

Studio VUILLERMOZ

Rete di Geologi

Roby Vuillermoz Geologo - Alessandro Zoja Geologo iunior - Manuel Bertholin Geologo

rue Charrey, 6 – 11100 AOSTA (AO)

Tel 016541854 - e-mail: studio@vuillermoz.it

Geol. Roby Vuillermoz +39 3358079496 - Geol. iunior Alessandro Zoja +39 3470865279 - Geol. Manuel Bertholin +39 3485516132



**Regione Autonoma Valle d'Aosta
Comune di Issogne**



*Région Autonome Vallée d'Aoste
Commune de Issogne*

Committente: SERVIVAL S.r.l.

Commessa: 19145RG

Emissione: febbraio 2024

Versione: 1

NUOVA AUTORIZZAZIONE COLTIVAZIONE CAVA DI PIETrame denominata "MURE"

RELAZIONE PEDOLOGICA

SOMMARIO

1	GENERALITÀ.....	5
1.1	DOCUMENTAZIONE CONSULTATA	5
2	IL SUOLO	6
2.1	LE PROPRIETÀ FISICHE DEL SUOLO	7
2.1.1	<i>Peso specifico</i>	7
2.1.2	<i>Porosità</i>	7
2.1.3	<i>Umidità</i>	7
2.1.4	<i>Tessitura</i>	8
2.1.5	<i>Superficie specifica</i>	8
2.1.6	<i>Struttura</i>	9
2.1.7	<i>Colore</i>	10
2.2	IL PROFILO	11
2.2.1	<i>Gli Orizzonti principali</i>	11
2.2.2	<i>Transizioni</i>	13
2.2.3	<i>Come descrivere il profilo</i>	14
2.3	FAO-WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL CLASSIFICATION	15
2.4	SERVIZI ECOSISTEMICI	16
2.4.1	<i>Produzione agricola</i>	16
2.4.2	<i>Produzione di biomassa forestale</i>	17
2.4.3	<i>Ritenzione idrica</i>	17
2.4.4	<i>Regolazione del regime idrologico</i>	17
2.4.5	<i>Regolazione del microclima</i>	18
2.4.6	<i>Stoccaggio e sequestro di carbonio</i>	18
2.4.7	<i>Filtrazione e purificazione dell'acqua</i>	18
2.4.8	<i>Regolazione del ciclo dei nutrienti</i>	19
2.4.9	<i>Qualità degli habitat e biodiversità</i>	19
3	RECUPERO PEDOLOGICO DELLE CAVE	20
3.1	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	21
3.2	ASSETTO PEDOLOGICO GENERALE DELL'AREA	27

3.2.1	<i>Descrizione generale e processo pedogenetico prevalente</i>	27
3.2.2	<i>Tipo di humus</i>	27
3.2.3	<i>Uso del suolo</i>	27
3.2.4	<i>Suoli associati</i>	27
3.2.5	<i>Servizi ecosistemici e vulnerabilità</i>	28
3.3	RILIEVO PEDOLOGICO	29
3.4	SUOLO OBIETTIVO	34
3.4.1	<i>Azioni richieste per il ripristino ed il recupero della cava</i>	34
3.5	ANALISI DEI SERVIZI ECOSISTEMICI	38
3.5.1	<i>Servizi ecosistemici presenti</i>	38
3.5.2	<i>Servizi ecosistemici attesi</i>	38
4	PRECAUZIONI PER IL RECUPERO AMBIENTALE	40
5	CONCLUSIONI	41

1 GENERALITÀ

Con la DGR 384 del 11 aprile 2022 “adesione alla carta nazionale dei principi sull’uso sostenibile del suolo e costituzione dell’osservatorio regionale sul consumo del suolo”, la Regione Valle d’Aosta ha deciso di aderire alla “Carta nazionale dei principi sull’uso sostenibile del suolo”: tale documento definisce i principi per affrontare e ridurre il degrado del suolo e la perdita delle funzioni dei sistemi naturali, agendo sulle principali attività umane che li impattano. Lo stesso indica la strada della sostenibilità, in particolare nel governo del territorio e nella programmazione e pianificazione territoriale ed urbanistica delle aree urbane e peri-urbane, nell’agricoltura, nella gestione forestale e nella gestione integrata delle acque e dei suoli. La delibera istituisce inoltre l’Osservatorio regionale sul consumo del suolo, in modo tale che si abbia una valutazione del consumo di suolo in termini sia quantitativi che qualitativi.

1.1 DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

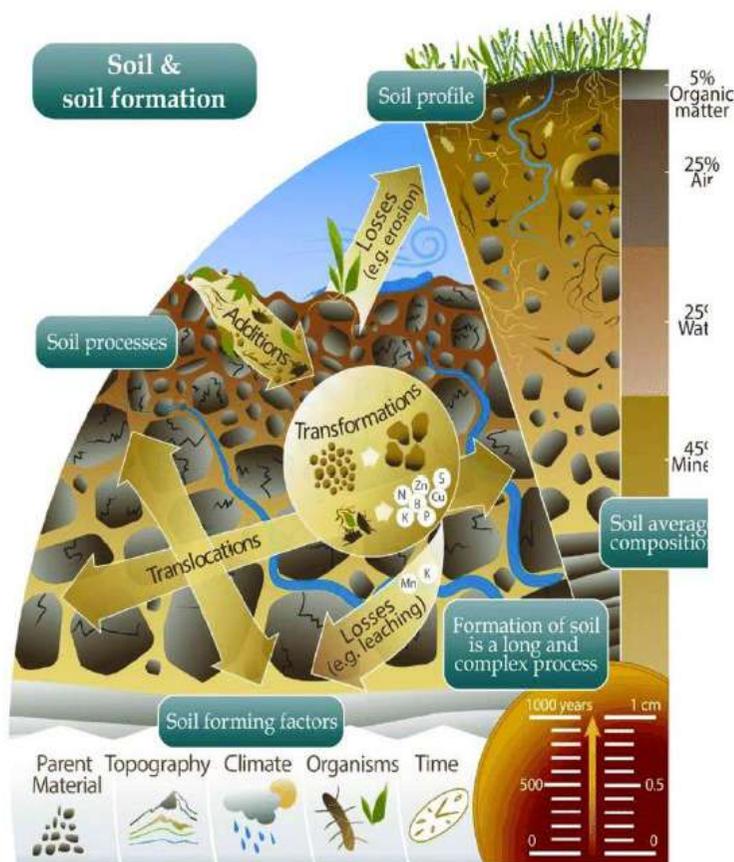
- World Reference Base for Soil Resources – *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps 4th edition*, (2022).
- Guida pratica di pedologia – *Rilevamento di campagna, principi di conservazione e recupero dei suoli* – F. Curtaz, G. Filippa, M. Freppaz, S. Stanchi, E. Zanini, E. Costantini – NAPEA - Alcotra 2007-2013;
- *Carta dei suoli della Valle d’Aosta – Note illustrative* – M. D’Amico, E. Pintaldi, E. Sapino, E. Quaglino, I. Passarella, M. Freppaz, E. Navillod, R. Rocco, S. Casola – (2020);
- *Manuale di buone pratiche per gli inerbimenti nei Siti Natura 2000 - Materiali e metodi per gli operatori della filiera* Pittana E., Barrel A., Cerise O., Culat A., Huc S., Porteret J., Vallée S., Chabloz D., Madormo F., Poggio L., Bassignana M. - IAR Aosta - 2020;
- *Manuale tecnico dei miglioramenti fondiari in zona montana* Bassignana M., Curtaz A., Curtaz F., D’Amico M., Filippa G., Freppaz M., Icardi M. - IAR Aosta – 2012;
- Deliberazione Giunta regionale 25 luglio 2013 - n. X/495 *Linee guida per il recupero delle cave nei paesaggi lombardi in aggiornamento dei piani di sistema del piano paesaggistico regionale* – Regione Lombardia;
- *Le sementi locali nel restauro ecologico in montagna. Produzione e uso di miscele per la preservazione* Mauro Bassignana, Francesca Madormo, Thomas Spiegelberger – IAR Aosta – 2015;
- *Dispense “Corso di pedologia applicata”* – Ordini Valle d’Aosta – 2023;
- Tipi Forestali della Valle d’Aosta – RAVA – 2007;
- *Progetto di coltivazione della cava Fleuran – Relazioni specialistiche e di recupero* – 2017.
- I Servizi Ecosistemici del Suolo nelle Alpi. Una guida pratica – Interreg Alpine Space – gennaio 2020.

2 IL SUOLO

Il suolo è il prodotto della trasformazione di sostanze minerali ed organiche sulla superficie della Terra sotto l'azione dei fattori ambientali che hanno operato e operano per tempi generalmente lunghi.

L'origine del suolo, le sue proprietà, la sua descrizione e classificazione sono oggetto della pedologia: essa considera il suolo come un corpo naturale da studiare anatomicamente ed ecologicamente, cioè nelle sue componenti e nel suo ambiente.

La "nascita" del suolo corrisponde alla comparsa delle proprietà mineralogiche, fisiche, chimiche e chimico-fisiche che lo distinguono dalla parte profonda della regolite ed ha inizio con l'alterazione della roccia madre sotto l'azione degli agenti atmosferici e biotici



Processi di formazione del suolo

Nel 1941 Jenny, nel suo libro "Factors of Soil Formation", formulò l'ipotesi che il suolo fosse il risultato dell'interazione di fattori pedogenetici rappresentati principalmente da roccia madre, clima, organismi viventi, geomorfologia e tempo. Tali fattori agirebbero come variabili indipendenti nei confronti della nascita e dell'evoluzione del corpo suolo, ma non necessariamente indipendenti tra loro.

L'insieme delle proprietà di un suolo non sarebbe quindi che una delle infinite combinazioni derivate dalle singole funzioni multivariate di ogni proprietà.

L'importanza relativa dei fattori pedogenetici varia da un suolo all'altro, ma oggi si riconosce alla roccia madre una certa prevalenza a livello di pedon, mentre il clima avrebbe un effetto soprattutto a livello di distribuzione geografica dei tipi di suolo e gli altri fattori subentrerebbero nell'indurre variabilità a livello di paesaggio. La roccia madre e la geomorfologia condizionano lo stato iniziale della stazione, il clima e la biomassa regolano invece la velocità delle reazioni chimiche e biochimiche a livello zonale, fermo restando che il tempo comunque regola il livello evolutivo raggiunto.

2.1 LE PROPRIETÀ FISICHE DEL SUOLO

2.1.1 Peso specifico

Nei suoli minerali il peso specifico reale (o densità reale DR o massa specifica p_r) è condizionato soprattutto da quello delle particelle minerali, che varia da 2.6 a 2.8 g/cm³, con valori vicini a quello del quarzo che è il minerale prevalente nei suoli sabbiosi. La presenza di ossidi di ferro e di metalli pesanti aumenta il valore medio della densità reale, mentre l'humus, la cui densità media è circa 1.4 g/cm³ lo diminuisce: ne consegue che nel suolo, secondo le proporzioni delle due frazioni, la DR è compresa tra 2.4 e 2.7 g/cm³.

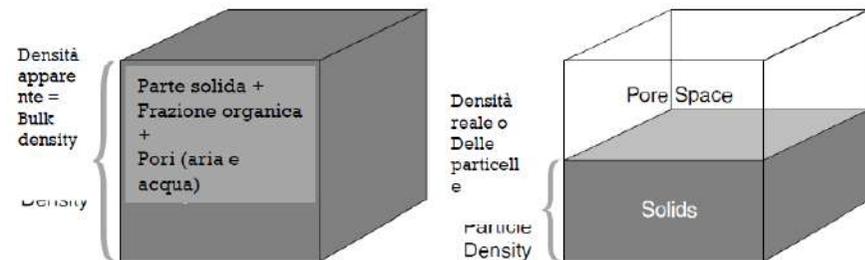
Il suolo si presenta però con spazi vuoti e ciò incide sull'economia degli elementi nutritivi e induce a considerare la densità per unità di volume. Tale densità, corrispondente al rapporto tra massa del suolo secco e volume totale, prende il nome di peso specifico apparente (o densità apparente DA o massa specifica apparente p_a). Il suo valore è 1.1- 1.5 g/cm³ nei suoli minerali e 0.2-0.4 g/cm³ in quelli organici.

2.1.2 Porosità

La porosità può essere definita come rapporto tra spazi vuoti e volume del suolo ed è ricavata dai valori di densità secondo la relazione:

Porosità (P): rapporto tra volume di spazi vuoti e volume totale

$$P = [(p_r) - (p_a)] / (p_r) * 100$$

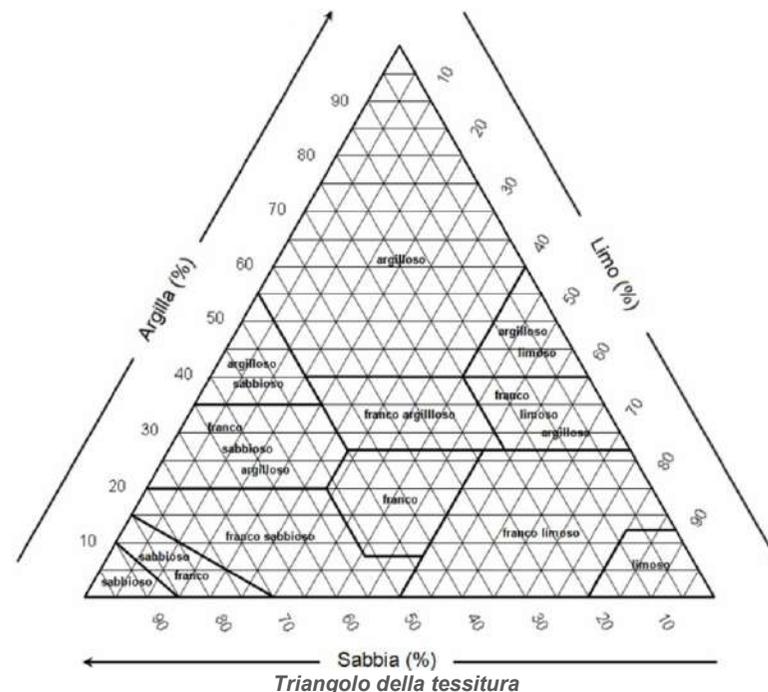
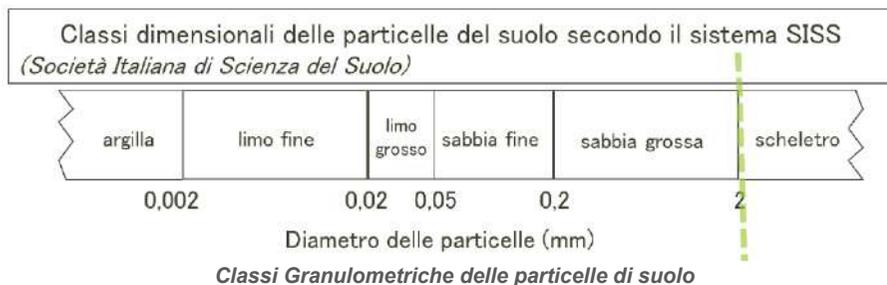


2.1.3 Umidità

Per umidità del suolo si intende il contenuto relativo d'acqua nel suolo e può essere espresso o come rapporto tra massa d'acqua e massa del suolo secco, o come percentuale di volume d'acqua presente per unità di volume di suolo, o come grado di saturazione cioè come percentuale di spazi vuoti occupati dall'acqua. A questo proposito ricordiamo che il "suolo secco" contiene comunque una certa percentuale d'acqua a causa dell'igroscopicità del suolo, cioè alla sua naturale tendenza ad adsorbire acqua dall'atmosfera. La stima dell'umidità del campione può essere eseguita ponendo il campione di suolo ad essiccare in stufa ad una temperatura compresa tra i 100 e 110 °C.

2.1.4 Tessitura

La distribuzione granulometrica percentuale di sabbia, limo e argilla nella frazione inferiore a 2 mm di diametro, o terra fine, prende il nome di tessitura del suolo: essa può essere sabbiosa, limosa o argillosa secondo la prevalenza di una delle tre componenti ovvero franca se nessuna è dominante.



2.1.5 Superficie specifica

La superficie specifica del suolo è la superficie sviluppata da un'unità di massa di suolo; generalmente è espressa in m^2/g di suolo e dipende dalla dimensione delle particelle presenti, nonché dalla loro forma e natura. I minerali argillosi che sviluppano superfici planari estese possono contenere anche superfici interne alla struttura cristallina ed in tal modo accrescono grandemente la superficie specifica. Analogamente le macromolecole organiche umiche possono sviluppare grandi superfici interne accessibili.

Rispetto ad una sabbia a grana singola che ha al massimo $2 m^2/g$ di superficie specifica, un suolo argilloso può sviluppare centinaia di metri quadrati di superficie per grammo. Questa proprietà fisica intrinseca al suolo è di importanza primaria in quanto strettamente correlata alla reattività delle superfici che è alla base dei fenomeni di adsorbimento e di scambio di ioni e di molecole, nonché di idratazione, di coesione tra le particelle e di formazione di aggregati.

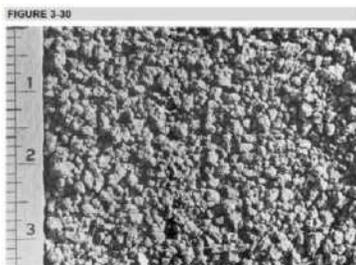
2.1.6 Struttura

Lo stato di aggregazione con cui si presentano le diverse frazioni minerali ed organiche determinano la struttura del suolo. In particolare, la struttura è l'aggregazione, che può essere più o meno stabile, delle particelle primarie di sabbia, limo, argilla tenute insieme da cementi organici ed inorganici. La formazione di aggregati è un processo chiave nell'evoluzione dei suoli.

La formazione della struttura è una delle prime evidenze di pedogenesi ed è accompagnata dall'aumento dei vuoti nel suolo.

Se il suolo non presenta struttura può essere definito massivo od incoerente a seconda che si presenti "compatto" o che le particelle siano "sciolte". La struttura viene descritta da tre parametri che vengono osservati in campo su suolo relativamente asciutto.

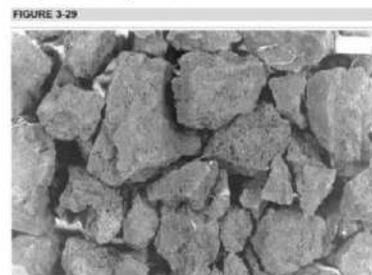
- **Forma o tipo:** può essere granulare, poliedrica, angolare o subangolare, lamellare, prismatica, colonnare
- **Dimensione:** può essere molto fine, fine, media, grossolana, molto grossolana.
- **Grado:** che può essere debole, moderato o resistente.



Strong fine and medium granular peds.



A cluster of strong medium columnar peds. The cluster is about 155 mm across.

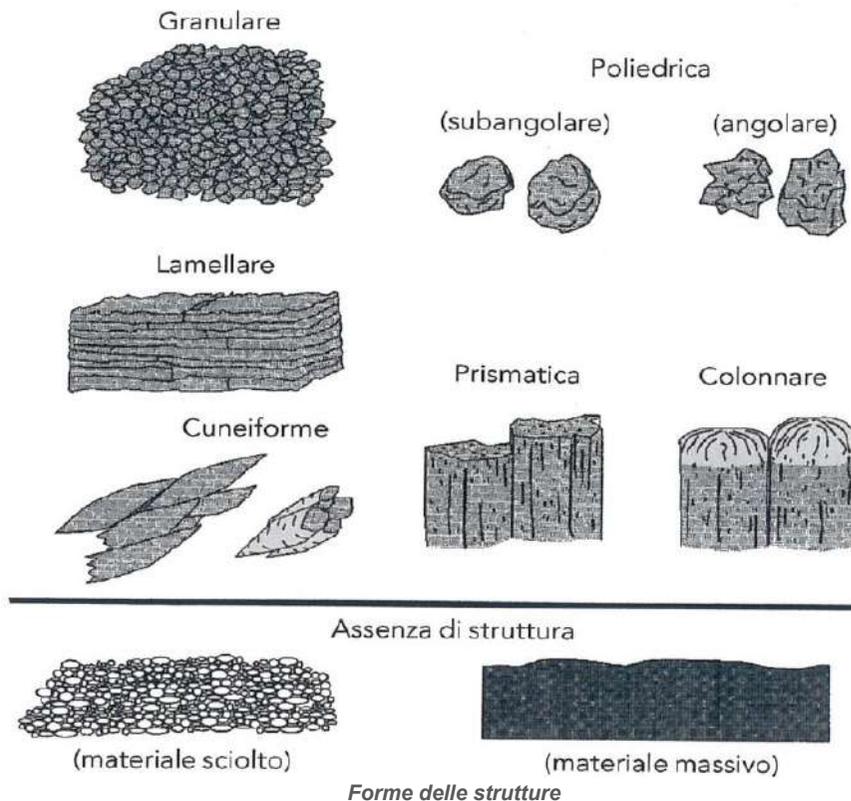


Strong medium and coarse blocky peds.



Natural fragments formed by cracking of a massive soil as it contracted upon drying.

Esempi di strutture



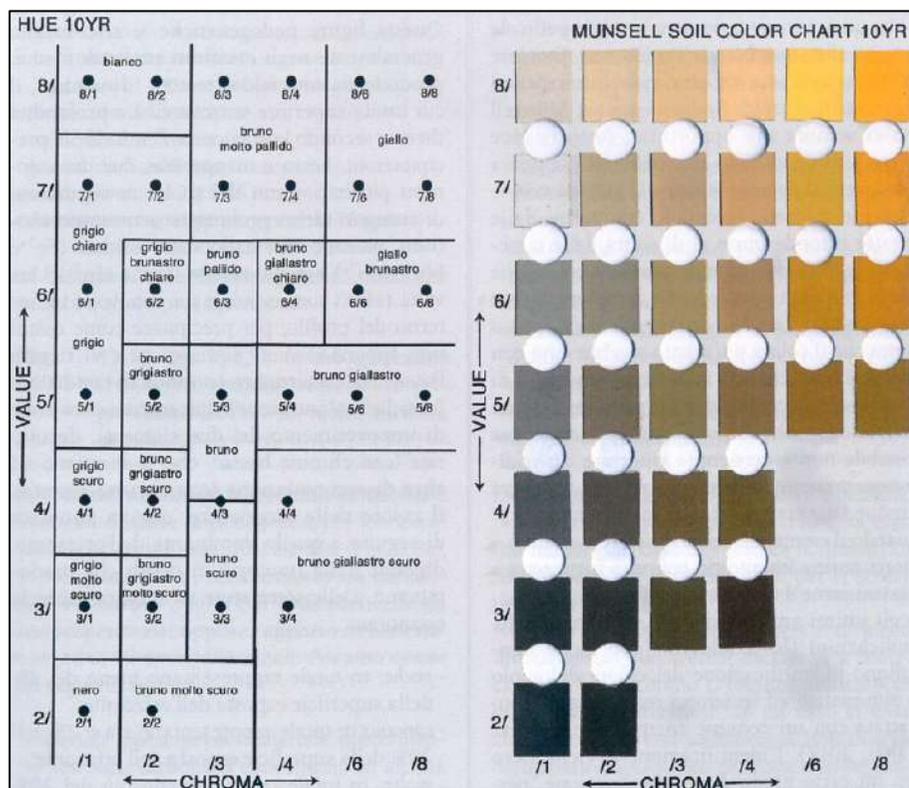
Forme delle strutture

2.1.7 Colore

Un'ultima proprietà fisica, importante anche perché immediatamente evidente, è il colore del suolo. Il colore è impartito al suolo essenzialmente dalla sostanza organica umificata (bruno scuro), dagli ossidi di ferro (dal giallo al rosso, secondo il tipo) e di manganese (dal viola al nero), e da carbonati, solfati e cloruri (bianco).

I suoli permanentemente saturi d'acqua assumono tipici colori grigio-verde-bluastri dovuti alla formazione di minerali del Fe ridotto oppure grigio chiari a causa della pressoché totale perdita del Fe in soluzione; nei suoli recentemente percorsi da incendio o nelle carbonaie può dominare il nero del carbone; infine nei suoli giovani domina, generalmente, il colore della roccia madre, che poi può progressivamente cambiare con il procedere della pedogenesi e la formazione di minerali secondari.

Allo scopo di riportare definizioni quanto più oggettive possibili, il colore del suolo si determina per confronto con i colori di riferimento del sistema Munsell dei colori.



La tavola delle Munsell Soil Color Charts 10YR

Il sistema Munsell, ideato dal pittore e inventore statunitense Albert Henry Munsell agli inizi del '900 è in grado di intercettare l'intera gamma di colori esistenti in natura. I colori attribuibili al suolo rappresentano tuttavia solo una porzione dei colori previsti dal sistema e sono quelli effettivamente presenti nelle Munsell Soil Color Charts (Munsell Soil Colour Charts, 2009).

Il sistema Munsell è basato su tre variabili indipendenti che vanno definite una di seguito all'altra tramite un codice alfanumerico.

- **hue:** indica il tipo di colore primario ed è espressa con una lettera o due preceduta da un numero che indica la quantità di colore;
- **value:** indica la luminosità del colore. A valori bassi di value corrispondono colori scuri fino al nero assoluto a 0 (nei suoli il valore minimo è 2);
- **chroma:** indica la purezza del colore. A valori bassi di chroma corrispondono colori poco puri, debolmente espressi, fino all'assenza di colore per il minimo (che quindi corrisponde a bianco, grigio o nero, secondo il value).

Poiché possono essere presenti più orizzonti e in ciascuno di essi si possono osservare screziature, laccature, noduli o concrezioni, di norma ciascuna di queste figure pedologiche riceve la designazione del suo colore.

Per determinare il colore si consiglia di osservare il campione con luce naturale (preferibilmente nelle ore centrali della giornata) e su suolo umido (non troppo secco e non saturo) altrimenti il colore viene alterato.

2.2 IL PROFILO

Osservando una buca o un taglio stradale, facilmente si possono osservare delle stratificazioni parallele alla superficie del suolo: esse costituiscono gli orizzonti del suolo e la loro reciproca sistemazione costituisce il profilo del suolo. I pedologi osservano e descrivono i profili rappresentativi dei pedon per caratterizzare, interpretare e classificare i suoli.

Gli orizzonti si differenziano frequentemente per caratteristiche facilmente distinguibili quali il colore, la struttura degli aggregati, la tessitura, la presenza di attività biologica e lo spessore. Altre proprietà meno visibili o determinabili solo in laboratorio, quali le caratteristiche mineralogiche e chimiche, concorrono, comunque, alla definizione degli orizzonti.

Gli studiosi, secondo le indicazioni dell'USDA Soil Conservation Service (Soil Survey Staff, 2010) integrate da quelle della FAO (FAO, 2006), usano le lettere maiuscole O, A, B, C, E, L, M, R, e W per identificare gli orizzonti principali, aggiungendo lettere minuscole per distinguere particolari condizioni all'interno di questi.

2.2.1 Gli Orizzonti principali



O

O=organico, sostanza organica con grado variabile di decomposizione. Gli orizzonti O sono dominati da sostanza organica con vari gradi di alterazione

A

A=primo orizzonte minerale, arricchito di sostanza organica. Si forma al di sotto di O oppure in corrispondenza alla superficie del suolo. Presenta caratteristiche totalmente diverse dal "Parental Material" ed è caratterizzato da relativa abbondanza di sostanza organica finemente associata alla frazione minerale. In genere si presenta più aerato con più macropori rispetto agli altri orizzonti.

B

B=orizzonte minerale sub superficiale soggetto a pedogenesi. Si forma sotto O, A, oppure E. Rispetto agli altri orizzonti presenta un maggiore contenuto di argilla, densità apparente maggiore, contenuto minore di sostanza organica, più micropori, colore arrossato o bruno giallastro e struttura tipicamente più poliedrica. L'orizzonte è dominato da obliterazione della struttura originaria del "Parental Material" e mostra una o più delle seguenti caratteristiche:

- Accumulo di hummus, argilla, ossidi, gesso o Sali solubili, trasportati da soli o in combinazione, da orizzonti sovrastanti;
- Significativa perdita di carbonati, silice, gesso o Sali solubili;
- Alterazione dei minerali primari con formazione di minerali argillosi e/o ossidi;

C

- Formazione di struttura generalmente sub angolare o prismatica (comunque non granulare, che è tipica di A).

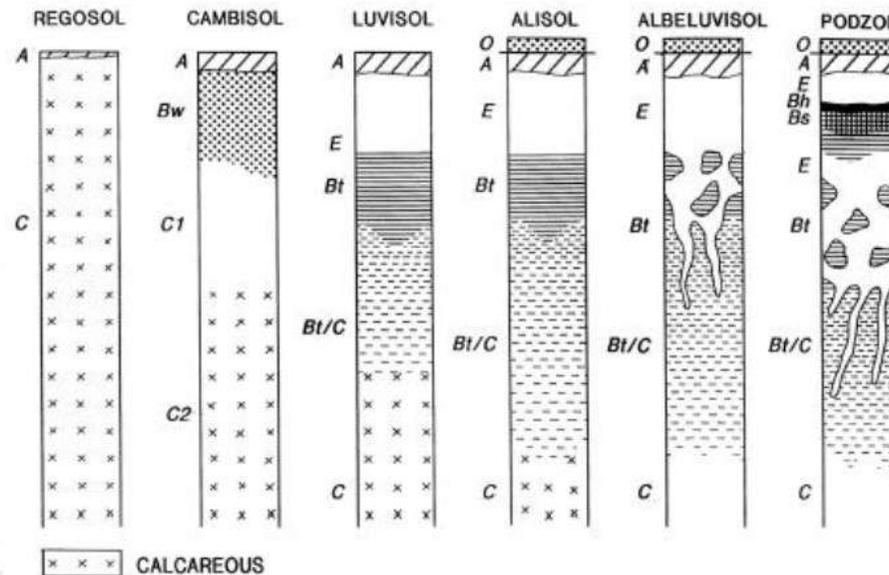
C=parental material o substrato pedogenetico poco o nulla alterato. Può essere stato trasformato anche se non ci sono segni evidenti di pedogenesi. Può essere:

- Materiale incoerente (es. sabbie, ghiaie, depositi alluvionali, depositi glaciali o coltre detritico colluviale)
- Roccia originariamente coerente ma alterata e resa più friabile da pedogenesi del passato.

E=eventuale orizzonte di eluviazione (tra A e B). è un orizzonte in cui si osservano perdite (eluviazione di argilla, ossidi di Fe, Al... e nel quale si osserva un accumulo residuale di sabbia e limo (quarzo abbondante) o di altri minerali resistenti.

R=roccia compatta e inalterata. Si tratta di roccia dura, coerente, eventualmente fratturata ma non alterata chimicamente. Le radici non riescono a penetrare. Non è necessariamente il materiale minerale dal quale il suolo ha avuto origine. Ad esempio, in caso di deposito su roccia, il suolo si sviluppa a spese del deposito.

Non sempre sono presenti tutti gli orizzonti in un suolo. Ad esempio, un suolo poco sviluppato può non presentare orizzonte B, ma avere un profilo del tipo A-C. Gli orizzonti O, infatti, possono mancare per effetto dell'erosione, del clima o della vegetazione.



Esempio di evoluzione del profilo su di un substrato calcareo

2.2.2 Transizioni

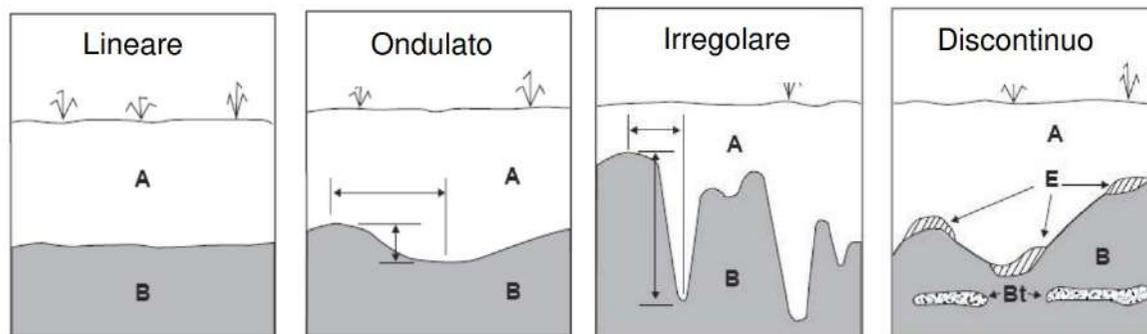
Nella descrizione del profilo è importante descrivere non solo gli orizzonti ma anche come questi sono distinti tra di loro, ovvero la transizione da un orizzonte a quello sottostante. Del limite inferiore dell'orizzonte si descrivono la nitidezza (o tipo di limite) e la forma (o topografia).

La nitidezza è l'intervallo spaziale entro cui l'orizzonte passa a quello sottostante. Il tipo di limite può essere:

Tipo di limite	Transizione (da Soil Survey Manual)
abrupto	< 2cm
chiaro	2-5 cm
graduale	5-15 cm
diffuso	> 15 cm

La topografia si riferisce, invece, all'andamento e alla continuità del limite, il quale può essere:

- *lineare*, quando è assimilabile ad una linea retta;
- *ondulato*, quando vi sono ondulazioni più larghe che profonde;
- *irregolare*, quando vi sono ondulazioni più profonde che larghe;
- *discontinuo*, quando l'orizzonte non è continuo.



Esempi di topografia

2.2.3 Come descrivere il profilo

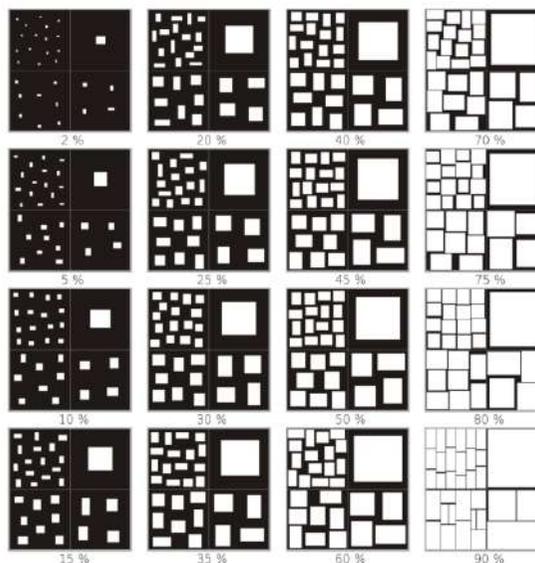
Per descrivere il profilo occorre scavare una trincea ed osservarne la sezione verticale. La larghezza ideale del profilo dovrebbe essere di circa un metro mentre la sua profondità dipende dal grado di evoluzione del suolo, tuttavia nei suoli alpini e di conseguenza in quelli valdostani è sufficiente spingersi a profondità inferiori al metro o comunque fino all'orizzonte C.

Il profilo dovrebbe essere il più possibile rappresentativo del sito in esame, occorre quindi evitare rilevati stradali rimaneggiati, ceppaie, fossati e qualsiasi elemento che potrebbe essere considerato di "disturbo".

Per ciascun orizzonte bisogna indicare:

- Denominazione (tipo di orizzonte genetico)
- Limite superiore e inferiore (cm)
- Colore (secco e/o umido) di matrice e di eventuali screziature se presenti
- Aggregati: tipo, dimensione, grado
- Radici (dimensioni medie, quantità, andamento)
- Scheletro (abbondanza in volume, dimensioni e forma)
- Eventuale effervescenza su matrice e scheletro
- Tessitura in campo

Per la percentuale in volume si fa riferimento alle tavole Munsell di cui si riporta di seguito un esempio:



Tavole Munsell per la definizione dell'abbondanza percentuale, in ogni sotto riquadro, in bianco, è espressa la percentuale riportata sotto

2.3 FAO-WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL CLASSIFICATION

Il World Reference Base for Soils Resources (WRB) è l'unico Sistema di classificazione dei suoli internazionale. Il WRB nella versione più recente è del 2014, ulteriormente aggiornato al 2015 (IUSS Working Group WRB, 2015).

La classificazione WRB si basa su proprietà diagnostiche quanto più possibile osservabili e misurabili in campo, che rivelano l'azione prolungata di determinati processi pedogenetici e che sono significative anche ai fini della gestione del suolo.

La classificazione WRB prevede solamente due livelli gerarchici. Il più elevato è composto da 32 classi, i Reference soil groups (RSGs) che si differenziano per le proprietà impartite dal processo pedogenetico dominante o, più raramente, ereditate dalla roccia madre.

Forte influenza antropica	Accumulo SOM nel topsoil	Limitazioni crescita radicale	Chimica Fe/Al	Accumulo di sali	Arricchimento di argilla in profondità	Suoli con profilo poco o nulla differenziato
<ul style="list-style-type: none"> Anthrosols: uso agricolo intensivo e di lunga durata Technosols: artefatti in quantità rilevante 	<ul style="list-style-type: none"> Phaeozems: topsoil scuro, sat. basica alta, no carbonati secondari Umbrisols: topsoil scuro, SB bassa Chernozems: topsoil molto scuro, SB alta e carbonati secondari Kastanozems: topsoil scuro, SB alta e carbonati secondari 	<ul style="list-style-type: none"> Vertisols: argille espandibili, alternanza secco/umido Leptosols: sottili o ricchi di scheletro Cryosols: con permafrost 	<ul style="list-style-type: none"> Gleysols: falda superficiale, zone costiere, suoli sommersi Andosols: suoli vulcanici Podzols: accumulo subsuperficiale di ossidi e/o humus Nitisols Ferralsols Planosols 	<ul style="list-style-type: none"> Calcisols: carbonati II Gypsisols: gesso II 	<ul style="list-style-type: none"> Luvisols: CEC elevata, SB elevata Alisols: CEC elevata, SB bassa Lixisols: CEC bassa, SB elevata Acrisols: CEC bassa, SB bassa Retisols: glosse di materiale a tessitura grossolana, colore chiaro in orizzonte più alterato e fine 	<ul style="list-style-type: none"> Cambisols: moderatamente sviluppati Fluvisols: sviluppati su PM sedimento lacustre, fluviale o marino Regosol: per nulla sviluppati Arenosols: sabbiosi

RSGs di interesse

Il secondo livello consiste del nome del RSG associato ad una serie di qualificatori, che rivelano le caratteristiche del suolo importanti sebbene prodotte da processi pedogenetici secondari. In alcuni casi i qualificatori fanno riferimento a proprietà non direttamente riconducibili alla pedogenesi, ma comunque rilevanti ai fini dell'uso del suolo. I qualificatori si distinguono in principali e supplementari. Quelli principali sono considerati più significativi per l'ulteriore caratterizzazione di un suolo già attribuito ad un determinato RSG, al nome del quale vengono anteposti. Ogni RSG ne ha una lista definita, che segue un ordine di importanza (la scelta avviene dunque per esclusione, dal primo all'ultimo della lista). I qualificatori supplementari forniscono ulteriori dettagli sul suolo e vengono postposti al nome del RSG, fra parentesi e separati tra loro da virgole (a differenza dei principali).

Al nome possono essere aggiunti anche qualificatori di altri RSG e se ne possono utilizzare (sia di principali che di supplementari) quanti si vuole, purché siano tutti applicabili al suolo che si sta classificando e non ridondanti.

2.4 SERVIZI ECOSISTEMICI

I servizi ecosistemici definiscono i benefici che gli esseri umani possono ricevere dalla natura, o meglio dagli ecosistemi. Alcuni, come la produzione agricola, di foraggio e biomasse, sono ovvii e ben riconosciuti. Altri invece sono meno evidenti e riguardano le funzioni di supporto e regolazione. Si tratta per esempio del ciclo dei nutrienti, la funzione di habitat per gli organismi viventi, la biodiversità, la purificazione delle acque e lo stoccaggio di carbonio sotto forma di sostanza organica, e molti altri ancora.

I suoli sono, insieme all'acqua e all'aria, un elemento fondamentale per la vita sulla Terra. È quindi importante conoscere e quantificare il contributo del suolo ai servizi ecosistemici.

Il suolo contribuisce a tutti i servizi ecosistemici; tuttavia tali servizi possono essere messi a rischio da determinate pratiche gestionali e non sostenibili. È dunque di fondamentale importanza, in tutti i settori produttivi, diminuire gli impatti negativi sul suolo e preservarne la qualità ed il funzionamento.

Nell'ambito del progetto Links4Soils sono stati sviluppati dei simboli per rappresentare visivamente i principali servizi ecosistemici del suolo: Tali simboli sono stati utilizzati anche per la presente relazione pedologica.

2.4.1 Produzione agricola



Simboli dei principali servizi ecosistemici

Il termine “produzione agricola” si riferisce a cibo, foraggio, fibre tessili, piante medicinali, ma anche a piante o biomasse destinate alla produzione energetica. Questo servizio si basa su numerose proprietà chimiche, fisiche e biologiche del suolo ed è collegato alla sua fertilità. La produzione agricola dipende da diverse proprietà quali la profondità del suolo, la quantità e qualità della sostanza organica, la capacità di ritenzione idrica, il pH, la tessitura, la struttura, la mineralogia, il contenuto di scheletro, la presenza e abbondanza di organismi viventi. Questo servizio è strettamente collegato al ciclo dei nutrienti, del carbonio e dell'acqua. La fornitura di questo servizio dipende dalla disponibilità di acqua e nutrienti, a sua volta controllata da numerose proprietà del suolo, dal clima e dalle pratiche gestionali.

¹ I Servizi Ecosistemici del Suolo nelle Alpi. Una guida pratica – Interreg Alpine Space – gennaio 2020.

2.4.2 Produzione di biomassa forestale

Il servizio ecosistemico “produzione di biomassa forestale” fa riferimento alla produzione di biomassa a partire dal bosco. Oltre ai prodotti legnosi, si includono quelli commestibili come funghi e frutti di bosco. Esistono varie modalità di gestione forestale, più o meno intensive. In ogni caso, i turni produttivi sono sempre relativamente lunghi e quindi le operazioni in bosco non sono molto frequenti. Tuttavia, è necessario adottare opportune misure di protezione per il suolo, per limitare gli impatti negativi delle operazioni in bosco (ad esempio, effettuando l'esbosco solo in condizioni idonee di umidità del suolo). È molto importante preservare la fertilità del suolo forestale, che è frutto di una complessa interazione tra processi chimici, fisici e biologici, a loro volta collegati al ciclo dell'acqua e dei nutrienti. La produzione di biomassa forestale è influenzata da numerose proprietà del suolo quali la profondità, il contenuto di scheletro, la tessitura, la densità, la struttura, la quantità e qualità della sostanza organica, il pH, gli organismi che vivono nel suolo. La produzione di biomassa forestale è in larga parte controllata dal clima, ma può essere modificata dalla gestione forestale. I cambiamenti di uso del suolo da foresta a suolo agricolo e viceversa, possono produrre impatti significativi sul suolo e compromettere alcuni dei servizi ecosistemici da esso forniti.

2.4.3 Ritenzione idrica

Il servizio ecosistemico “ritenzione idrica” fa riferimento alla capacità del suolo di trattenere, immagazzinare e rendere gradualmente disponibile l'acqua alle piante e agli altri organismi viventi. L'acqua, che normalmente giunge al suolo attraverso la fusione della neve, le piogge e talvolta l'irrigazione, penetra nel suolo e si muove all'interno dei pori. Nella rizosfera diventa disponibile alle radici ed agli organismi del suolo. La capacità di ritenzione idrica dipende sia dalla porosità totale del suolo che dalla distribuzione dimensionale dei pori. Queste proprietà sono a loro volta influenzate da: profondità del suolo, grado di compattazione, tessitura e struttura, quantità e qualità della sostanza organica. La struttura, la densità e la sostanza organica sono infine condizionate dall'attività degli organismi che vivono nel suolo, come ad esempio i lombrichi. La capacità del suolo di trattenere e immagazzinare acqua dipende in larga misura dall'uso e dalla gestione. In agricoltura, la coltivazione e le lavorazioni possono ridurre la capacità di ritenzione idrica, ad esempio nel caso di forte compattazione da parte di macchinari pesanti, oppure aumentarla nel caso in cui si utilizzino ammendanti organici. Nell'ambito forestale, la composizione specifica influenza il servizio ecosistemico attraverso l'attività biologica, inclusa quella radicale.

2.4.4 Regolazione del regime idrologico

Questo servizio ecosistemico si riferisce alla riduzione del ruscellamento superficiale, a favore dell'infiltrazione delle acque. La riduzione del ruscellamento superficiale attenua i picchi di piena dei corsi d'acqua ed il rilascio e trasporto di sedimenti per erosione. L'acqua infiltrata nel suolo contribuisce al deflusso subsuperficiale e va a ricaricare la falda. La disponibilità idrica dipende dal tasso di infiltrazione e dalla permeabilità, a loro volta influenzati da profondità del suolo, tessitura, densità, contenuto di scheletro, struttura, quantità e qualità della sostanza organica, attività biologica inclusa quella radicale, spessore degli orizzonti organici superficiali ed eventuale presenza di rocciosità e pietrosità superficiali. Ovviamente, molte delle proprietà nominate dipendono a loro volta dalla copertura vegetale, naturale e non. Suoli profondi, ricchi di scheletro, con tessitura grossolana forniscono un buon drenaggio. Una vegetazione densa, con radici fitte e profonde, ed una buona attività biologica nel topsoil garantiscono un servizio di regolazione idrologica ottimale. La capacità di svolgere questo servizio è influenzata dall'uso e gestione del suolo (es. foresta, prateria, pascolo, coltivo o incolto). A seconda delle specifiche pratiche gestionali applicate, il servizio può essere migliorato (ad esempio favorendo l'attività biologica) o ridotto (ad esempio con l'impermeabilizzazione e la compattazione).

2.4.5 Regolazione del microclima

Questo servizio ecosistemico fa riferimento alla capacità che ha il sistema suolo-pianta di abbassare la temperatura dell'aria (ad esempio rinfrescando il microclima in estate). L'evaporazione dell'acqua richiede energia e di conseguenza determina una riduzione della temperatura dell'aria. La capacità del suolo di regolare la temperatura locale dipende dai processi di evaporazione (dal suolo) e di traspirazione (delle piante), nel complesso denominati evapotraspirazione. Maggiore è l'evapotraspirazione, maggiore sarà l'energia richiesta per il processo, e quindi più consistente la riduzione della temperatura. In aree densamente vegetate, la traspirazione è più rilevante dell'evaporazione. All'interno del suolo, la capacità di ritenzione idrica controlla sia l'evaporazione che la traspirazione e dipende principalmente dalla quantità e dimensioni dei pori. La capacità del suolo di regolare il microclima è collegata alla capacità di ritenzione idrica e può essere influenzata dall'uso e gestione. In agricoltura, può essere incrementata adottando sistemi e pratiche di tipo conservativo, rotazione delle colture, fertilizzanti organici etc, che favoriscono la ritenzione dell'acqua nel suolo. Nel settore forestale, la scelta delle specie vegetali incide sulla capacità di ritenzione idrica, in quanto condiziona l'attività biologica ed i sistemi radicali.

2.4.6 Stoccaggio e sequestro di carbonio

Il servizio ecosistemico fa riferimento alla capacità che il suolo ha di trattenere e potenzialmente incrementare il proprio stock di carbonio (C). Suoli immagazzinano enormi quantità di C (2,700 Gt), più di quanto possano fare l'atmosfera (780 Gt) e la vegetazione terrestre (575 Gt) insieme. Questa funzione dipende dall'equilibrio tra l'accumulo di sostanza organica nel suolo e le emissioni di CO₂ e CH₄ in atmosfera. L'accumulo nel suolo è reso possibile dalla trasformazione di C prelevato dall'atmosfera, sotto forma di anidride carbonica, in sostanza organica tramite la fotosintesi. La sostanza organica inizialmente va a costituire i tessuti delle piante e successivamente viene restituita al suolo come lettiera, poi decomposta e trasformata dai microrganismi. La persistenza del C nel suolo è molto variabile e dipende dalle condizioni ambientali (soprattutto il clima) e dall'uso del suolo. La quantità e persistenza della sostanza organica nel suolo, e quindi il potenziale del suolo come serbatoio di C, dipendono inoltre da varie proprietà tra cui: tessitura, struttura, pH, disponibilità di nutrienti (es. N). In generale, un aumento della quantità di C stoccato nel suolo aiuta a mitigare il cambiamento climatico. L'uso del suolo condiziona significativamente lo stoccaggio e sequestro di C, e quindi la regolazione del clima. Ad esempio, la conversione da foresta a terreno agrario o area urbana riduce notevolmente il servizio ecosistemico, o addirittura lo annulla. Anche l'estrazione di torba e il drenaggio di torbiere comporta un rapido aumento delle emissioni di CO₂ dal suolo, trasformandolo da serbatoio a sorgente di C.

2.4.7 Filtrazione e purificazione dell'acqua

Il servizio ecosistemico "filtrazione e purificazione dell'acqua" si riferisce alla capacità del suolo di filtrare particelle solide e trattenere e degradare inquinanti che si trovano nell'acqua di infiltrazione, rendendola potabile e adatta all'uso umano e non. Il suolo è in grado di filtrare particelle solide e trattenere nutrienti e pesticidi, composti organici ed inorganici (spesso inquinanti) prodotti da attività agricole, scarichi urbani o industriali. La capacità di agire meccanicamente come filtro dipende essenzialmente dalle dimensioni delle particelle trasportate, da quelle dei pori del suolo, e quindi dalla velocità di drenaggio. La capacità di trattenere chimicamente composti presenti nelle acque dipende invece dall'interazione con le superfici minerali (argille), la sostanza organica e gli organismi viventi. Il trasporto e il destino degli inquinanti dipendono dalla capacità del suolo di neutralizzare, tamponare e trattenere queste sostanze tramite specifici processi chimici. La compattazione del suolo, la riduzione del contenuto di sostanza organica, la riduzione della componente vivente del suolo limitano questo servizio ecosistemico mettendo in pericolo la qualità delle risorse idriche. La capacità del suolo di fornire questo servizio dipende dall'uso del suolo in atto e dalle pratiche di gestione adottate che possono influenzare pH, contenuto di sostanza organica, attività biologica.

2.4.8 Regolazione del ciclo dei nutrienti

Il servizio ecosistemico “regolazione del ciclo dei nutrienti” fa riferimento all’accumulo, gli scambi e le trasformazioni che regolano i macro e micronutrienti del suolo. È collegato a vari processi quali: l’azotofissazione, la decomposizione della lettiera, la mineralizzazione, lo stoccaggio di C. Oltre a C, H e O provenienti da aria e acqua, le piante necessitano di numerosi altri macronutrienti (es. N, P, K, Ca, Mg, S) e di micronutrienti, ugualmente importanti ma richiesti in minore quantità, come Fe, B, Mo, Cu, Mn, Zn, Na, Cl, Co, Si. La decomposizione è operata praticamente da tutti gli organismi del suolo, anche se in misura diversa e con diversi meccanismi. Artropodi e lombrichi, ad esempio, frammentano meccanicamente la lettiera e i residui organici, e li rimescolano con la frazione minerale del suolo. Funghi e batteri sono anch’essi molto attivi nella decomposizione. Ad ogni stadio della decomposizione, vengono prodotti composti via via più semplici. Tra i composti organici, le sostanze umiche, che sono molto complesse, hanno un turnover molto lungo e contribuiscono a formare la struttura del suolo e conservarne la fertilità. L’uso del suolo e le pratiche gestionali, come la fertilizzazione e le lavorazioni, influenzano il ciclo dei nutrienti, generalmente aumentandone il contenuto.

I suoli con la migliore dotazione di nutrienti vengono per lo più destinati all’agricoltura.

2.4.9 Qualità degli habitat e biodiversità

Il suolo può ospitare numerosi organismi viventi, dai microrganismi (batteri, protozoi) sino a forme di vita visibili ad occhio nudo come la mesofauna (es. collemboli) e la macrofauna (es. insetti e lombrichi). Gli organismi del suolo interagiscono in modo complesso e contribuiscono in varia misura ai servizi ecosistemici. Per esempio, decompongono la sostanza organica e contribuiscono in questo modo al ciclo dei nutrienti. La biodiversità si esprime a livello sia di specie che genetico. La biodiversità all’interno del suolo dipende da numerose proprietà come il volume totale dei pori (cioè gli spazi vuoti disponibili agli organismi viventi), la quantità di acqua disponibile, la presenza o meno di ossigeno, la quantità ed il tipo di sostanza organica. Inoltre, sono importanti le relazioni inter ed intra-specifiche, che regolano l’abbondanza e la diversità delle popolazioni di organismi del suolo. La biodiversità del suolo è una proprietà dinamica, che varia giornalmente e stagionalmente, così come a lungo termine, a seconda delle condizioni ambientali e dei processi di degradazione del suolo in atto. È molto difficile quantificare e confrontare la biodiversità tra suoli differenti, perché i gruppi di organismi sono numerosissimi e le loro dinamiche molto complesse. Molto spesso la biodiversità viene sacrificata a favore di altri servizi ecosistemici come la produzione agricola, o compromessa dall’ingresso di specie esotiche. Le varie forme di degradazione del suolo (erosione, salinizzazione, acidificazione...) e l’uso non sostenibile del suolo possono significativamente ridurla.

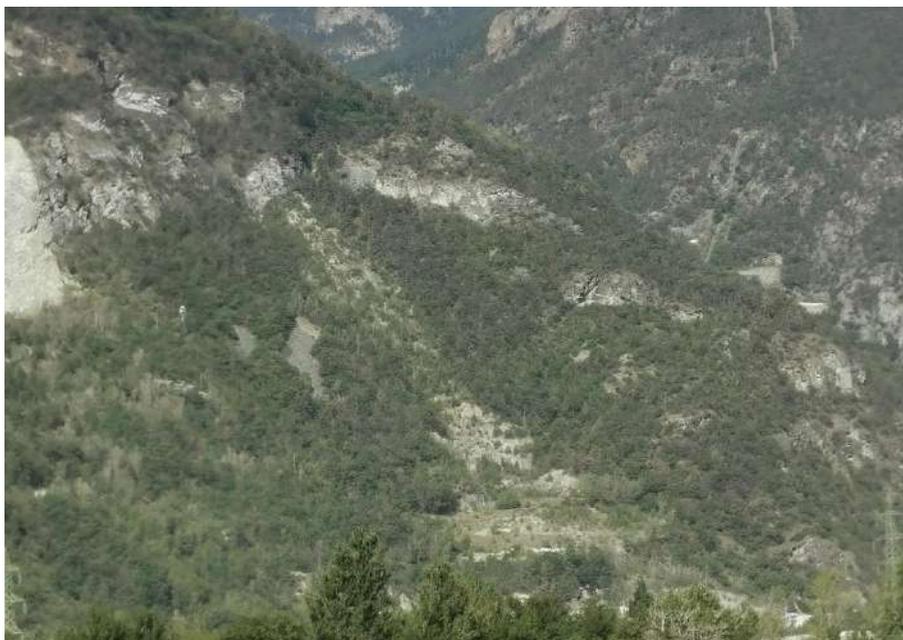
3 RECUPERO PEDOLOGICO DELLE CAVE

Le cave, notoriamente, hanno un notevole impatto ambientale e per mitigare tale impatto le opere di recupero ambientale sono da ritenersi un importante fattore di mitigazione. Esse dovranno essere volte alla ricreazione del paesaggio alterato, soddisfacendo la fondamentale esigenza di salvaguardia idrogeologica, la necessità di una tutela paesaggistica e naturalistico-ambientale.

Nella fattispecie, il recupero non potrà essere volto a riportare il territorio allo stato antecedente la coltivazione della cava, ma dovrà necessariamente fare da connessione tra le opere ed il contesto paesaggistico, nonché ripristinare le condizioni pedologiche adeguate alla connettività ecologica, data dalla colonizzazione prima di tutto arbustiva ed arborea. Questo porterà, dunque, alla restituzione dell'area al bosco mediante la facilitazione e l'accelerazione dei processi di insediamento e colonizzazione. Il recupero si configura pertanto come rinaturalizzazione del settore. Per rinaturalizzazione si intende l'insieme degli interventi, strutturali e non strutturali, atti a ripristinare le caratteristiche ambientali e biocenotiche, nonché la funzionalità ecologica, di un ecosistema in relazione alle sue condizioni potenziali, determinate dalla sua ubicazione geografica, dal clima, dalle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito e della sua storia naturale pregressa. La rinaturazione è quindi quella serie di operazioni di ricomposizione morfologico/ambientale che, con la riduzione delle cause di degrado, favoriscono il reinstaurarsi di un'attività biologica e di relazioni ecologiche in quelle aree oggi fortemente degradate. Si tratta di ricreare, dove possibile, un ambiente di nuovo ospitale per la flora e per la fauna autoctona, riducendo così l'isolamento rispetto al territorio circostante.

Il riutilizzo del suolo relativo agli strati più superficiali non è possibile poiché esso, malgrado la presenza di substrati colonizzati recentemente, è da considerarsi assente in tutte le aree interessate, sia sull'area già oggetto di coltivazione, sia sulle aree oggetto di rinnovo di concessione. È opportuno specificare, però, che tali substrati non potrebbero essere conservati e reimpiegati poiché i tempi di coltivazione risultano incompatibili con una appropriata tempistica di conservazione.

3.1 DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE



Allo stato attuale, nell'area di cava, lungo le piste di accesso e le pendici di smarino prodotto dalle lavorazioni non è presente suolo, ma estese aree con roccia affiorante e pendici con materiale di scarto costituito da blocchi e materiale fine arido. Nei decenni, il settore è stato interessato da attività estrattive che hanno profondamente modificato l'assetto originario, creando scarpate artificiali interrotte da piazzali e piste di arroccamento su roccia.

Nello specifico, nelle aree intorno alla cava, il versante "naturale" è inserito in un contesto di estese formazioni boscate e arbustive essenzialmente a latifoglie. Pur trattandosi di un versante a prevalente esposizione est/nord-est ma in una zona climatica caratterizzata da ridotte precipitazioni e temperature che possono essere decisamente elevate, nonché costituito da un suolo serpentinitico, la vegetazione presente risulta di tipo xerofilo, con specie erbacee, arbustive ed arboree adattate a resistere a tali condizioni. In generale, su questi suoli gli studi regionali del 2020 ritrovano elementi di coperture inferiori e di minor produttività vegetazionale con composizione specificamente xerofila. Si rileva anche la presenza nei suoli del Nichel come elemento anche differenziante per le specie endemiche sia acidofile che basofile quali *Carex Fimbriata*, *Thlaspi Sylvium* o *Alyssum argenteum* nei piani collinari-montani più bassi.

Come già affermato, trattandosi di un ambiente arido, la vegetazione risulta di tipo essenzialmente xerofilo, con specie arboree prevalenti quali la roverella e la betulla, a cui spesso si associano latifoglie quali i pioppi e saliconi e rari esemplari di abete. Nelle zone più fresche è possibile riscontrare la presenza di esemplari di castagno, frassino e nocciolo.

Tipi forestali

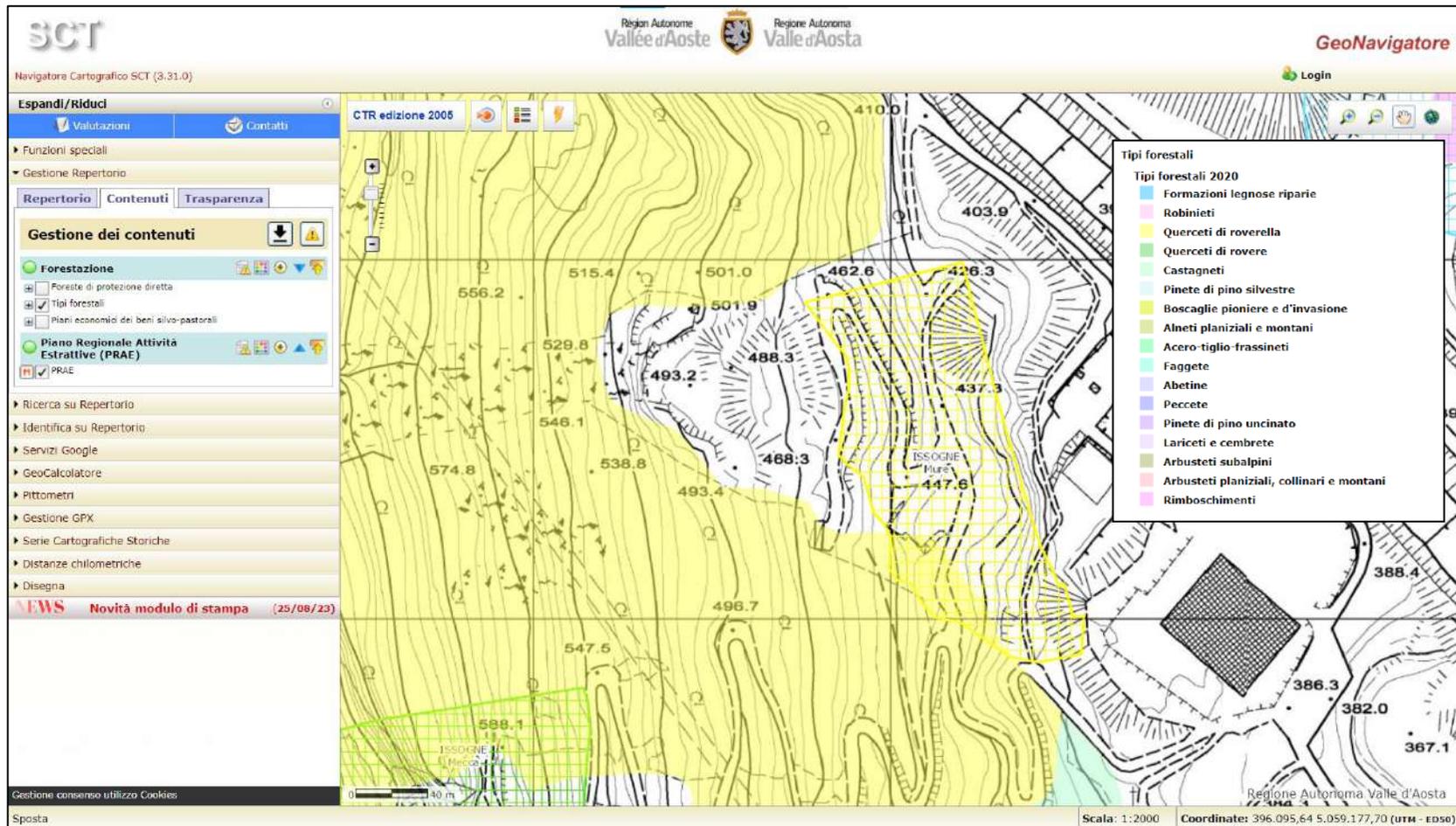
Per quanto attiene alla perimetrazione e classificazione della copertura boschiva, si può fare riferimento alla Carta dei tipi forestali disponibile sul geonavigatore presente sul sito istituzionale della Regione Valle d'Aosta, (alla metodologia predisposta dall'IPLA per la Regione Valle d'Aosta), oltre che desumere dati fondamentali dai vari sopralluoghi effettuati sul posto. Per la carta dei tipi forestali, il popolamento più prossimo alla cava è quindi classificabile come



Castagneto (CA20X); sul resto del versante si segnala anche la presenza di Querceto di roverella (QR50X).

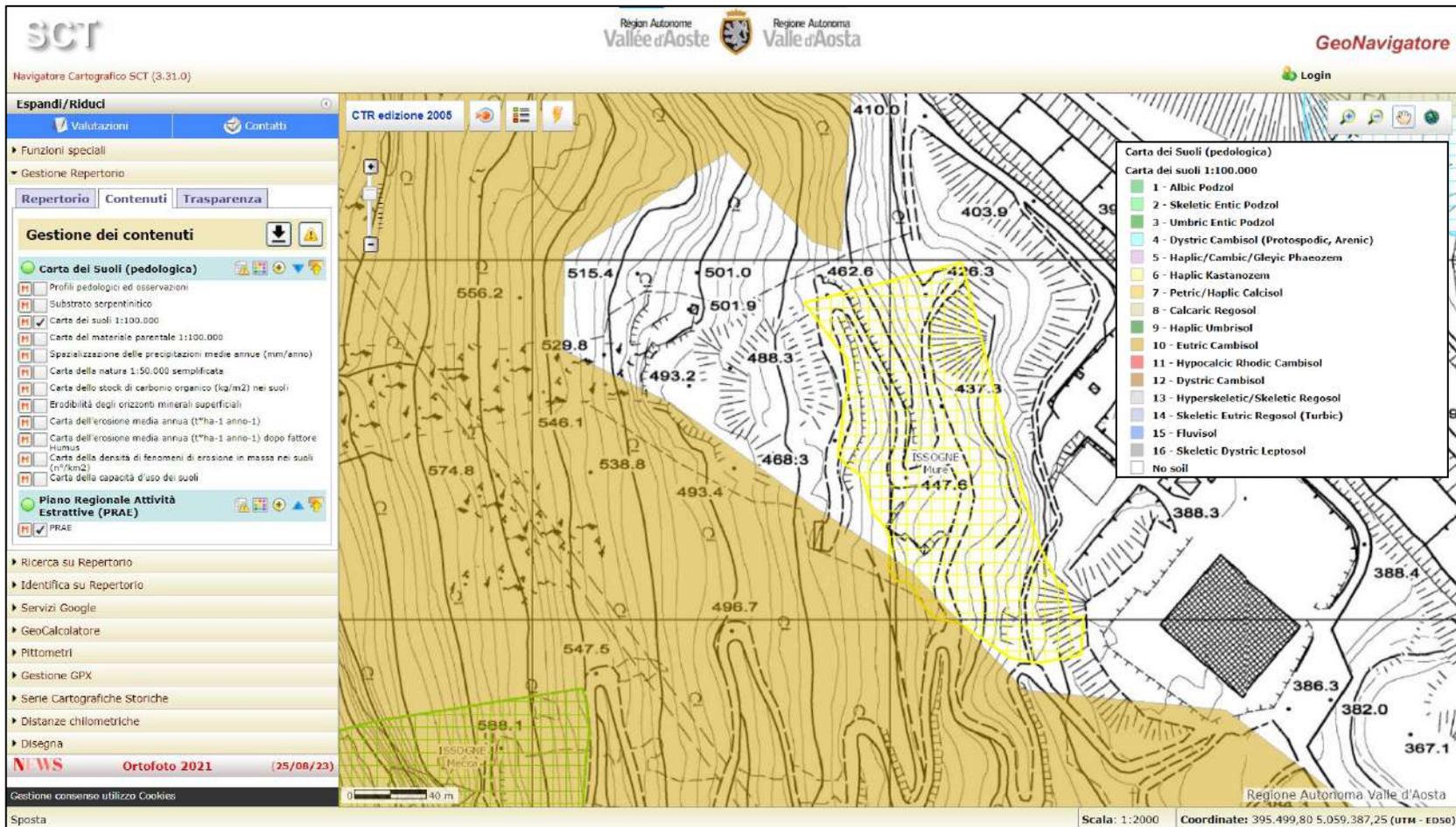
Assetto pedologico generale

Attualmente l'area oggetto della progettazione è caratterizzata dalla mancanza di suolo: si tratta infatti un settore destinato all'attività estrattiva e quindi con roccia affiorante. Nelle immediate vicinanze, nei settori oggetto di passate coltivazioni (essenzialmente poste a nord-est) si hanno inoltre boscaglie pioniere e di invasione che si sono sviluppate negli anni su depositi di smarino, blocchi e terreni di scarto della coltivazione.

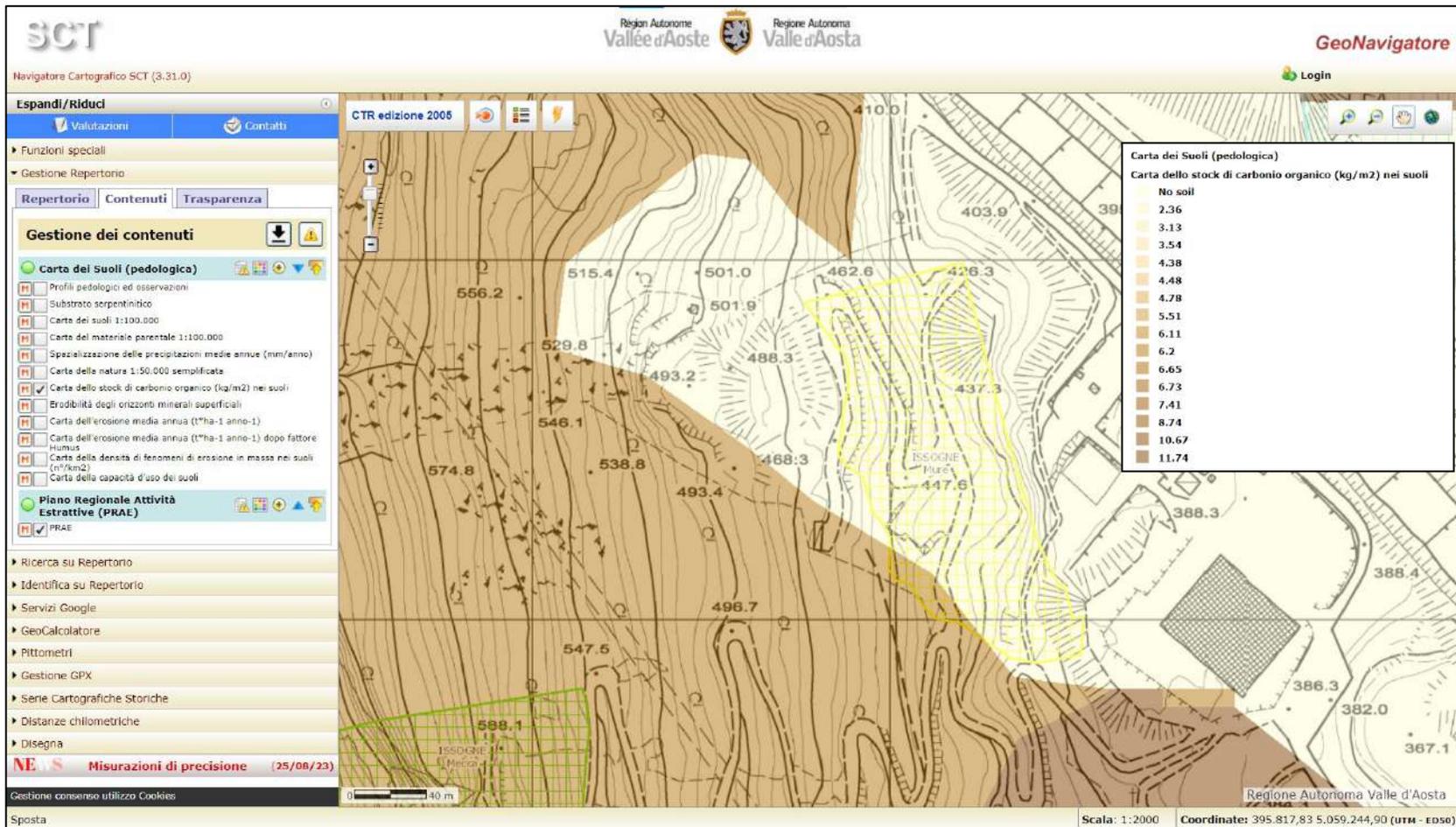


Tipi forestali 2020 – GeoNavigator – sito web RAVA

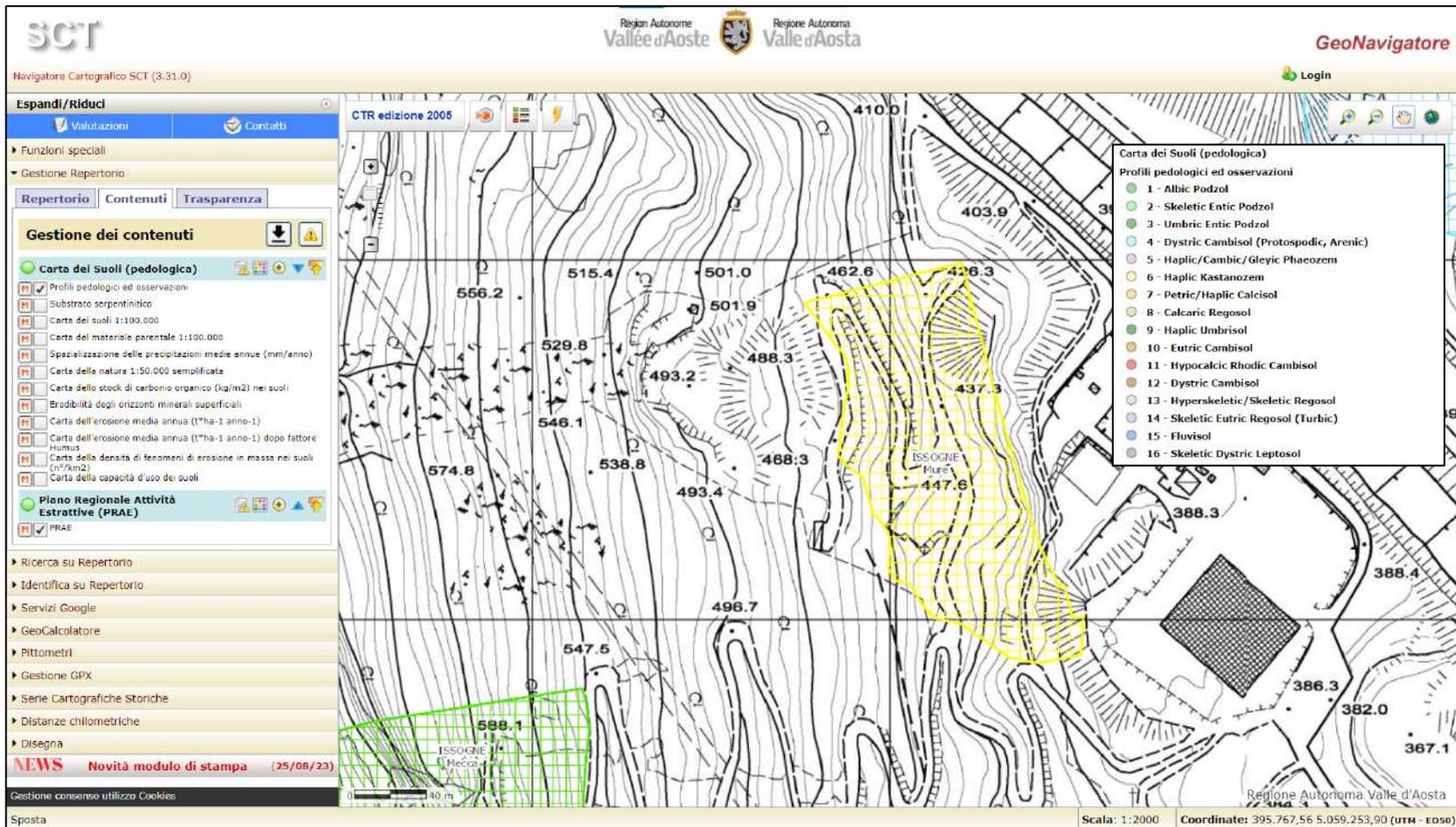
Al fine di procedere ad un corretto pedorestauro nell'ambito del recupero ambientale previsto è stata definita una valutazione pedologica per definire il suolo obiettivo, mediante la definizione delle caratteristiche pedologiche del sito. Come già riportato, non potendo ripristinare le condizioni pedologiche nelle aree non modificate antropicamente, nelle aree oggetto di recupero si deve privilegiare il ripristino delle condizioni adeguate alla connettività ecologica, data principalmente dalla colonizzazione arbustiva ed arborea. Questo porterà, dunque, alla restituzione in maniera progressiva dell'area al bosco, mediante la facilitazione e l'accelerazione dei processi di insediamento e colonizzazione



Stralcio della carta dei suoli 1:100.000 dal GeoNavigator – sito web RAVA



Stralcio della carta dello stock di carbonio organico dal GeoNavigator – sito web RAVA



Profili pedologici dal GeoNavigator – sito web RAVA

3.2 ASSETTO PEDOLOGICO GENERALE DELL'AREA

Rispetto alla carta dei suoli della Valle d'Aosta, il settore presenta dei suoli del tipo WRB2015: Eutric Cambisol.

Come indicato nella scheda, si tratta di suoli diffusi in zone con clima poco piovoso come i versanti esposti a nord, dove la lisciviazione è ridotta. Sono suoli non fortemente acidificati (pH medi superiori al 6), non desaturati, in cui i nutrienti sono stati poco lisciviati in profondità. Sono quindi frequenti su materiali ricchi in basi quali la serpentinite, come nel caso in esame.

Nel sito di cava, essendo la roccia subaffiorante e morfologicamente non adatta a sostenere popolamenti forestali stabili, utili sia dal punto di vista produttivo, sia da quello relativo alla difesa del suolo, il recupero dovrà invece tendere almeno a ricreare il bosco rado di invasione.

Di seguito si riportano le descrizioni tratte dalle note illustrative della carta dei suoli della Valle d'Aosta.

3.2.1 Descrizione generale e processo pedogenetico prevalente

I Cambisols sono suoli con un medio grado di sviluppo, in cui i processi di alterazione hanno consentito la formazione di un orizzonte sottosuperficiale Bw (cambico), generalmente caratterizzato da un colore bruno e una struttura poliedrica subangolare media. Il colore bruno e la struttura subangolare derivano entrambi dalla moderata liberazione di idrossidi di ferro (goethite) da parte del materiale parentale minerale in via di alterazione. Gli Eutric Cambisols sono suoli non fortemente acidificati (pH medi superiori al 6), non desaturati, in cui i nutrienti sono stati poco lisciviati in profondità. Sono quindi frequenti su materiali ricchi in basi (quali la serpentinite) e soprattutto in zone con clima poco piovoso come i versanti esposti a nord nella zona di Châtillon, dove la lisciviazione è ridotta. A livello globale, sono suoli caratterizzati da un grado di pedogenesi giovanile e sono piuttosto comuni in tutti gli ambienti, rappresentando un tipo di suolo fertile idoneo per sostenere foreste e coltivazioni. In Valle d'Aosta sono molto meno frequenti rispetto ad altre regioni, a causa del clima endalpico di gran parte della regione, che limita l'alterazione del materiale minerale.

Su serpentinite, l'orizzonte Bw ottiene una colorazione bruna più intensa a causa del maggior contenuto in ferro nel materiale parentale.

3.2.2 Tipo di humus

La buona aggregazione strutturale grumosa grossolana degli orizzonti A, prodotta da lombrichi associati ad artropodi, e la presenza di orizzonti OL poco alterati e OF, sono caratteri tipici degli humus di tipo MULL (soprattutto DYSMULL, talvolta MESOMULL, Zanella et al., 2011). Le tipologie di humus MULL sono le più attive biologicamente, in cui la decomposizione e il rilascio di nutrienti al suolo sono particolarmente efficienti. Gli orizzonti OH humificati sono localmente presenti, dando luogo a humus di tipo AMPHI (simili ai MULL ma con presenza di orizzonte OH, che evidenzia una rallentata degradazione della lettiera). Nelle zone a pino silvestre o abete rosso, dove è facile che l'attività dei lombrichi sia inibita dal tipo di lettiera, e l'humus diventa quindi HEMIMODER, in cui l'orizzonte A presenta una struttura grumosa fine creata soprattutto dagli artropodi.

3.2.3 Uso del suolo

Gli Eutric Cambisols sono frequenti soprattutto sotto pecceta montana o, localmente su serpentinite, foresta montana di Pino uncinato o Pino silvestre, senza ericacee nel sottobosco. Dove il bosco viene tagliato per dar spazio a prati e pascoli, questo suolo si trasforma rapidamente in Cambic o Haplic Phaeozem.

3.2.4 Suoli associati

Nell'UC 10, oltre all'UTS10 è facile trovare suoli meno evoluti come UTS 13 (Regosols), soprattutto in zone erose quali gli impluvi, o UTS 5 (Phaeozem). Nelle zone a prato.

3.2.5 Servizi ecosistemici e vulnerabilità

Le discrete condizioni edafiche, quali il pH debolmente acido, la dotazione di nutrienti e il contenuto di sostanza organica, rendono questi suoli idonei a sostenere popolamenti forestali stabili, utili sia dal punto di vista produttivo, sia da quello relativo alla difesa del suolo. I servizi ecosistemici forniti da questi suoli sono quindi molteplici e in generale piuttosto ben espressi, tra cui in particolare spiccano: produzione di biomassa forestale, controllo del ciclo del carbonio e controllo del ciclo dei nutrienti (grafico 15).

La copertura del suolo, tipicamente forestale, è abbastanza continua e limita la vulnerabilità di questi suoli all'erosione. Tuttavia, una gestione forestale non corretta potrebbe portare ad un rapido depauperamento della sostanza organica, con un forte aumento dei rischi idrogeologici.

Caratteristiche chimico-fisiche (principali):

	pH	Corg %	C/N	S %	L %	A %	SK %
A	6.0	2.56	14.7	63.7	28.8	3.9	10.0
Bw	6.3	0.77	9.6	62.2	29.5	4.3	22.5



Fig. 4.10.1.1.2: Eutric Cambisol e Chromic Eutric Cambisol, rispettivamente su materiale morenico in Val Ferret, lungo il sentiero per il Rifugio Bonatti (vda18 P34), e a Champdepraz (RISK P33), su serpentinite (che fornisce il ferro necessario per il colore rossastro).

Allo stato attuale, il settore dove è posta la cava è caratterizzato da una mancanza quasi totale di suolo. Le aree poste ai margini del perimetro della cava risultano, invece, contraddistinte da coltre detritico-colluviale, costituita da sabbie ghiaiose, poco limose, massive o mal stratificate, non addensate, a clasti spigolosi.

La suddivisione in ambienti dell'areale risulta molto difficoltosa in quanto si sono susseguiti, nel tempo, numerosi movimenti terra e depositi eterometrici.

3.3 RILIEVO PEDOLOGICO

Al fine di definire il suolo obiettivo presente nell'areale meno compromesso e più naturale, nel mese di settembre 2023 è stata realizzata un'osservazione pedologica speditiva, riportando una descrizione sommaria degli orizzonti riconosciuti.

Per evitare di incontrare terreni troppo rimaneggiati si è individuato un settore prossimo alla cava tendenzialmente indisturbato: si tratta di una porzione di versante posta al limitare della cava, dove negli anni non dovrebbero essere mai state effettuate grosse lavorazioni. Per avvalorare quanto sopra riportato, si è fatto un confronto con le fotografie aeree storiche disponibili sul geoportale. L'analisi ha evidenziato che fin dal 1999 nell'area dove è stato realizzato il profilo è sempre stato presente un settore boscato con vegetazione xerofila.



Corografia su base ortofoto 1999 – GeoNavigatore – sito web RAVA



Corografia su base ortofoto 2005/2006 – GeoNavigatore – sito web RAVA



Corografia su base ortofoto 2012 – GeoNavigatore – sito web RAVA

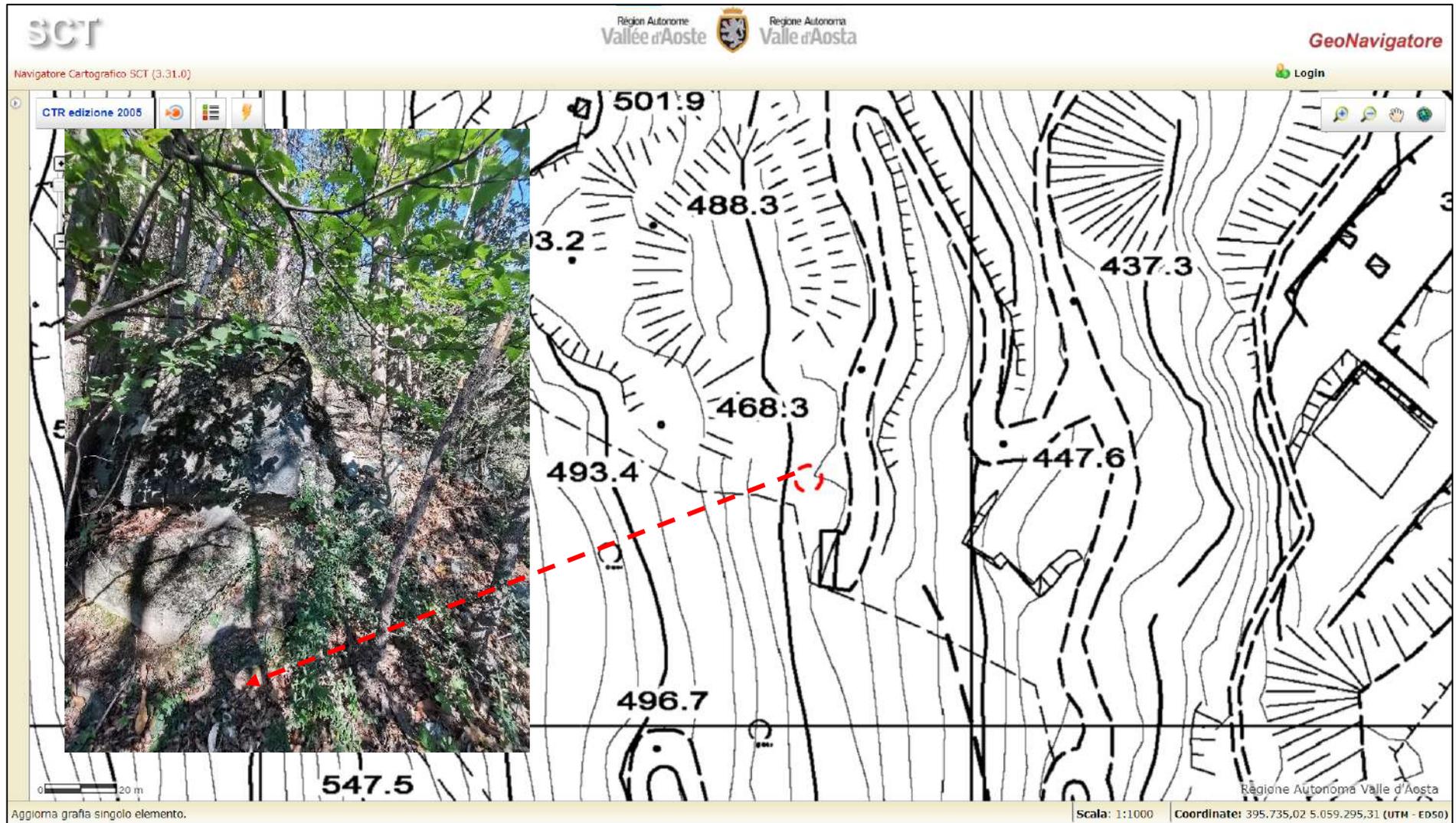


Corografia su base ortofoto 2018 – GeoNavigatore – sito web RAVA



Corografia su base ortofoto 2021 -GeoNavigatore – sito web RAVA

Di seguito si riporta la corografia dell'area con l'indicazione puntuale del rilievo pedologico effettuato:



Ubicazione del rilievo pedologico

La descrizione del profilo pedologico ha permesso di rilevare gli orizzonti presenti e di riconoscere l'appartenenza del suolo rilevato agli Eutric Cambisol, individuato dalla carta dei suoli della Valle d'Aosta per il sito in oggetto.

Di seguito si riporta la tabella relativa al profilo eseguito:

Mure

Pendenza: 15° - Uso: Querceto di roverella– Pietrosità superficiale: 20 - Erosione: debole - Drenaggio: rapido - Classificazione WRB: Eutric Cambisol – UC: 10 – UTS: 10

Tipo di humus: assente

Orizzonte	Profondità	Descrizione	
OL	3-0 cm		
A	0-15 cm	Colore umido bruno scuro; radici comuni; struttura dominante grumosa fine (circa 1 mm), poco espressa; scheletro scarso; limite inferiore chiaro ondulato. Radici comuni fini.	
Bw	15-24 cm	Umido, colore bruno giallastro scuro; struttura massiva, poliedrica subangolare grossolana; scheletro scarso, alterato; limite inferiore chiaro ondulato.	
C	24-35 + cm	Umido, colore bruno chiaro; struttura assente; radici scarse; scheletro abbondante (ciottoli) in matrice sabbiosa.	



Il settore “indisturbato” è caratterizzato quindi da 15 cm di orizzonte A e da 10 cm di orizzonte B, poggianti su 10+ cm di orizzonte C, mentre al disotto si ha il materiale parentale inalterato, corrispondente ai depositi detritico colluviali.

3.4 SUOLO OBIETTIVO

Il suolo obiettivo da raggiungere è quello che deve permettere il ripristino delle condizioni adeguate alla connettività ecologica, data principalmente dalla colonizzazione arbustiva ed arborea: esso è quindi costituito da una coltre di materiale atto ad assolvere alla funzione di supporto per le cenosi forestali e sufficiente a permettere un approfondimento adeguato degli apparati radicali. Il profilo pedologico eseguito ha indicato che le radici non raggiungono profondità elevate.

In considerazione del fatto che l'areale è posto su di un versante fortemente antropizzato (vecchie cave e sistemazione di frane avvenute nel 2000) e caratterizzato da estesi affioramenti del substrato con falesie subverticali e terrazzi semipianeggianti, si è deciso di considerare come suolo obiettivo quello atto a favorire la rivegetazione spontanea naturale, in modo tale che si possa instaurare il bosco.

La morfologia dell'area e l'assenza di terreni che possono sostenere popolamenti forestali stabili, utili sia dal punto di vista produttivo, sia da quello relativo alla difesa del suolo, porta quindi a prevedere il ripristino ambientale come una fascia di connettività ecologica e non come aree di particolare interesse forestale. A tali considerazioni, si deve inoltre aggiungere il fatto che siamo in un settore caratterizzato da "pietre verdi s.l.": Come riportato nelle note illustrative della Carta dei Suoli della Valle d'Aosta, *"i processi ed i tipi di suolo formati su serpentiniti non sono particolarmente diversi rispetto a quelli sviluppati su rocce mafiche come meta-gabbri e pietre verdi o su rocce acide, in Valle d'Aosta (D'Amico et al. 2008). Nonostante ciò, alcuni parametri chimici e fisici sono fortemente influenzati dal particolare tipo di substrato. In particolare, questi suoli rimangono poveri in nutrienti quali fosforo e calcio, anche se questo deficit tende a ridursi nei suoli più sviluppati, mentre il contenuto in metalli pesanti, nichel e cromo, rimane alto, anche se si riduce nei suoli più evoluti. La produttività vegetale rimane quindi bassa, molto inferiore che in suoli su altri substrati; questo ha un effetto sulla pedogenesi, in genere rallentata." ... "Anche l'attività della comunità microbica e dei microartropodi del suolo sono estremamente ridotte, soprattutto a causa dell'elevato contenuto di metalli pesanti che danno effetti di tossicità."*

3.4.1 Azioni richieste per il ripristino ed il recupero della cava

Il recupero della coltre pedologica (pedorestaurato) in seguito a un'azione di disturbo è di primaria importanza nell'ambito delle azioni di recupero ambientale, poiché un suolo di buona qualità supporta una vegetazione/uso del suolo produttiva e in grado di ottimizzare l'infiltrazione dell'acqua, riducendo erosione e rischi idrogeologici. Al contrario, un suolo di scarsa qualità, degradato, non sarà in grado di funzionare correttamente e quindi non potrà espletare al meglio le sue funzioni. Ad esempio, in un suolo compattato la porosità diminuisce, mentre la densità apparente aumenta, causando una riduzione della capacità di infiltrazione e di ritenzione idrica, nonché della capacità di ospitare microorganismi e di supportare la crescita vegetale.

Il recupero pedoambientale deve tendere al ripristino di un suolo naturaliforme, simile per quanto possibile al suolo preesistente, noto come "Suolo obiettivo". Dal momento che è normalmente impossibile ricostruire un suolo nella sua complessità originaria, si dovrebbe cercare di ricreare un suolo con funzionalità ecologiche simili alle condizioni originarie e in equilibrio con ogni particolare condizione ambientale. Come indicato precedentemente si intende riportare il sito alle sue condizioni di naturalità: si andrà quindi a posizionare degli orizzonti tali da permettere lo sviluppo naturale della boschina d'invasione.

In particolare, in genere si cerca di ricostruire un suolo semplificato con 2 pseudo-orizzonti (Meloni et al. 2019, ISPRA 2010), uno dei quali deve avere la funzione di nutrizione per la comunità vegetale (orizzonte A), l'altro deve avere funzione di drenaggio, serbatoio idrico e ancoraggio (orizzonte B o C).

Nel caso specifico dei suoli in esame ed in considerazione di quanto rilevato nel settore "più naturale", il suolo obiettivo da raggiungere mediante il ripristino del suolo presente nella zona boscata dovrebbe avere circa 15 cm di orizzonte A e dovrebbe giacere su 35 cm di materiale sufficientemente

soffice da permettere il passaggio delle radici e il drenaggio dell'acqua. Dove si ha direttamente la roccia, si ritiene che, anche in questo caso, il suolo obiettivo individuato è adeguato: avendo infatti considerato di eseguire il recupero ambientale attraverso la rinaturalizzazione, si deve tenere conto che già attualmente, in alcuni settori indisturbati, si hanno aree con roccia subaffiorante e con copertura più rada e costituita essenzialmente da arbusti.

ORIZZONTE	SPESSORE (cm)
A (top soil)	15 cm
B	35 cm
Terreno in sito/roccia serpentinitica	-

Spessore	Orizzonte	
15 cm	A - top soil	
35 cm	B	
	Terreno in sito/roccia serpentinitica	

Per il ripristino ed il recupero della cava si deve prevedere anche l'impiego di materiale proveniente da altre cave di prestito in quanto in loco è minima la disponibilità di materiale di buona qualità. Il materiale potrà entrare nel settore da ripristinare sia come sottoprodotto di altri cantieri edili che come materia prima secondaria da siti di lavorazione e recupero di inerti; tali materiali non potranno assolutamente entrare nel cantiere come rifiuto. Tutto il materiale dovrà rientrare nei limiti previsti dalla Colonna A della Tabella 1 del D.Lgs 152/2006, Allegato V al Titolo V della Parte quarta. Si ritiene quindi necessario riportare del terreno per uno spessore totale di 50 cm.

L'orizzonte A dovrà essere costituito da parti uguali di sabbia, torba e terreno vegetale, in modo tale da permettere lo sviluppo della vegetazione naturale, in quanto lo stesso deve svolgere la funzione di nutrizione per le comunità vegetali. Su tale terreno dovrà essere favorita la crescita di specie erbacee, arbustive e arboree autoctone.

L'orizzonte B dovrà svolgere le importanti funzioni di drenaggio, ancoraggio e sostegno: questo dovrà avere una granulometria medio-fine, con una matrice sabbiosa-limosa e scheletro di piccole dimensioni (ghiaia fine) non superiore al 30%.

presi presso il vivaio regionale. Tali piante, seppur molto rade e di dimensioni limitate, permetteranno di creare delle aree ombreggiate e di mantenere una maggiore umidità, favorendo quindi lo sviluppo della vegetazione naturale.

Le buone pratiche per il ripristino del suolo nelle condizioni ecologiche originarie includono alcuni passaggi che vanno dalla messa in posto dei terreni alla semina. Nello specifico³:

- il ripristino deve essere effettuato con macchine adatte e in condizioni asciutte;
- nella messa in posto del materiale terroso deve essere evitato l'eccessivo passaggio con macchine pesanti o comunque non adatte. Devono inoltre essere prese tutte le accortezze tecniche per evitare compattamenti o comunque introdurre limitazioni fisiche all'approfondimento radicale o alle caratteristiche idrologiche del suolo;
- si dovranno evitare ristagni d'acqua al piede dei riporti per evitare infiltrazione e potenziale innesco di fenomeni di instabilità;
- le macchine più adatte sono quelle leggere e con buona ripartizione del peso;
- in termini generali a pF < di 1,8 -2 non si dovrebbe intervenire sui suoli, per non correre il rischio di degradare la struttura del suolo e quindi alterarne, in senso negativo, il comportamento idrologico (infiltrazione, permeabilità) e altre caratteristiche fisiche con la creazione di strati induriti e compatti inidonei allo sviluppo degli apparati radicali;
- soprattutto nei casi in cui il materiale che viene ricollocato è di limitato spessore (meno di un metro), lo strato "di contatto", sul quale il nuovo suolo viene disposto, deve essere adeguatamente preparato. Spesso succede che si presenta estremamente compattato dalle attività di cantiere: se lasciato inalterato, potrebbe costituire uno strato impermeabile e peggiorare il drenaggio del nuovo suolo, oltre che costituire un impedimento all'approfondimento radicale;
- la miscelazione di diversi materiali terrosi e l'incorporazione di ammendanti e concimazione di fondo avverrà prima della messa in posto del materiale;
- anche se l'apporto di sostanza organica ha la funzione di migliorare la "fertilità fisica del terreno", si deve evitare un amminutamento troppo spinto del suolo ed un eccesso di passaggi delle macchine.

Nel corso del piano di recupero si dovrà mettere in cantiere la possibilità di difficoltà o insuccessi di ripristino. Per questo la messa in opera delle tecniche di recupero fin qui esposte, concentrate nell'arco dei primi due anni, dovranno essere seguite da interventi di mantenimento e conservazione rappresentati per lo più da irrigazioni di soccorso e copertura di fallanze. Si dovrà inoltre prevedere un monitoraggio del verde, con verifica semestrale della crescita della vegetazione, per un periodo minimo di 5 anni dalla cessazione dell'attività estrattiva.

Durante questo periodo si realizzeranno, se necessario, le seguenti operazioni:

- sostituzione delle piante morte o deperienti con altre identiche a quelle fornite in origine, da eseguirsi nel più breve tempo possibile dall'accertamento del mancato attecchimento, in relazione alle condizioni ambientali;
- irrigazione di emergenza, in periodi particolarmente siccitosi;
- controllo dell'assenza di fenomeni erosivi nelle aree ripristinate.

³ Guida pratica di pedologia – NAPEA – Alcotra 2007/2013

3.5 ANALISI DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

3.5.1 Servizi ecosistemici presenti

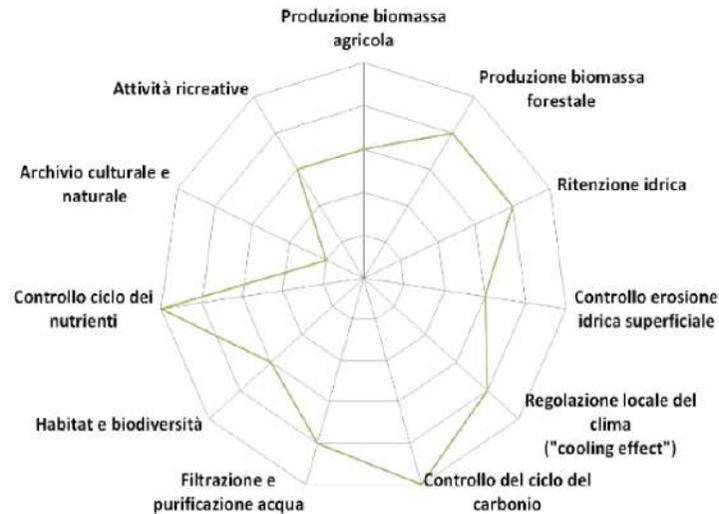
Allo stato attuale l'area di cava risulta perlopiù priva di suolo: pertanto il pedorestauro previsto, garantendo il raggiungimento dei servizi ecosistemici descritti, garantirà nel contesto territoriale oggetto di intervento il raggiungimento di una condizione migliorativa rispetto a quella attuale.

3.5.2 Servizi ecosistemici attesi

Come già esposto in precedenza, la morfologia dell'area e l'assenza di terreni che possono sostenere popolamenti forestali stabili, utili sia dal punto di vista produttivo, sia da quello relativo alla difesa del suolo, porta quindi a prevedere il ripristino ambientale come una fascia di connettività ecologica e non come aree di particolare interesse forestale. A tali considerazioni, si deve inoltre aggiungere il fatto che siamo in un settore caratterizzato da "pietre verdi s.l.": come riportato nelle note illustrative della Carta dei Suoli della Valle d'Aosta, "i processi ed i tipi di suolo formati su serpentiniti non sono particolarmente diversi rispetto a quelli sviluppati su rocce mafiche come meta-gabbri e pietre verdi o su rocce acide, in Valle d'Aosta (D'Amico et al. 2008). Nonostante ciò, alcuni parametri chimici e fisici sono fortemente influenzati dal particolare tipo di substrato. In particolare, questi suoli rimangono poveri in nutrienti quali fosforo e calcio, anche se questo deficit tende a ridursi nei suoli più sviluppati, mentre il contenuto in metalli pesanti, nichel e cromo, rimane alto, anche se si riduce nei suoli più evoluti. La produttività vegetale rimane quindi bassa, molto inferiore che in suoli su altri substrati; questo ha un effetto sulla pedogenesi, in genere rallentata." ... "Anche l'attività della comunità microbica e dei microartropodi del suolo sono estremamente ridotte, soprattutto a causa dell'elevato contenuto di metalli pesanti che danno effetti di tossicità."

Pertanto, il suolo obiettivo non sarà caratterizzato dai medesimi servizi ecosistemici dei suoli WRB2015: Eutric Cambisol, ovvero "“produzione di biomassa forestale, controllo ciclo dei nutrienti, controllo ciclo del carbonio e ritenzione idrica”".

Servizi ecosistemici UTS 10



Servizi ecosistemici dei suoli Eutric Cambisol

In particolare, il suolo obiettivo previsto nel ripristino ambientale, avendo lo scopo di favorire la rinaturalizzazione con lo sviluppo della boschina di invasione, sarà in grado di garantire nel contesto territoriale oggetto di intervento i seguenti servizi ecosistemici:

- **controllo del ciclo del carbonio:** in quanto una volta che si ha lo sviluppo della boschina di invasione l'accumulo del carbonio nel suolo sarà reso possibile dalla trasformazione di anidride carbonica prelevata dall'atmosfera in sostanza organica tramite la fotosintesi. La sostanza organica che inizialmente va a costituire i tessuti delle piante, successivamente viene restituita al suolo come lettiera, poi decomposta e trasformata dai microrganismi;
- **ritenzione idrica:** la capacità di ritenzione idrica del suolo è influenzata dalla profondità del suolo, grado di compattazione, tessitura e struttura, nonché dalla presenza di sostanza organica. Il suolo obiettivo avendo 20 cm di orizzonte A e 40 cm di orizzonte B garantisce una buona profondità del suolo ed una tessitura adeguata a garantire tale servizio ecosistemico;
- **regolazione del clima:** anche in questo caso, una volta che verrà instaurata la boschina di invasione, il suolo obiettivo potrà svolgere anche questo servizio ecosistemico. Infatti, la capacità del suolo di regolare la temperatura locale dipende dai processi di evaporazione (dal suolo) e di traspirazione (delle piante), nel complesso denominati evapotraspirazione.

Allo stato attuale l'area di cava risulta perlopiù priva di suolo: pertanto il pedorestaurato previsto, garantendo il raggiungimento dei servizi ecosistemici sopra esposti, garantirà nel contesto territoriale oggetto di intervento il raggiungimento di una condizione migliorativa rispetto a quella attuale.

4 PRECAUZIONI PER IL RECUPERO AMBIENTALE

La prospettiva del recupero rientra fin dall'inizio negli obiettivi del progetto: a partire dal piano di coltivazione si possono infatti introdurre un insieme di misure e accorgimenti tali da innescare anticipatamente il processo di recupero e di eventuale riuso. Un corretto piano di coltivazione, capace di organizzare le azioni sia per idoneità sia per successione temporale, è senz'altro la miglior premessa per un efficace recupero. Si riportano di seguito alcune azioni da intraprendere durante la coltivazione che costituiscono una premessa al recupero delle attività di cava:

- conservazione di schermi arborei per integrarli nella fase di recupero. Il progetto deve rilevare e conservare la vegetazione esistente sul bordo o su zone di confine interno per mascherare in modo efficace fin da subito le aree estrattive in corso di coltivazione e le aree di impianti e stoccaggio, ma anche per utilizzare elementi vegetali già sviluppati in fase di recupero finale.
- scotico, accumulo e ricollocazione dei terreni. La fase iniziale di ogni processo di coltivazione è la rimozione dello strato fertile di terreno e dei primi strati di terreno inerte. Nel nostro caso, essendo il progetto posto su di un'area con poco suolo, lo stesso deve essere correttamente gestito e stoccato.
- collocazione delle discariche dei materiali di risulta. La disposizione dei materiali di scarto di lavorazione di materiali lapidei costituisce un aspetto essenziale nel recupero delle cave di roccia. La disposizione del materiale di scarto non riutilizzabile può in prima fase essere provvisoria e utilizzato poi per successivi riempimenti, da spostarsi e dunque da posizionare in luoghi e con modalità adatte alla successiva movimentazione; l'accumulo provvisorio di questi materiali ha problematiche di impatto paesaggistico, in fase di coltivazione, analoghe agli accumuli di materiale di stoccaggio. La disposizione definitiva in siti, che dovranno avere caratteristiche di stabilità e sicurezza, deve essere fatta secondo gli obiettivi del recupero morfologico in coerenza con le caratteristiche geomorfologiche del contesto. Va in ogni caso evitato il formarsi di accumuli instabili e non controllati a valle delle aree di lavorazione nelle cave di monte.
- rimozione delle strutture e degli impianti di lavorazione e ripristino della condizione di permeabilità e fertilità dei suoli. Tutte le strutture presenti nell'ambito estrattivo o quelle esterne funzionali all'attività, le installazioni logistiche, i silos etc., devono essere rimosse e allontanate, appena non risultino più necessarie e comunque prima della fine dei lavori di recupero.

Le operazioni di ripristino ambientale inizieranno con la messa in sicurezza dei fronti di cava dismessi, con la rimozione delle porzioni instabili. Il ripristino ambientale prevede il rimodellamento morfologico dell'area di cava, con lo scopo di creare degli ampi gradoni subpianeggianti. Si deve pertanto mascherare visivamente i fronti di coltivazione attraverso la creazione, già in fase di coltivazione, di superfici irregolari e scabre, ottenute mediante esplosivo o, meglio, l'impiego di martellone. Laddove è possibile, è inoltre opportuno prevedere, al fine di evitare forme eccessivamente regolari o geometriche in quanto viene utilizzato anche il filo diamantato, la riduzione locale della pendenza del fronte e l'introduzione di irregolarità morfologiche in grado di ricreare una maggiore sensazione di naturalità. Questo avviene creando nicchie, piazzole o piccoli gradini sui quali possa accumularsi un minimo di sostanza organica in grado di costituire quel substrato idoneo per l'attecchimento delle specie vegetali "pioniere".

Dove la coltivazione ha creato rotture di pendenza nette si richiede di raccordare il fronte di scavo con i piazzali e/o i gradoni apportando al piede delle "tasche" di terreno tali da permettere l'attecchimento di piante e arbusti.

5 CONCLUSIONI

La presente relazione indica le caratteristiche pedologiche dell'areale e le attività di recupero che andranno eseguite una volta terminata la coltivazione.

Aosta, febbraio 2024

<p>Roby Vuillermoz Geologo</p> <p>Partita IVA IT00621420074 Codice fiscale VLLRBY69A25A326A PEC: vuillermoz@pec.epap.it</p> 	<p>Alessandro Zoja Geologo iunior</p> <p>Partita IVA IT01130170077 Codice fiscale ZJOLSN78D24A326Q PEC: alessandro.zoja@pec.epap.it</p> 	<p>Manuel Bertholin Geologo</p> <p>Partita IVA IT01273160075 Codice fiscale BRTMNL94E09A326X PEC: bertholin.geo@pec.it</p> 
--	---	---