta la fai tua.

Hai formato poi delle persone?

La mia fortuna è stata avere Fabrizio Olianias che per me è come se fosse un figlio, un allievo attento.

Sabbadini ha formato te ?

No le cose le abbiamo fatte insieme, lui lavorava già da me e con lui ho fatto la casa in paglia nel 2005, 2006.

L'intonaco della casa in paglia è un intonaco solo in terra?

Sì

Senza calce?

Sì. Ho messo il 5 % di calce ma, ti dirò, quando piove e fa i temporali, fa i buchi. Perciò una volta ogni tre anni rifinisco la superficie bagnando la struttura e fregandola, lei si rimodella.

Il 5 % lo hai aggiunto tu o ti è stato consigliato?

Dentro è in terra cruda, fuori l'ho aggiunto io perché se conosci il mestiere capisce come risolvere alcuni problemi.

Man mano che sperimentavi gli'intonaci, hai poi provato ad aumentare le percentuali di calce?

Sì ho fatto degli intonaci ma alla fine usavo la terra per dare il colore.

Diciamo che era considerato più come colorante?

Sì lo usavo come colorante in intonaci in calce o come intonaco solo in terra. A casa mia ho fatto al piano sopra tutto in terra cruda perché comunque una casa molto isolata, senza ricircolo, se non è traspirabile, crea delle macchie di muffa. Ho usi la terra oppure avrai dei problemi.

Quindi gl'intonaci in terra di casa tua sono solo acqua, sabbia e terra.

Sì, anche se al piano terreno ho usato del coccio pesto con la calce. Comunque, un buon intonaco in calce funziona bene come la terra e i due materiali insieme funzionano ancora meglio. Uno può stare con l'altro, comunque, bisogna raggiungere un compromesso. Se tu volessi realizzare un vero intonaco in bioedilizia dovresti utilizzare le guaine in (kauciu) e altri accorgimenti che spesso non puoi fare. Devi trovare dei compromessi quando proponi la bioedilizia. L'obiettivo è fare delle case che non hanno dei problemi e che soddisfino il cliente. Perché durante la mia esperienza ho visto moltissime case che erano state fatte in bioedilizia ma, essendo eccessivamente isolate, avevano poi dei problemi di traspirabilità che portano a macchie di umidità. Essendo un costruttore devo proporre delle cose che siano belle e che abbiano una certa durabilità. La bioedilizia per noi, è trovare un compromesso fra rispetto della natura e la stabilità e durabilità strutturale.

Qua nella zona siete gli unici che fate intonaci in terra?

C'è tanta gente che compra dei sacchetti premiscelati, ma noi siamo gli unici che autoproduciamo la malta. Delle volte vado nei cantieri e vedo quella terra che mi piace un sacco, mi prendo due carrette e da lì faccio gl'intonaci. Fuori non farei mai un intonaco solo in terra, mentre dentro ormai li faccio quasi in tutte le abitazioni che realizzo.

Quando li fai fuori vai a fare intonaci in calce con l'aggiunta in terra, in quale percentuale?

Allora, poca. Il 5 %, 10 %. Oppure prendo delle sabbie che non siano troppo lavate e vado poi ad arricchirle d'inerti in maniera che siano poi ben bilanciate per evitare la fessurazione.

Fai solo la finitura o anche la malta?

No faccio anche i fondi. Uso moltissimo il coccio pesto, abbiamo un impianto in magazzino per la frantumazione dei coppi rotti. Devi avere quella sensibilità che ti fa dire, cosa sto usando?

Voi che sabbia utilizzate solitamente?

Noi prendiamo delle sabbie verso le montagne che sono più pulite di quelle di Tanaro o delle sabbie di cava prese in profondità.

La terra invece, è solitamente terra da scavo?

Sì, dagli scavi che facciamo o da altri scavi. Per esempio, qualche settimana fa sono passato in macchina davanti ad un cantiere di altri ma ho visto una terra meravigliosa. Gli ho chiesto se potevo prendere due carrette e io con quella terra coloro una casa.

Vedo se è una terra che ha del limo, dell'argilla e della sabbia. Faccio delle prove per vedere la consistenza e la malta.

Il primo passaggio qual è?

Metto 5-8 cm di terra dentro un barattolo d'acqua, la mescolo e poi lascio riposare per alcuni giorni. Vedrò poi la stratificazione della terra e le parti organiche in superficie. Poi la setaccio per togliere sassi e la parte organica con un setaccio a maglia media. Infine faccio delle prove di malta per vedere la consistenza e capire le dosi per quella terra e faccio le prove di sfregamento.

Ovvero?

Metto le percentuali di terra in maniera che lei non fessuri, più terra metto, più l'intonaco sarà compatto e tenderà a fessurarsi. Devo smagrire il composto con della sabbia, devo trovare il giusto compromesso. O metto inerti, molto inerti grossi e poi faccio le finiture con sabbia più fine.

Sabbione?

Si sabbione o pisello, dipende dalla consistenza. Uso molto le fibre e gl'inerti per stabilizzare il composto. Preferisco poi che sia un po' più magro che troppo grasso perché l'importante è creare all'interno dell'intonaco le porosità che sono quelle essenziali. Quando aggiungiamo la calce, mettiamo il grasselo. Una volta i monaci tibetani mettevano i sacchi di calce nei pozzi anche per 50 anni. Sulla calce c'è un mondo bellissimo che combina benissimo con la terra. L'importante è saper fare le miscele. Per noi che abbiamo sempre fatto intonaci in calce è stato subito facile imparare.

Altra cosa, tutte le terre vanno bene?

No, io faccio così. Ci sono delle terre che non vanno bene però hanno dei colori bellissimi, allora cosa faccio, aggiungo delle terre più grasse che mi danno la parte legante. Mischio le terre con altre terre.

Però cambia poi il colore?

Se ho un bel colore che mi piace, uso un'altra terra che mi piace, che gli da forza ma in percentuali minori. Le terre gialle della zona delle rocche sono molto sabbiose. Se metto un 10 % della terra che ho intorno a casa, quella è più grassa e non mi cambia assolutamente il colore perché è molto più chiara, quasi neutra.

Per posarlo, viene fatto tutto a mano o con sistemi di pompaggio?

Ma volendo posso anche usare la pompa. Ho conosciuto dei cottimisti che ho formato ad utilizzare queste tipologie di terre.

Quanti strati fate?

Normalmente 3,4 strati.

Con differente granulometria?

Sì per un concetto di traspirabilità. Poi dipende dal tipo di finitura che vuoi ottenere, se la vuoi più rustica e materico, useremo del sabbione anche per la finitura. Sono anche belle le pareti lucide. A ottobre siamo stati in Giappone per conoscere ed apprendere la cultura locale sulla lavorazione della terra. Il maestro Kengi, faceva delle finiture con la terra in cui ti potevi specchiare dentro talmente erano lisce.

In Giappone siete andati con quale obiettivo?

Per conoscere la cultura locale e come lavorano gli intonaci, vedere le tecniche e su tutta la bioedilizia, il pensiero le maestranze. Per moltissimi anni il Giappone è rimasta terra sconosciuta, capirai benissimo come si sono preservate alcune tecniche antiche. Siamo stati a Tono, uno dei villaggi giapponesi più antichi al mondo, abbiamo visto diversi restauri. Le cose più belle le ho viste in Italia comunque. L'artigianato è nel nostro DNA ma se tu prendi un po' da tutte le culture, hai una visione diversa del mondo del costruire, ed è quello che ho cercato di fare. Dai giapponesi ho imparato ad usare la paglia di riso come fibra che contiene molto silicio che aumenta la stabilità. Loro utilizzavano o la cenere o la pula e la terra dura molto di più. C'è tutto un discorso di abbinamenti da approfondire come l'albume di uovo, tutti additivi naturali.

Ora quante case siete riusciti a realizzare con queste tipologie di finiture?

Ultimamente le facciamo tutte così. Un esempio nel campo del restauro è la chiesa di San Paolo dentro dove ho restaurato la chiesa e fatto tutte le volte con intonaci in terra grigia, il tufo e il coccio pesto. L'altare è in terra cruda con coccio pesto. Sugli intonaci in terra ho passato il sapone di Marsiglia che serve per uniformare il colore e dare impermeabilità. Negli ultimi anni ne ho fatti tantissimi e adesso stiamo facendo una casa per la Miroglio, con intonaci in paglia e terra. Poi lei è appassionata ed insieme facciamo un sacco di cose, a lei gli spiego quello che faccio. Pensa che siamo andati, sta settimana, a Biella e ho conosciuto un architetto che ha fatto tutto un cappotto a casa sua in paglia di riso e dentro tutta terra cruda. Erano dei bei campioni. Orami le persone sono pronte, sono affascinate.

Quando voi fate un intonaco in terra, rilasciate una certificazione di collaudo?

Se uno mi chiede una cosa certificata io non posso farla per due motivi. Uno la certificazione costa tantissimo e i prodotti che hanno quel marchio sono premiscelati. O vado a comprare il sacchetto della "Vimar" dove gli mettono chissà cosa e pagano 10.000 euro per la certificazione ma tutti i prodotti saranno uguali. Ma se in generale uno viene a chiedermi un intonaco in terra cruda non mi chiederà mai il certificato. Perché dev'essere una persona pronta. Poi un altro motivo è che tutte le terre sono diverse e ogni terra si comporta in un determinato modo. Si può conoscere un po' le zone, ma poi ognuna si comporterà in maniera totalmente diversa. Se una è magra io metto una terra grassa e da due terre ne creo una terza, non posso creare un marchio di certificazioni per ogni terra che faccio. Eseguo l'opera a regola d'arte e mi assumo i rischi di ogni costruttore sulla durabilità. Una proposta che realizzo molto è il corpo dell'intonaco in calce e la finitura in terra. Ci sono solo 3 millimetri e la gente è tranquilla ma allo stesso tempo ha l'effetto del colore naturale su un intonaco traspirante.

Allora ci sarebbe un sovrapprezzo e adesso ti spiego, ma io non lo faccio mai pagare. L'intonaco cementizio costa 18 euro al mq, io quello lo vendo allo stesso prezzo, sto investendo sul futuro. Poi se devo fare un lavoro sulla finitura in maniera lucida, capisci che ci va più tempo e non posso metterlo allo stesso prezzo. La parete della mia camera da letto in terra cruda lucida ci abbiamo messo un giorno a fare 16 mq di muro, capisci che ha un costo diverso. Ma li entriamo nel campo dell'arte e non siamo più traboccanti. Diciamo che in generale la materia prima non ti costa niente: terra, sabbia, acqua. il costo sarà poi di manodopera. Non ho mai puntato per avere un lucro su quella cosa lì. Investo sul futuro dei miei figli e di un pensiero alternativo. Quando faccio un intonaco in terra finito, calcolo un intonaco tradizionale più una tinta, uso solo materiali diversi, naturali e sani.

Come confezioni la malta?

Allora dipende dall'effetto che vuoi ottenere sull'intonaco. Come prima cosa macino la terra nella molazza a secco per renderla fine e poi setaccio di nuovo la terra con dei setacci a maglia diversa per avere una terra più materica o una terra molto fine. Poi di nuovo nella molazza, faccio direttamente la malta e aggiungo alla terra acqua, sabbia, calce, cocchiopesto dipende da quello che voglio fare. Dopo averla preparata con la macchina, che la uso come betoniera, la metto nei secchi e la porto ai traboccanti che possono stenderla a mano o con la pompa, come un normale intonaco cementizio. Posso anche preparare la malta a casa e poi quando porto il composto in cantiere passo il frullatore e lei si ravviva. Ci mette poi un giorno ad asciugarsi e piano piano cambia colore. Dopo quindici giorni sai già se hai fatto un buon lavoro e l'intonaco è già performante. Ho la fortuna di avere dei dipendenti come Fabrizio a cui piace questo mestiere e lo fa bene e a regola d'arte. Se ti piace il tuo lavoro lo fai con passione. La cosa che bisogna capire e che quando si sta in mezzo alla natura hai una percezione diversa del mondo. Noi stiamo cercando di portare quelle sensazioni nell'edilizia utilizzando la natura come materiale.

Usi la terra anche per qualche altro processo? Per colorare altri materiali?

Sì uso la terra per colorare e dare degli effetti ad altri materiali. Ci sono dei legni che si prestano molto ma non vado a colorarli, a contatto con la terra e l'acqua loro invecchiano e avranno una colorazione nuova.

In cosa consiste il procedimento?

Stendo una mano di terra e acqua su legno e dopo un paio d'ore la tolgo e questo legno avrà un aspetto completamente diverso. Su castagno e sul rovere hanno molto tannino che reagisce con la terra, ma anche con la calce e facendo reazione cambia il materiale. Anche la calce va bene in questo procedimento.

Al posto della terra o insieme alla terra?

Messe insieme funziona ancora meglio, perché cambia ancora il processo e il legno avrà un'ulteriore colorazione differente. Prende un colore bellissimo.

Prossimi progetti?

Adesso vogliamo conoscere e capire il mondo della terra cruda e sempre con Sabbadini, docente del Politecnico di Milano, realizzeremo una casa in terra battuta con tetto verde, una casa sperimentale a casa mia come quella in paglia. Poi torneremo in Giappone per imparare altre cose su come modellare la terra e affinare ancora le nostre tecniche. Non si finisce mai d'imparare.

Case in paglia ne avete già realizzate?

Ad ora due, ma sono solo case sperimentali. Anche quell'argomento dovrò approfondirlo e sono sicuro che sarà il materiale del futuro per l'edilizia residenziale. Costa poco e ha dei benefici straordinari. Ho conosciuto un architetto di Bergamo, ma non ricordo il nome e presto ci troveremo per approfondire questo mondo insieme.

Sezione B: dati del sito di produzione*(compilare tante sezioni B per quanti sono i siti di produzione)*

Sito di origine:			
	Comune	CAP	Provincia

Via	Numero

Tipo di intervento

Riferimenti catastali (Foglio, particelle, sub particelle....)

Destinazione d'uso urbanistica (da PRGC) del sito di produzione

Autorizzato da:	
Autorità competente che ha autorizzato l'opera da cui originano i materiali da scavo	

Mediante:	
Riferimenti autorizzativi concernenti l'opera da cui originano i materiali di scavo (estremi, tipologia, data, protocollo....)	

Dimensione dell'area:	
Indicare la dimensione dell'area in metri quadri	

Tecnologie di scavo:	
----------------------	--

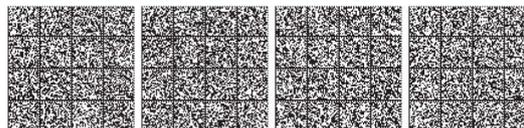
Quantità di materiale da scavo destinata all'utilizzo:	
Indicare la quantità prodotta in metri cubi da destinare come sottoprodotto all'utilizzo fuori sito	

Sezione C: dati dell'eventuale sito di deposito intermedio*(compilare tante sezioni C per quanti sono i siti di deposito intermedio)*

I materiali di scavo sono depositati:

Sito di deposito intermedio:			
	Comune	CAP	Provincia

Via	Numero



Di proprietà di:	
------------------	--

Indicare la proprietà del sito di deposito intermedio

Gestito da:	
-------------	--

Indicare il responsabile della gestione del sito di deposito intermedio

--

Riferimenti catastali (Foglio, particelle, sub particelle....)

Destinazione Urbanistica (da PRGC):	
-------------------------------------	--

Autorizzato da:	
-----------------	--

Autorità competente ed estremi autorizzativi

Periodo di deposito:	
----------------------	--

Giustificare se superiore ad anni 1

Massimo quantitativo che verrà depositato:	
--	--

Indicare la quantità in metri cubi

Sezione D: dati del sito di destinazione*(compilare tante sezioni D per quanti sono i siti di destini)*

I materiali di scavo, verranno:

- 1) Destinati a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo

Sito di destinazione:			
-----------------------	--	--	--

Comune

CAP

Provincia

--	--

Via

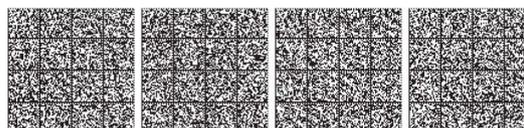
Numero

--

Tipo di intervento (ciclo produttivo, recuperi, ripristini,.....)

--

Riferimenti catastali (Foglio, particelle, sub particelle....)



--

Destinazione urbanistica (da PRGC) del sito di produzione

Autorizzato da:	
-----------------	--

Autorità competente che ha autorizzato l'opera che prevede l'utilizzo di materiali di scavo (se pertinenti.....)

Mediante:	
-----------	--

Riferimenti autorizzativi concernenti l'opera di destinazione dei materiali di scavo (estremi, tipologia, data, protocollo....)

Quantità:	
-----------	--

Indicare la quantità che verrà destinata a utilizzo

2) Avviati ad un ciclo produttivo

Impianto di destinazione:			
	Comune	CAP	Provincia

Via	Numero

--

Tipologia di impianto

--

Materiale prodotto

Sezione E: tempi previsti per l'utilizzo

I tempi previsti per l'utilizzo, che non possono comunque superare un anno dalla data di produzione, salvo il caso in cui l'opera nella quale il materiale è destinato ad essere utilizzato preveda un termine di esecuzione superiore sono i seguenti:

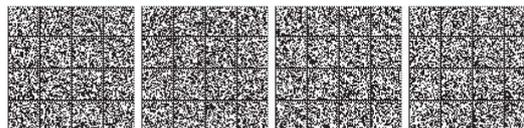
Data presunta inizio attività di scavo:	
---	--

Data presunta ultimazione attività di scavo:	
--	--

Data presunta inizio attività utilizzo:	
---	--

Data presunta ultimazione attività di utilizzo:	
---	--

Estremi atto autorizzativo dell'opera	
---------------------------------------	--



Dichiara infine di:

- essere consapevole delle sanzioni penali, previste in caso di dichiarazione non veritiere e di falsità negli atti dell'articolo 76 del DPR 445/2000, e della conseguente decadenza dei benefici di cui all'articolo 75 del DPR 445/2000;
- essere informato che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con mezzi informatici, esclusivamente per il procedimento per il quale la dichiarazione viene resa (articolo 13 d.lgs. 196/2003)

Luogo e data,

Firma del dichiarante *

(per esteso e leggibile)

** La dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto, oppure sottoscritta e inviata unitamente alla fotocopia del documento di identità ai sensi dell'articolo 38 del d.P.R. n. 445 del 2000*



4. AUTORIZZAZIONE AL CAMPIONAMENTO DI TERRE E ROCCE DA SCAVO



Autorizzazione al campionamento di "terre e rocce da scavo" su suolo pubblico.

II RICHIEDENTE

Il/La sottoscritto/ VIGNOLA MARCO C.F. VGNMRC94E18A124T

Nato/a a ALBA Prov. CN il 18/05/1994

Residente a MONTICELLO D'ALBA Prov. CN

in qualità di STUDENTE DI ARCHITETTURA

CHIEDE:

Con la seguente richiesta si richiede al "Presidente dei Sindaci del Roero" Silvio ARTUSIO COMBA di poter campionare delle "terre e rocce da scavo" su suolo pubblico al fine di una ricerca accademica per una Tesi di Laurea Magistrale in "Architettura per il progetto sostenibile".

La seguente ricerca valuta la possibilità d'impiegare le terre e rocce da scavo come materiale di recupero per nuovi processi produttivi secondo le prescrizioni del "Decreto del ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare 10 Agosto 2012, n 161".

La ricerca è condotta presso i laboratori del DISEG del Politecnico di Torino.

I comuni in cui verranno campionate le terre sono: Ceresole d'Alba, Baldissero d'Alba, Sommariva Perno, Corneliano d'Alba, Monticello d'Alba, Santa Vittoria d'Alba.

Li 20/05/2019

Richiedente

Vignola Marco

Presidente dei Sindaci

Silvio Artusio Comba



Per Associazione Sindaci Roero

5. SABBIA STROPPIANA - SCHEDA PRODOTTO



DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONI N° Sabbia Lavata 0/2 - 10301001

1 - Codice di identificazione unico del prodotto tipo:	Sabbia Lavata 0/2 - 10301001	
2 - Uso previsto:	Aggregati per calcestruzzo. Aggregati per malta.	
3 - Nome e indirizzo del fabbricante:	STROPPIANA S.P.A. Stabilimento produttivo di Corso Unità d'Italia, 21 CAP 12051 - ALBA (CN) ITALIA Tel. 0173 440042 – Fax 0173 361001 – www.stroppiana.it	
4 - Mandatario:	Non Applicato.	
5 - Sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione:	2+	
6a - Norma armonizzata:	UNI EN 12620:2008 Aggregati per calcestruzzo. UNI EN 13139:2008 Aggregati per malta.	
ICMQ S.p.A. organismo notificato n 1305:		
ha rilasciato il certificato di conformità del controllo della produzione in fabbrica n° 1305-CPD-0640fondandosi sui seguenti elementi:		
I - ispezione iniziale dello stabilimento di produzione e del controllo della produzione in fabbrica;		
II - sorveglianza valutazione e verifica continua del controllo della produzione in fabbrica.		
7 - Prestazione dichiarata:		
CARATTERISTICHE ESSENZIALI	PRESTAZIONI UNI EN 12620:2008	PRESTAZIONI UNI EN 13139:2008
Descrizione petrografica semplificata	Sabbia di natura prevalentemente silicatica	
Forma dei granuli	NPD	NPD
Dimensione dei granuli	0/2	0/2
Categoria	G _{r85}	
Contenuto dei fini	f ₃	Categoria 1
Qualità dei fini (SE)	81,3 %	81,3 %
Massa volumica dei granuli	2,62 Mg/m ³	2,62 Mg/m ³
Assorbimento di acqua	0,94 (%WA)	0,94 (%WA)
Contenuto di conchiglie	NPD	
Resistenza alla frammentazione/frantumazione	NPD	NPD
Resistenza alla levigabilità	NPD	
Resistenza all'abrasione	NPD	
Resistenza all'usura/attrito	NPD	NPD
COMPOSIZIONE CONTENUTO		
Cloruri	< 0,01 (%C)	< 0,01 (%C)
Solfati solubili in acido	AS _{0,2}	AS _{0,2}
Zolfo totale	< 0,1 (%S)	< 0,1 (%S)
Costituenti che alterano la velocità di presa e di indurimento del calcestruzzo	Soluzione più CHIARA	Soluzione più CHIARA
Contenuto di carbonato	14,70 %	
Stabilità di volume	NPD	NPD
Ritiro per essiccamento	NPD	
Emissione di radioattività	NPD	
Rilascio di metalli pesanti	NPD	NPD
Rilascio di idrocarburi poliaromatici	NPD	
Rilascio di altre sostanze pericolose	NPD	NPD
Durabilità al gelo/disgelo	NPD	NPD
Durabilità alla reazione alcali-silice	Non reattivo	Non reattivo
Durabilità a pneumatici chiodati	NPD	

La prestazione del prodotto sopra identificato è conforme alle prestazioni dichiarate. La presente dichiarazione di responsabilità viene emessa, in conformità al Regolamento (UE) n. 305/2011, sotto la sola responsabilità del fabbricante sopra identificato.

Firma a nome e per conto del fabbricante

Alba, 20 Febbraio 2017

Stroppiana S.p.A. Unipersonale
Leale rappresentante e responsabile FPC
Alba (CN) - Italia



via Venasca, 38
12026 PIASCO - CN
Tel. 0175.797727 - Fax 0175.797974
info@calcepiasco.it - www.calcepiasco.it



GRASSELLO RESTAURO

Scheda tecnico-descrittiva

- Perché sceglierlo**
- Natura fortemente magnesiaca;
 - cottura dolce;
 - invecchiato minimo 24 mesi in fossa;
 - ideale per malte e intonaci;
 - ottima resistenza meccanica;
 - totalmente privo di additivi.

Origine

Legante aereo ottenuto dallo spegnimento di calce viva magnesiaca in eccesso di acqua, lungamente stagionato in vasche di maturazione. Stagionatura minima garantita di 24 mesi. La calce viva utilizzata per questo tipo di lavorazione proviene da forni verticali di piccola potenzialità produttiva con focolari laterali e viene accuratamente selezionata per evitare la presenza di surcotti o incotti. Il latte di calce ottenuto dallo spegnimento della calce viva con acqua, prima di essere avviato ai vasconi di stagionatura subisce un processo di filtrazione a maglia fine per eliminare eventuali impurità residue. Dopo una prima stagionatura in vasca, il grassello ottenuto viene micronizzato e vagliato per controllarne la finezza (200 μ) e poi avviato alla seconda e definitiva stagionatura prima dell'insaccaggio.

Composizione e Proprietà

Soluzione colloidale allo stato di gel di idrossidi di Calcio e di Magnesio in eccesso di acqua. E' una calce forte perché l'idrossido di magnesio per via del suo abito cristallino ramificato già dopo la prima fase di asciugature iniziale, per l'evaporazione dell'acqua, possiede una buona resistenza meccanica con un comportamento simile alle calce debolmente idrauliche. Ha viscosità di tipo tissotropico. Stagionatura minima 24 mesi. Si garantisce l'assoluta mancanza di additivi. Nella preparazione di malte da intonaco non è necessario l'uso del cemento. Marcatura CE (Norma UNI EN 459)

Campi d'impiego

Utilizzato nella preparazione di malte da muratura, intonaco o finitura; in adeguata combinazione con sabbie di granulometria diverse rende la malta plastica e traspirante nel rispetto della tradizione. Fa presa lentamente e in modo continuo nel tempo, avviandosi il processo di ricarbonatazione a contatto con l'anidride carbonica presente nell'aria. La resistenza meccanica dell'intonaco, debole i primi giorni, aumenta progressivamente portando il muro alla durezza della pietra calcarea di origine, quando il processo di ricarbonatazione viene ultimato.

	<p>Come rasante permette di realizzare superfici lisce, ottimi supporti per vernici traspiranti. Diluita in acqua con eventuale aggiunta di ossidi coloranti è utilizzabile per tinteggiatura.</p>
Resa	<p>Nella preparazione di malte per muratura, per intonaco, o per finitura, le percentuali dei componenti variano a seconda delle applicazioni e delle granulometrie delle sabbie utilizzate. Nella finitura civile liscia 1 t di grassello copre circa 500 m². Nella tinteggiatura: diluire 1 Kg di grassello in 3-4 lt di acqua.</p>
Confezione	<p>In sacchetti di polietene da Kg. 25 cadauno forniti in contenitori metallici da Kg. 1000 o su pallet in legno da Kg. 1250.</p>
Stoccaggio e conservazione	<p>Durata illimitata vincolata alla conservazione integra dell'imballo ed alla presenza di acqua di eccesso nel sacchetto. Teme il gelo a causa della presenza di acqua.</p>
Avvertenze	<p>In presenza di umidità di risalita, venendo a limitarsi lo scambio con l'aria per la ricarbonatazione completa della calce, la malta preparata con il grassello per restauro deve essere idraulicizzata (aggiunta di aggreganti attivi : calce idraulica naturale, cocchio pesto, pozzolana...). Si sconsiglia di ricoprire l'intonaco con pitture o rivestimenti sintetici impermeabilizzanti in quanto si impedisce il processo di ricarbonatazione della calce.</p>
Invecchiamento	<p>Il processo di invecchiamento genera una lenta trasformazione del prodotto le cui molecole con il passare del tempo si orientano verso un abito sempre più ordinato, tendenzialmente lamellare, conferendo una maggiore plasticità alla malta e favorendo dopo l'applicazione il fenomeno della ricarbonatazione, aumentando in conseguenza le resistenze meccaniche del manufatto.</p>
Descrizione di capitolato	<p>Grassello di calce forte micronizzato e vagliato con stagionatura di almeno 24 mesi ottenuto dallo spegnimento di calce viva prodotta in forni verticali di tipo tradizionale di piccola potenzialità.</p>

7. ANALISI GRANULOMETRICA DELLE TERRE - METODO AGRONOMICO



C.so Enotria, 2/C - 12051 ALBA (CN) - Tel +39 0173 361 501 - Fax +39 0173 364874
Partita IVA e Cod. fisc. 02549610042 - www.enocontrol.com - email eno@enocontrol.com
AUT. MIPAF AL RILASCIO DEI CERTIFICATI VALIDI AI FINI DELLA COMMERCIALIZZAZIONE
ED ESPORTAZIONE DI VINI (D.M. 04/06/2018 G.U.R.I. N. 169 - 23/07/2018)

Rapporto di prova N. 19TR00191

CAMPIONE: CERESOLE Quartamento

Idoneità: Campione idoneo all' esecuzione delle prove

Data ricevimento campione: 27/06/2019

Data inizio prove: 27/06/2019

Data fine prove: 04/07/2019

Campionamento effettuato dal Cliente

Prova	U.M.	Ris.:	Metodo Tecnica di prova	Giudizio
RISULTATO DELL' ANALISI CHIMICO-FISICA				
ARGILLA	%	22,9	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	franco
SABBIA FINE	%	22,7	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
SABBIA GROSSA	%	10,4	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO GROSSO	%	17,0	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO FINE	%	27,1	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	

I risultati del presente rapporto di prova si devono intendere riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Campione prelevato secondo i protocolli definiti nei modelli EN 216 forniti dallo stesso laboratorio.

I campioni sono conservati per un periodo di 5 giorni dall'invio del Rapporto di prova ad esclusione dei parametri eventualmente specificati nei pertinenti protocolli di prelievo. La documentazione relativa alle prove è conservata per 4 anni.

E' vietata qualsiasi riproduzione, anche parziale, dei dati contenuti nel presente Rapporto di Prova, senza l'approvazione scritta del laboratorio.

Data Rapporto di Prova: 04/07/2019

Il responsabile Laboratorio Agrochimico

Dott. Luca Dellacasa



Il responsabile di laboratorio

Lab Executive Manager

Enol. Franco Alessandria

Rapporto di prova N. 19TR00192

CAMPIONE: BALDISSERO Quartamento

Idoneità: Campione idoneo all' esecuzione delle prove

Data ricevimento campione: 27/06/2019

Data inizio prove: 27/06/2019

Data fine prove: 04/07/2019

Campionamento effettuato dal Cliente

Prova	U.M.	Ris.:	Metodo Tecnica di prova	Giudizio
RISULTATO DELL' ANALISI CHIMICO-FISICA				
ARGILLA	%	19,6	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	franco
SABBIA FINE	%	28,8	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
SABBIA GROSSA	%	21,6	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO GROSSO	%	10,7	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO FINE	%	19,3	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	

I risultati del presente rapporto di prova si devono intendere riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Campione prelevato secondo i protocolli definiti nei modelli EN 216 forniti dallo stesso laboratorio.

I campioni sono conservati per un periodo di 5 giorni dall'invio del Rapporto di prova ad esclusione dei parametri eventualmente specificati nei pertinenti protocolli di prelievo. La documentazione relativa alle prove è conservata per 4 anni.

E' vietata qualsiasi riproduzione, anche parziale, dei dati contenuti nel presente Rapporto di Prova, senza l'approvazione scritta del laboratorio.

Data Rapporto di Prova: 04/07/2019

Il responsabile Laboratorio Agrochimico

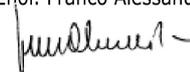
Dott. Luca Dellacasa




Il responsabile di laboratorio

Lab Executive Manager

Enol. Franco Alessandria



Rapporto di prova N. 19TR00194

CAMPIONE: SOMMARIVA PERNO Quartamento

Idoneità: Campione idoneo all' esecuzione delle prove

Data ricevimento campione: 27/06/2019

Data inizio prove: 27/06/2019

Data fine prove: 04/07/2019

Campionamento effettuato dal Cliente

Prova	U.M.	Ris.:	Metodo Tecnica di prova	Giudizio
RISULTATO DELL' ANALISI CHIMICO-FISICA				
ARGILLA	%	7,5	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	franco sabbioso
SABBIA FINE	%	24,0	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
SABBIA GROSSA	%	52,3	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO GROSSO	%	5,6	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO FINE	%	10,6	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	

I risultati del presente rapporto di prova si devono intendere riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Campione prelevato secondo i protocolli definiti nei modelli EN 216 forniti dallo stesso laboratorio.

I campioni sono conservati per un periodo di 5 giorni dall'invio del Rapporto di prova ad esclusione dei parametri eventualmente specificati nei pertinenti protocolli di prelievo. La documentazione relativa alle prove è conservata per 4 anni.

E' vietata qualsiasi riproduzione, anche parziale, dei dati contenuti nel presente Rapporto di Prova, senza l'approvazione scritta del laboratorio.

Data Rapporto di Prova: 04/07/2019

Il responsabile Laboratorio Agrochimico

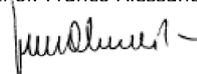
Dott. Luca Dellacasa




Il responsabile di laboratorio

Lab Executive Manager

Enol. Franco Alessandria



Rapporto di prova N. 19TR00193

CAMPIONE: CORNELIANO Quartamento

Idoneità: Campione idoneo all' esecuzione delle prove

Data ricevimento campione: 27/06/2019

Data inizio prove: 27/06/2019

Data fine prove: 04/07/2019

Campionamento effettuato dal Cliente

Prova	U.M.	Ris.:	Metodo Tecnica di prova	Giudizio
RISULTATO DELL' ANALISI CHIMICO-FISICA				
ARGILLA	%	26,5	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	franco limoso
SABBIA FINE	%	10,6	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
SABBIA GROSSA	%	0,5	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO GROSSO	%	10,6	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO FINE	%	51,8	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	

I risultati del presente rapporto di prova si devono intendere riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Campione prelevato secondo i protocolli definiti nei modelli EN 216 forniti dallo stesso laboratorio.

I campioni sono conservati per un periodo di 5 giorni dall'invio del Rapporto di prova ad esclusione dei parametri eventualmente specificati nei pertinenti protocolli di prelievo. La documentazione relativa alle prove è conservata per 4 anni.

E' vietata qualsiasi riproduzione, anche parziale, dei dati contenuti nel presente Rapporto di Prova, senza l'approvazione scritta del laboratorio.

Data Rapporto di Prova: 04/07/2019

Il responsabile Laboratorio Agrochimico

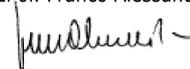
Dott. Luca Dellacasa




Il responsabile di laboratorio

Lab Executive Manager

Enol. Franco Alessandria



Rapporto di prova N. 19TR00195

CAMPIONE: MONTICELLO Quartamento

Idoneità: Campione idoneo all' esecuzione delle prove

Data ricevimento campione: 27/06/2019

Data inizio prove: 27/06/2019

Data fine prove: 04/07/2019

Campionamento effettuato dal Cliente

Prova	U.M.	Ris.:	Metodo Tecnica di prova	Giudizio
RISULTATO DELL' ANALISI CHIMICO-FISICA				
ARGILLA	%	28,6	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	franco argilloso
SABBIA FINE	%	16,1	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
SABBIA GROSSA	%	10,5	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO GROSSO	%	13,1	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO FINE	%	31,7	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	

I risultati del presente rapporto di prova si devono intendere riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Campione prelevato secondo i protocolli definiti nei modelli EN 216 forniti dallo stesso laboratorio.

I campioni sono conservati per un periodo di 5 giorni dall'invio del Rapporto di prova ad esclusione dei parametri eventualmente specificati nei pertinenti protocolli di prelievo. La documentazione relativa alle prove è conservata per 4 anni.

E' vietata qualsiasi riproduzione, anche parziale, dei dati contenuti nel presente Rapporto di Prova, senza l'approvazione scritta del laboratorio.

Data Rapporto di Prova: 04/07/2019

Il responsabile Laboratorio Agrochimico

Dott. Luca Dellacasa




Il responsabile di laboratorio

Lab Executive Manager

Enol. Franco Alessandria



Rapporto di prova N. 19TR00196

CAMPIONE: SANTA VITTORA Quartatura

Idoneità: Campione idoneo all' esecuzione delle prove

Data ricevimento campione: 27/06/2019

Data inizio prove: 27/06/2019

Data fine prove: 04/07/2019

Campionamento effettuato dal Cliente

Prova	U.M.	Ris.:	Metodo Tecnica di prova	Giudizio
RISULTATO DELL' ANALISI CHIMICO-FISICA				
ARGILLA	%	27,7	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	franco argilloso
SABBIA FINE	%	18,1	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
SABBIA GROSSA	%	12,6	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO GROSSO	%	10,9	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	
LIMO FINE	%	30,8	D.M. 13/09/99 Allegato II.5 (Andreasen)	

I risultati del presente rapporto di prova si devono intendere riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Campione prelevato secondo i protocolli definiti nei modelli EN 216 forniti dallo stesso laboratorio.

I campioni sono conservati per un periodo di 5 giorni dall'invio del Rapporto di prova ad esclusione dei parametri eventualmente specificati nei pertinenti protocolli di prelievo. La documentazione relativa alle prove è conservata per 4 anni.

E' vietata qualsiasi riproduzione, anche parziale, dei dati contenuti nel presente Rapporto di Prova, senza l'approvazione scritta del laboratorio.

Data Rapporto di Prova: 04/07/2019

Il responsabile Laboratorio Agrochimico

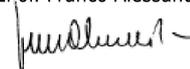
Dott. Luca Dellacasa




Il responsabile di laboratorio

Lab Executive Manager

Enol. Franco Alessandria



“Ringrazio tutte le persone che hanno creduto in me.”

Arch. Vignola Marco

