



UNIVERSITÀ
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale Meccanica

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Edile - Architettura

Il caso di Camparta in Val di Cembra.
Riscoprire le cave di porfido attraverso un percorso
ecosistemico rigenerativo per ricordare e valorizzare un
paesaggio industriale

Relatore

Prof.ssa Sara Favargiotti

Prof. Marco Broccardo

Laureando

Federico Zaffoni

Correlatori

Prof. Luca Prakash Argani

Prof. Roberto Gerussi

Anno Accademico 2023 - 2024

“Fino a oggi gli uomini e le loro opere sono stati un flagello per i pianeti [...] la natura reagisce ai flagelli: li elimina o li assorbe per incorporarli nel suo sistema”

F. Herbert

Indice

| | |
|----------------------|---|
| <i>Prologo</i> | 9 |
|----------------------|---|

Capitolo 1

| | |
|--------------------------------------|----|
| <i>Una valle e le sue cave</i> | 13 |
|--------------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 1.1 Val di Cembra, tra cave e vigneti. | 15 |
| 1.2 Economia locale: una storia di terrazzamenti. | 18 |
| 1.3 Il paesaggio industriale delle cave | 20 |
| 1.4 Il recupero dei luoghi post-industriali | 26 |

Capitolo 2

| | |
|--|----|
| <i>Il paesaggio stratificato della Val di Cembra</i> | 33 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| 2.0 Territorio e cartografia | 35 |
| 2.1 Introduzione sulla storia geomorfologica della val di Cembra | 36 |
| 2.2 Analisi territoriale | 37 |
| 2.3 I paesaggi della val di cembra | 58 |

Capitolo 3

| | |
|----------------------------------|----|
| <i>Il caso di Camparta</i> | 79 |
|----------------------------------|----|

| | |
|--------------------------------|----|
| Obbiettivi | 79 |
| 3.1 Le due cave | 80 |
| 3.2 Analisi del contesto | 84 |

Capitolo 4

| | |
|--|----|
| <i>Progettare l'essenza: dal programma al concetto</i> | 93 |
|--|----|

| | |
|-------------------------------|----|
| 4.1 Elementi generatori | 94 |
| 4.2 Azioni e interventi | 97 |

Capitolo 5

| | |
|--|-----|
| <i>Progettare la forma: il nuovo volto di Camparta</i> | 103 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| 5.1 Il masterplan | 104 |
| 5.2 la sommità della cava | 112 |
| 5.3 La cava, il lago e il torrente | 119 |
| 5.4 il percorso e la passerella | 128 |

| | | |
|-----|------------------------------|-----|
| 5.6 | La struttura ricettiva..... | 139 |
| 5.6 | Le strutture accessorie..... | 151 |

Capitolo 6

| | | |
|--|--|-----|
| | <i>Progettare la struttura: concezione strutturale</i> | 157 |
|--|--|-----|

| | | |
|-----|--|-----|
| 6.1 | La stabilità del fronte cava | 158 |
| 6.2 | Concezione strutturale della passerella | 161 |
| 6.3 | Le normative vigenti | 164 |
| 6.4 | Analisi dei carichi | 165 |
| 6.5 | Combinazione delle azioni e predimensionamento | 174 |

Capitolo 7

| | | |
|--|--|-----|
| | <i>La modellazione FEM come processo relizzativo</i> | 179 |
|--|--|-----|

| | | |
|-----|---|-----|
| 7.1 | la modellazione agli elementi finiti | 180 |
| 7.2 | Verifica e ottimizzazione delle sezioni | 197 |
| 7.4 | Analisi del comfort alle vibrazioni | 203 |
| 7.4 | Valutazione dell'azione sismica | 208 |
| 7.5 | Predimensionamento e verifica dei nodi | 213 |

Capitolo 8 235

| | | |
|--|-------------------------------------|-----|
| | <i>Le fasi della crescita</i> | 235 |
|--|-------------------------------------|-----|

| | | |
|-----|---|-----|
| 8.1 | Il progetto di rinaturalizzazione | 236 |
| 8.1 | Il processo costruttivo | 258 |

Capitolo 9 265

| | | |
|--|--------------------------|-----|
| | <i>Conclusione</i> | 265 |
|--|--------------------------|-----|

Appendici

| | | |
|--|------------------|-----|
| | Appendice A..... | 269 |
| | Appendice B..... | 273 |
| | Appendice C..... | 281 |

| | | |
|--|---|-----|
| | <i>Bibliografia e sitografia di riferimento</i> | 289 |
|--|---|-----|

Prologo

Introduzione sulle dinamiche, le metodologie e le discipline adottate per l'analisi e lo sviluppo del progetto

La Val di Cembra rappresenta un esempio di varietà a livello paesaggistico non di semplice interpretazione. Varietà che spesso è messa in ombra da un fattore di rilevante importanza: le cave di porfido.

Il paesaggio della cava è spesso affiancato dal paesaggio dei vigneti creando un dialogo tra questi due elementi che presentano molte più similitudini che differenze. Entrambi sono luoghi voluti dall'uomo per produrre e generare ricchezza e, nonostante la loro diversa natura, sono spazi fortemente antropici.

La differenza principale risiede nella durabilità e la vita di questi luoghi: un vitigno viene fertilizzato, mantenuto e curato affinché ogni anno possa generare i suoi frutti. La cava presenta un ciclo di vita che, una volta esaurita, giunge ad un fine. Una sottile differenza che presuppone delle conseguenze di rilevanti importanze e che pongono un quesito a cui spesso diventa difficile porre una risposta: come è possibile gestire e recuperare questi luoghi che vengono dismessi?

Da queste prime e semplici riflessioni nasce la curiosità e la volontà di studiare le dinamiche che governano, modificano e sviluppano il territorio. Si vuole quindi affrontare un percorso di ricerca e progettazione sul territorio e sul paesaggio della Val di Cembra per poter intervenire e studiare come recuperare e generare una nuova vita in un contesto post-industriale dalle connotazioni fortemente naturali.

Struttura tesi e metodologia adottata

La struttura della tesi vuole perseguire un metodo in continua evoluzione che si adatta all'avanzamento del progetto stesso. In tal modo vengono articolate cinque fasi di studio, il quale ordine non è arbitrario e la continua crescita delle singole fasi dialoga e accresce una visione d'insieme dell'intera opera.

La prima fase consiste nell'analisi del **contesto**. Sono qui sottesi i primi tre capitoli della tesi, dove si indagano le dinamiche e i fenomeni dei luoghi e delle culture. Dapprima con un occhio territoriale sull'intera Val di Cembra e poi con una discesa di scala sul caso studio affrontato. Si intraprende quindi un'analisi sia percettiva che analitica per cogliere le caratteristiche che delineano e hanno delineato il passato di questi luoghi. Viene quindi eseguita un'analisi storico-bibliografica per comprendere e capire per poi affrontare una ricerca di dati degli elementi caratterizzanti del territorio.

Nella seconda fase, il **programma**, sono individuati gli obiettivi basati sulle analisi emerse dal contesto e avviene una progettazione schematica degli interventi valutando l'impatto che questi comporterebbero sull'assetto attuale.

La successiva fase prevede lo sviluppo di un **concetto**, attraverso il quale si vuole sintetizzare l'azione progettuale attraverso un'impronta che comporti un passo verso il raggiungimento degli obiettivi precedentemente indagati. Tali analisi sono illustrate e formate nel capitolo quarto.

Il quinto capitolo viene interamente dedicato alla **visione**; in queste pagine sono rappresentati attraverso disegni, masterplan, planimetrie, dettagli costruttivi e immagini, una prefigurazione del futuro dell'area studiata. Si vuole narrare la storia di questi luoghi attraverso impressioni ed evocazioni suscitate dall'architettura e dal paesaggio rendendo visivamente e progettualmente chiare le intenzioni anticipate per questi luoghi.

La fase del **processo** racchiude tutte le considerazioni legate alla fattibilità dell'intervento. Nel capitolo sesto si analizza il progetto a livello strutturale e nel successivo capitolo vengono verificati e progettati gli elementi. L'ottavo capitolo invece indaga le possibilità costruttive e l'evoluzione che il progetto assume nei suoi stadi di vita, nonché l'impronta ecologica ed ecosistemica che esso comporta.

Discipline coinvolte

Per permettere lo sviluppo e la ricerca è stato necessario attingere da più discipline scientifiche, facendone della multidisciplinarietà le potenzialità maggiori del progetto. La disciplina predominante è quella dell'**architettura del paesaggio**, attraverso la quale è stato possibile analizzare e interpretare il territorio e definire le azioni. Azioni che sono state fortemente declinate sotto l'influenza dell'ecologia, la quale ha permesso lo sviluppo di un processo architettonico-paesaggistico in simbiosi con la natura, la biodiversità e l'evoluzione degli ecosistemi.

I luoghi di intervento sono in diretto contatto con il suolo e il sottosuolo. A tal scopo le discipline dell'**ingegneria geotecnica** permettono di individuare e valutare dinamiche non percepibili altrimenti.

Infine sono stati utilizzati gli strumenti dell'**ingegneria strutturale** i quali hanno fortemente influenzato e modellato il progetto consentendo di prefigurare e studiare sistemi costruttivi in grado di dar vita ad un nuovo spazio.

Capitolo 1

Una valle e le sue cave

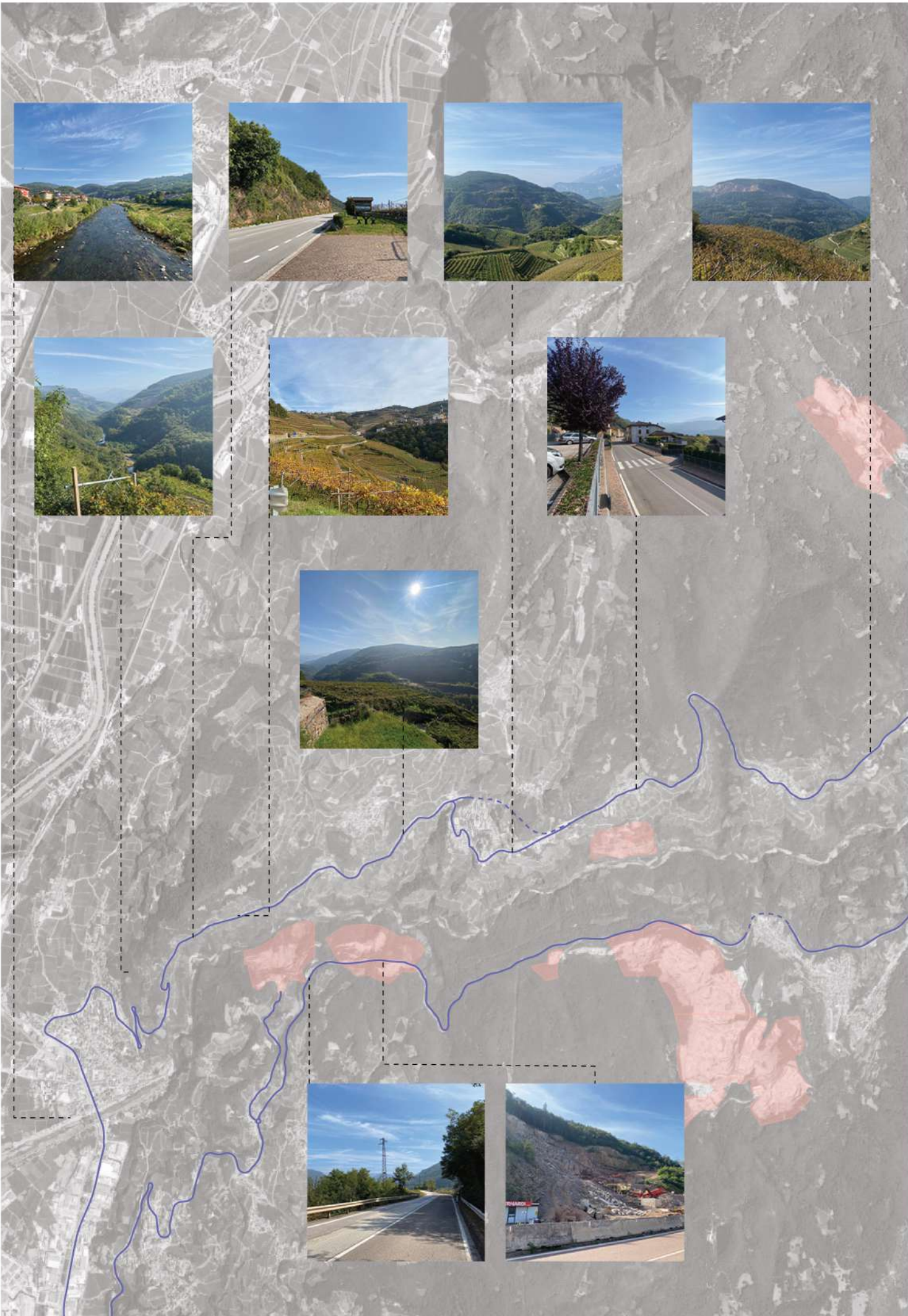
In questo capitolo si introduce la Val di Cembra, la sua conformazione e le percezioni che suscita vivendola. Viene eseguita una lettura del territorio attraverso le dinamiche insediative, sociali ed economiche che sono da movente per lo sviluppo e l'evoluzione del territorio.

Viene introdotto il tema delle cave di Porfido e studiata la loro storia, viene inoltre esposto il quadro normativo e come l'amministrazione locale agisce sul recupero delle cave

In fine è stato elaborato uno studio di esempi di progetti di recupero di cava dismesse a scopo esemplificativo e di valutazione su ciò che viene effettuato in Italia e nel Mondo.

Obiettivi:

comprendere, analizzare, studiare la valle e i luoghi legati all'industria del porfido



1.1 *Val di Cembra, tra cave e vigneti*

La Valle di Cembra, situata a nord della città di Trento, segue il percorso del torrente Avisio ed è particolarmente conosciuta per la sua produzione vinicola di pregio e per il settore estrattivo del porfido, diventato materiale decorativo edilizio di pregio, conosciuto a livello commerciale come "Porfido Trentino"¹.

Senza soffermarsi a lungo sulle caratteristiche geografiche, geologiche, sociali ed economiche che dominano le dinamiche della vallata le quali verranno successivamente affrontate in questa tesi, si vuole inizialmente porre un inquadramento del contesto ponendo particolare attenzione all'aspetto percettivo del paesaggio.

Percorrendo la Valle di Cembra l'occhio cade inevitabilmente su un elemento importante: le cave di Porfido. Segni indelebili i quali, come dei punti cardinali, scandiscono sempre presenti il paesaggio ed il territorio della valle. Ovunque all'interno della vallata è presente un involontario rimando alla pratica dell'estrazioni.

Lasciandosi alle spalle la cittadella di Lavis, situata a nord di Trento, percorrendo la Strada Statale 612 ci si imbatte in alcuni tornanti. La vista viene nascosta dai ripidi versanti delle due montagne che racchiudono la valle di Cembra. Percorsi i primi chilometri e saliti leggermente di quota si apre la vista sull'intera valle. Uno scorcio sui paesi cembrani immersi tra vigneti ed i rossi terrazzamenti in pietra di porfido. Gli insediamenti umani si trovano principalmente nelle quote più alte, tra i 400 e i 500 metri sul livello del mare, nel fondo valle scorre il maestoso torrente Avisio.

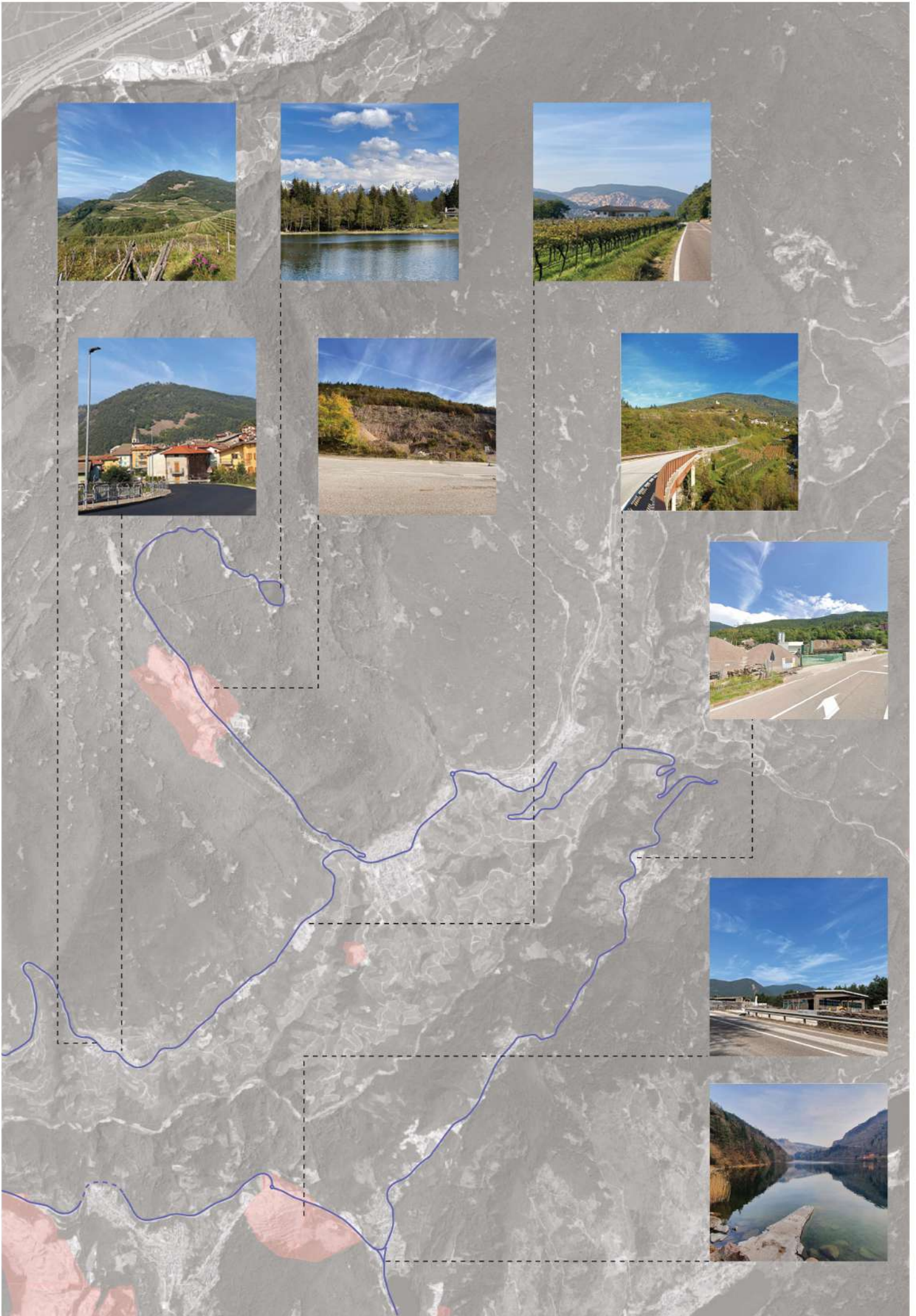
Guardando il versante opposto della valle si può notare la prima cava della valle. Un imponente segno dell'intervento antropico sul territorio. Cava in stato di abbandono testimoniato dalla natura che con difficoltà cerca di riconquistare questo austero spazio. Un susseguirsi di cave di entità minori circondate dal bosco trentino fino ad arrivare al complesso più importante; le cave di Albiano. Sopra l'abitato cittadino si scorgono degli imponenti gradoni che si estendono per metri e metri oltre la montagna. La perfetta esposizione ad est permette al sole di far risplendere il colore rosso-terra del porfido.

Attraversata la cittadina di Cembra e percorrendo strade tra vigneti, scesi a fondo valle ci si avvicina il torrente che ha dato origine a questa valle. Unico punto di raccordo della valle: il ponte dell'Amicizia, da cui è possibile raggiungere gli abitati del versante sinistro orografico della valle, tra cui la cittadina di Albiano.

Il suddetto paese è, tra l'altro, raggiungibile percorrendo la Strada Provinciale 76, passando per le frazioni di Meano e Gazzadina del comune di Trento. Questa strada, immersa nel bosco, nonostante la vicinanza con le cave di porfido, paradossalmente non le rende visibili. Di fatto esse sono nascoste dal bosco stesso. Solo attraversato il paese di Albiano si viene catapultati a pochi metri dalla cava del Monte Gorsa.

A sinistra: mappa con fotografie da sopralluogo eseguito in data

1. Angheben A. Signori G. 2023, *Porfido, Guida tecnica di una pietra nobile*, Alcione, Lavis



Solenne, si impone davanti al passante che si trova ai piedi stessi della cava e della montagna stessa.

Percorrendo la strada provinciale, accompagnati sulla destra dagli imponenti scavi a cielo aperto e sulla sinistra da piacevoli scorci sui vigneti presenti sul versante opposto della valle si raggiunge l'abitato di Lases, il quale prende il nome dal noto lago. Anch'esso posto ai piedi di un complesso di cave. Lago adibito a turismo lacustre sui versanti a nord-ovest e biotopo nei versanti a sud si pone come elemento naturale in contrapposizione ai vigneti e le cave che fino ad ora sono senza dubbio elementi caratterizzanti del paesaggio cembrano.

Proseguendo per questa strada ci si allontana dalla val di cembra dirigendosi verso la Valsugana e lo svincolo per l'altopiano di Pinè. Importante e degno di nota come il versante sinistro di questo passo è un'immensa distesa di ciottoli di porfido, paragonabile ad un "cimitero del porfido".

Questa rappresenta una prima lettura dettata da una percezione visiva del paesaggio aggettivata quasi come impressionista. Vissuta attraverso un percorso delimitato principalmente dai punti di vista confinati all'interno dei percorsi stradali principali, ne emerge una limitante seppur importante lettura; un'analisi più approfondita, un'analisi del cosiddetto "paesaggio cognitivo" (almo farina, verso una scienza del paesaggio) permetterebbe di cogliere dettagli intrinseci del territorio.

Ciò che emerge maggiormente è una presenza di diversi tasselli o "patches"² a punteggiare la valle, tasselli che si intrecciano e incastrano tra loro come testimonianza di una storicità, di un'economia, ma soprattutto di una cultura che ha modificato e modellato il paesaggio. Il versante destro idrografico della valle ha poche cave e di piccole dimensioni con una massiccia presenza di vigneti e terrazzamenti, difatti l'esposizione solare è perfetta per la produzione agricola, particolare che la popolazione locale ha diligentemente colto e sfruttato. Contrariamente il versante sinistro della valle, avendo un'esposizione meno soleggiata non permette uno uso massiccio del suolo a scopo agricolo e la maggior parte è stato scavato per estrarre porfido.

Emergono quindi due paesaggi, il paesaggio della vite e quello della cava, il paesaggio agricolo ed estrattivo. Il primo che per sua natura richiama più un'estetica organica e più vicina allo spirito umano e il secondo legato alla produzione industriale, seppur artigianale, di massa. Ad una prima e superficiale analisi i due elementi possono porsi come opposti, ma studiando attentamente la natura dei due paesaggi emergono più similitudini che differenze; entrambi sono ambienti nati dalle esigenze antropiche di definire un prodotto spendibile sul mercato, per poter sostenere economicamente la vita della popolazione locale; il porfido e il vino della val di Cembra.

Posti su questo piano un vigneto ed una cava risulterebbero essere dei paesaggi molto simili tra loro, percepiti invece in maniera opposta.

2. Farina A., 2004, Verso un'architettura del paesaggio, Perdisa Bologna

A sinistra: mappa con fotografie da sopralluogo eseguito in data

Le cave vengono spesso demonizzate e viste, paesaggisticamente, come uno squarcio, una ferita, un segno da dover ricucire e da nascondere.

I vigneti vengono invece santificati. Motivo di vanto con i loro splendidi terrazzamenti, i percorsi pedonali e stradali che creano una fitta rete usufruita e sfruttata dalla popolazione per passeggiare immersi nella tranquillità della campagna.

Questa visione percettiva e istintiva diventa problematica principale quando influenza la gestione di tali luoghi. Di fatto le cave abbandonate tendono ad essere coperte da materiale di scarto con la volontà di rinaturalizzarle e nasconderele all'occhio umano (si rimanda alla visione del "Piano provinciale di utilizzazione delle sostanze minerali" in particolare al punto 3.1.4 in materia di tutela del paesaggio e al capitolo 1.3 di questo documento che contiene un estratto del quadro normativo locale), perdendo di vista l'importanza che queste hanno avuto per lo sviluppo economico e sociale della valle. D'altro canto, non va dimenticato come questi luoghi abbiano avuto un impatto negativo sugli ecosistemi locali. In particolare, il lavoro d'estrazione, rappresenta un elemento distruttivo a livello ambientale in maniera esponenzialmente maggiore rispetto alla produzione agricola (da verificare quest'affermazione). La catena di produzione ed estrazione stessa del porfido non garantisce, ad ora, un equilibrio ecosistemico dei luoghi scavati.

1.2 *Economia locale: una storia di terrazzamenti*

Come già citato nelle pagine precedenti, l'economia locale è basata principalmente su due industrie portanti: la produzione agricola e quella d'estrazione. La prima si concentra maggiormente sulla coltivazione della vite e la relativa produzione di vino. La val di Cembra risulta difatti essere nota per il suo vino di pregio, in particolare per la produzione di Mueller Thurgau, Chardonnay, Pinot Grigio, Riesling. Emerge quindi un'importanza non solo economica della vite, ma anche sociale; l'economia agraria è accompagnata da eventi di promozione locale – ne è esempio, solo per citarne alcune, la rassegna del Muller e la festa del vino – i quali risultano per generare un sistema di aggregazione della popolazione e un motivo di attrazione per il visitatore esterno. In secondo piano, sempre nel settore agrario, è presente una locale produzione di piccoli frutti quali mirtilli, lamponi eccetera.

L'industria del porfido rappresenta la seconda faccia della medaglia dell'economia locale. Il cosiddetto "porfido Trentino" è stato ed è tuttora motivo di vanto per i produttori locali. L'origine storica di quest'importante attività è più profonda di quanto si possa immaginare. I primi documenti che citano una probabile attività estrattiva sono datata 1672; in particolare viene regolamentata, da parte del regolano locale, l'estrazione di porfido nella località di San Mauro. Altri riferimenti d'archivio datati 1774 documentano l'attività commerciale di "lastre d'ardesia" ad "un fiorino al passo quadrato". Verosimilmente si commerciavano lastre di porfido.

Fino al 19esimo secolo il porfido non rappresentava un'economia tale da dare sostentamento alle famiglie della valle, le quali prediligevano l'agricoltura. È però evidente come un legame col porfido già esisteva, in particolare questo materiale veniva sfruttato come pietra da costruzione e le lastre utilizzate come manto di copertura dei tetti degli edifici locali. Non per nulla difficile imbattersi, tra i centri storici dei vari abitati della valle e le case di campagna immerse nei vigneti, in vecchi edifici in muratura a pietra naturale (porfido) con le coperture rivestite di lastre dello stesso materiale.

L'attività d'estrazione subisce due grandi interruzioni dovuti ai due conflitti mondiali. Dopo la Prima guerra mondiale si ha avuto una prima fase di espansione ed industrializzazione. La popolazione e non solo ha colto le possibilità economiche derivanti dall'estrazione di questo materiale. Da questo momento inizia uno studio approfondito sul materiale in particolare per identificare le migliori zone da dedicare all'attività d'estrazione.

Fino a questo momento il trasporto del materiale lavorato veniva eseguito principalmente su mezzo animale, quindi sfruttando principalmente la forza motrice degli asini. Nel 1929 grazie alla volontà d'espansione si ha il primo trasporto su gomma e di conseguenza la volontà di progettare ed espandere le linee stradali a collegamento dalla val di cembra fino alla val d'adige. La fine della Seconda guerra mondiale ha invece posto le basi per la maggior crescita e industrializzazione dell'attività di cava. I soldati una volta rientrati dal fronte di guerra percepivano l'agricoltura come un lavoro meno redditizio e più precario. Ne segue quindi una preferenza a lavorare come mano d'opera in cava. Da questo momento vi è stata un'espansione esponenziale del numero di lavoratori e della presenza di cave sull'intero territorio della valle. Espansione di un'industria che ha profondamente modificato il paesaggio e il territorio locale.

Osservando le ortofoto provinciale si evince, inoltre, come inizialmente le zone dedicate alla coltivazione del porfido erano aree molto ridotte, ma disseminate sull'intero territorio. Successivamente con la maggior affermazione delle amministrazioni Regionali e Comunali si è virato per



*Fig.1 Lavoratori in cava
fonte: A. Casetti, Storia documentata di
Albiano: centro della zona del porfido,
Calliano, Manfrini, 1986*

confinare le cave in poche aree della valle, seppur di superficie maggiore .

1.3 *Il paesaggio industriale delle cave*

Quadro normativo di gestione delle cave e del loro recupero

Vista l'importante espansione dei lavori in cava, la Regione è subentrata per porre delle regolamentazioni a riguardo. Nel 1980 viene redatto il primo Piano provinciale di utilizzazione delle sostanze minerali detto anche brevemente "piano cave" introdotto con la Legge provinciale 4 marzo 1980, n.6 approvata nel 1987. Nel 1982 è stato introdotto il Piano stralcio per il porfido e il Piano cave viene successivamente aggiornato negli anni 1989, 1992, 1998 e nel 2003 attraverso il cosiddetto "quarto aggiornamento" tuttora vigente.

Come specificato dalla Provincia, il piano cave ha durata indeterminata e può essere sottoposto ad aggiornamenti o varianti. è direttamente applicabile alle aree da esso individuate e sospende le previsioni del PRG ed è attuato attraverso programmi di attuazione comunale che hanno una durata massima di diciotto anni.

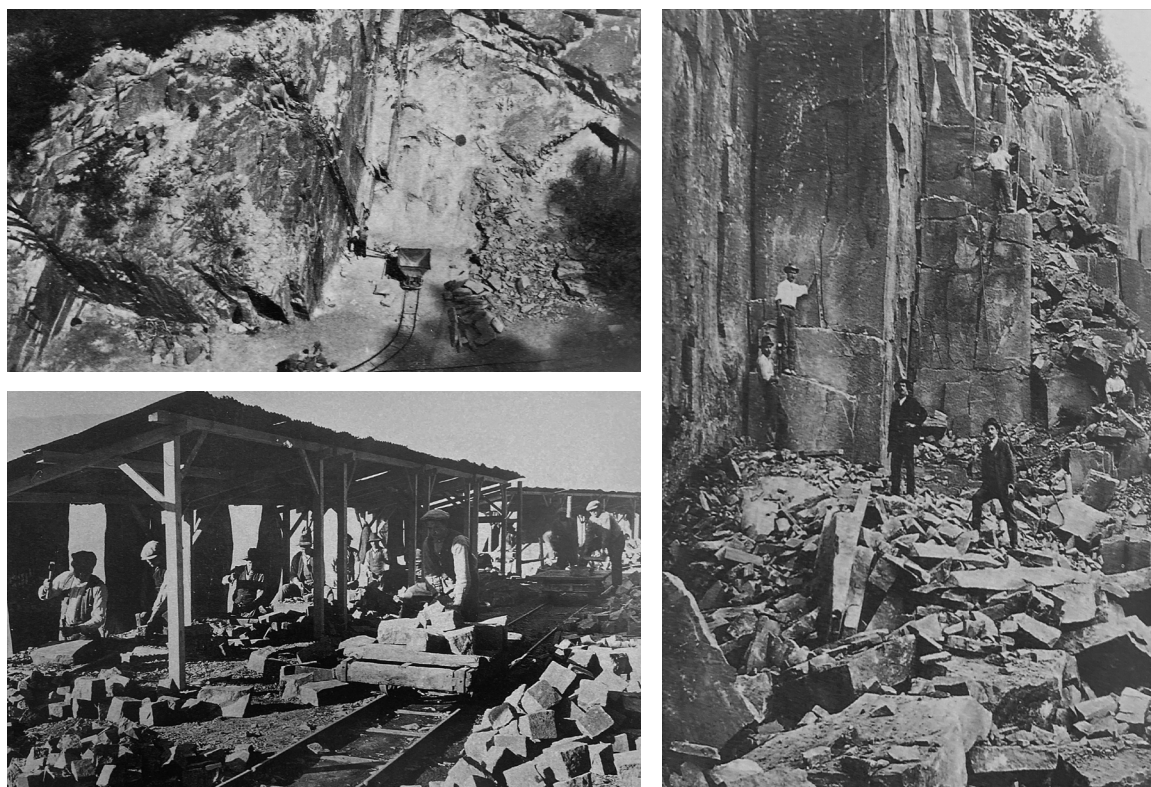
Il sopracitato documento delimita a livello cartografico le aree estrattive e le aree di discarica necessarie per lo smaltimento del materiale di scarto derivante dall'attività estrattiva del porfido; definisce criteri e modalità generali per assicurare, con uniformità su tutto il territorio

Fig.2 a sinistra: Lavoratori in cava

Fig.3 in alto a destra: Estrazione del porfido

Fig.4 in basso a destra: formazione dei tipici cubetti di porfido

fonte: A. Casetti, *Storia documentata di Albiano: centro della zona del porfido*, Calliano, Manfrini, 1986



Prima documentazione scritta sulla regolamentazione dell'estrazione di "lastre per mercantia" su licenza del Regolano

1672

Documenti che certificano la vendita di "laste di Ardesia" (porfido) con indicazioni sul prezzo "Un fiorino al passo quadrato"

1774

PRIMA CONCESSIONE
per scavare

1911

1914-1918

PRIMA GUERRA MONDIALE
Sospensione dei lavori di estrazione

TEST SULLA QUALITA' DEL MATERIALE

comune concede all'ingegnere Tschurtenthaler di fare provini per testare la qualità del materiale

ESITO POSITIVO

Contratto di affittanza delle p.f. 2823 e 2833 in località Montegaggio

1922

Ripresa dei lavori in cava

1924

esteso il diritto esclusivo di aprire e coltivare nuove cave e la **costruzione di INFRASTRUTTURE per la lavorazione e deposito**

1926

Concessione a Gino Beretta per 30 in località Tassaiole

1927

1928

Costruzione della **STRADA** di accesso alle cave che conduce fino a gardolo lases primo utilizzo di trasporto su gomma, camion

Subentro Porfidi D'Italia

1933

concessione a Quirino Pisetta ed emiliano filippi della località monte Gorsa

1936

Fallimento della ditta Beretta con **licenziamento** dei lavoratori della Società Anonima Pavimentazioni Stradali

1940-1945

SECONDA GUERRA MONDIALE
Sospensione dei lavori per mancanza di mano d'opera

provinciale, il razionale sfruttamento del giacimento, la salvaguardia dei valori ambientali, economici e produttivi e il ripristino ambientale; esplica un elenco delle materie prime e prime-secondarie risultanti dallo sfruttamento delle cave e in particolare dalla prospezione, dall'estrazione e dal trattamento; inoltre da indicazione dei comuni soggetti all'obbligo della redazione del programma di attuazione

Il punto sul quale mi voglio soffermare di tale documento è 3.1.4 Criteri di tutela del paesaggio. Il Piano Cave provinciale non ignora l'impatto ambientale e paesaggistico. Riporto di seguito un estratto del documento:

"(...) l'obbligatorietà della predisposizione di precisi progetti di sfruttamento, razionalizzando quindi sia l'attività estrattiva sia il recupero ambientale, che deve essere previsto in tempi brevi e possibilmente ancora durante le fasi di coltivazione."

"Particolare attenzione deve essere rivolta ai criteri paesaggistico-ambientali di progettazione delle aree interessate da attività estrattiva, mediante un'analisi degli elementi (caratteri e tipi di vegetazione, morfologia, emergenze naturalistiche, storiche e paesaggistiche, rete viaria minore, ecc.) che caratterizzano l'area di progetto ed il suo contesto, in relazione anche alle possibilità di destinazione successiva."

L'amministrazione vuole promuovere una buona pratica sul recupero delle cave dismesse e in via di dismissione, valutando la destinazione che questi luoghi potrebbero assumere in futuro.

"Uno dei possibili vantaggiosi usi futuri delle aree destinate ad attività estrattiva, è quello agricolo; tale decisione non può peraltro trovare giustificazione esclusivamente in argomentazione di carattere economico, essendo necessario infatti che il quadro paesaggistico - ambientale del territorio interessato sia tale da poter consentire un armonico inserimento di questa attività, che si caratterizza ormai come incisivo fattore di artificializzazione del territorio (meccanizzazione con conseguente esigenza di morfologie regolari - notevole produzione di inquinanti fisici e chimici - viabilità - impianti irrigui - ecc.)."

In tal senso propone principalmente una nuova destinazione ad area agricola, sia per motivi economici che paesaggistici, ma non esclude neppure la possibilità di ridare vita alle cave attraverso attività sportive e di svago

"Un altro possibile modo per restituire dignità e funzione alle aree estrattive dismesse è quello di destinarle allo sport ed allo svago, dotandole quindi delle necessarie attrezzature"

La normativa in ogni caso indica, ovviamente, delle linee guide e rimanda ai progettisti le giuste valutazioni del caso per poter permettere un recupero consono al territorio vagliando tutte le ipotesi e le valutazioni interdisciplinari per poter permettere una giusta rivitalizzazione di questi luoghi. Importante inoltre sottolineare come la provincia sproni, a livello

1946

Ripresa dei lavori
in cava

**Società a tutela
dei lavoratori**

1947

ILPA=industria lavorazione
porfido albiano
SEPA=società escavatori
porfido albiano

Più di 500
lavoratori
all'attivo

1953

Piano cave
introdotto con la
Legge provinciale 4
marzo 1980

1980

1982

Introdotta il Piano
stralcio per il porfido

1987

Piano cave
viene
approvato

1989

Aggiornamenti
del piano cave

1992

1998

Aggiornamenti
vigente

2003

2006

**Disciplina
dell'attività di cava**
L.P. 24 ottobre 2006, n. 7

Direttiva relativa
alla gestione dei
rifiuti delle industrie
estrattive
D. Lgs. 30 maggio 2008, n.
117

2008

2013

Regolamento
concernente il
contributo per
l'esercizio
dell'attività di
cava

Disciplina della ricerca
e delle concessioni
minerarie e
modificazioni della
legge provinciale sulle
cave

2020

strategico, una valutazione del recupero pure per complessi di cave non ancora dismessi.

Infine è doveroso porre luce ad un passaggio di questo documento:

“La rinaturalizzazione del sito appare scelta appropriata quando l’attività estrattiva o di discarica vada ad interessare contesti di valore ambientale ed ecologico. In tali situazioni si rendono quindi necessari interventi di sistemazione ispirati a criteri di mimetismo, tali comunque da ricreare nel più breve tempo possibile i caratteri morfologici e di soprassuolo vegetale modificati dall’attività estrattiva”

La provincia predilige, quindi, un approccio di rinaturalizzazione, considerando criteri di mimetismo con una volontà di nascondere i segni delle cave.

Diventa inoltre doveroso citare la Relazione Ambientale Strategica (RELAS), documento che esegue una dettagliata analisi e inquadramento relativo alla valutazione delle strategie e successivamente alla valutazione delle azioni del piano. Viene quindi utile per la stesura di questa tesi riportare in particolare due estratti da questo documento.

Il primo è l’analisi SWOT ambientale, la quale evidenzia come si voglia puntare ad un a dei recuperi ambientali anche nel corso d’opera della coltivazione della cava, non solo all’interno della cava stessa ma tenendo in considerazione i siti esterni.

| Punti di forza | Punti di debolezza |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Reperimento in loco delle materie prime utilizzate nel settore delle costruzioni (ciò determina una riduzione del traffico e limita il rialzo dei relativi prezzi); - Benefici economici ed occupazionali nei contesti dove si effettua attività estrattiva; - Compatibilità con i vincoli del P.U.P.; - Bassa interferenza con i siti turistici; - Realizzazione dei recuperi ambientali anche nel corso della coltivazione, sia nell’area di cava, sia in siti esterni, qualora previsto dal programma di attuazione; - Previsione di cave a basso impatto paesaggistico-idrogeologico (cave in sotterraneo); - Ripresa della coltivazione di pietre ornamentali da utilizzare nei lavori di arredo urbano; | <ul style="list-style-type: none"> - Riduzione della capacità di protezione idrogeologica a livello locale - Riduzione della quota di territorio naturale - Dislocazione della maggior parte delle aree estrattive in zone definite “di tutela ambientale” secondo l’art.6 delle norme di attuazione del PUP - Eccessiva specializzazione produttiva dell’area - Degrado visivo |
| Opportunità | Rischi |
| <ul style="list-style-type: none"> - Utilizzo di scarti del porfido al posto degli inerti - Dinamica demografica stabile - Dinamica occupazionale in crescita - Tassi di attività e di disoccupazione che determinano ampi sbocchi occupazionali e ridotti tempi di attesa | <ul style="list-style-type: none"> - Dissesto idrogeologico - Inquinamento di fonti di approvvigionamento potabile - Fagocitosi dei nuclei abitati - Eccessivo consumo di materiale pregiato - Grado di istruzione degli operatori del settore |

Tabella 2.13 della Relazione Ambientale Strategica

Dalla seguente analisi sono stati in seguito definiti degli obiettivi che verranno di seguito riportati:

| Componenti del documento di PIANO | Apporto della RELAS | Strumenti della RELAS | Contenuti del rapporto ambientale secondo la direttiva 2001/42/CE | Elementi per la relazione di incidenza |
|--|--|---|--|--|
| OBIETTIVI Obiettivi di piano | <ul style="list-style-type: none"> • Individuazione di obiettivi di sostenibilità e motivazione ambientale della scelta degli obiettivi • Eventuali retroazioni sulla definizione del piano nella scelta degli obiettivi | <ul style="list-style-type: none"> • Matrice della coerenza con gli obiettivi dei livelli pianificatori superiori (verticalmente) e orizzontalmente • Matrice della coerenza con i criteri di sostenibilità | <ul style="list-style-type: none"> • Obiettivi di protezione ambientale stabiliti a livello internazionale, comunitario o degli Stati membri, pertinenti al piano o al programma; possibili effetti significativi sull’ambiente, compresi aspetti quali la biodiversità, la popolazione, la salute umana, la flora e la fauna, il suolo, l’acqua, l’aria, i fattori climatici, i beni materiali, il patrimonio culturale, anche architettonico e archeologico, il paesaggio e l’interrelazione tra i suddetti fattori | <ul style="list-style-type: none"> • Rapporti fra obiettivi della direttiva Habitat e Uccelli, della convenzione sulla biodiversità, e di altri documenti di politica ambientale riguardanti la biodiversità e il piano |

Tabella 3.1 della Relazione Ambientale Strategica

Il Rapporto Cave di Legambiente

Anche se questo rapporto non rappresenta un documento di normativa, esso porta alla luce, attraverso attenti studi; il quadro di uso e sfruttamento delle cave su tutto il suolo nazionale.

In particolare su suolo Trentino vengono identificate 128 cave attive e 497 dismesse. Fortunatamente, grazie agli interventi delle amministrazioni locali di queste cave dismesse la maggior parte risultano essere recuperate¹

Ad ora sono presenti 435 cave recuperate delle quali 323 rinaturalizzate a bosco e/o prato e 112 riutilizzate ad altri scopi quali agricoltura, seconda lavorazione, sport o per la costruzione di nuovi edifici. Questo quadro va a evidenziare, come consigliato dal piano cave, la volontà di rinaturalizzare e minimizzare l'impatto paesaggistico delle cave.

Il suddetto documento suggerisce delle buone pratiche per poter recuperare questi luoghi e sostiene che *"il miglior recupero ambientale di una cava deve nascere nella fase di progettazione della cava stessa"*².

Vengono inoltre illustrate delle azioni già compiute sul territorio Italiano di cave ad ora recuperate, con lo scopo di informare sulle possibilità di recupero, differenti dalla rinaturalizzazione, che possono garantire una nuova vita ed una nuova facciata a molte cave che risultano ad ora in stato di abbandono; con la volontà di promuovere un'attività di scavo programmata e visionaria per il ripristino di luoghi dell'abbandono.

A sostegno del Rapporto Cave è presente il documento "linee guida, progettazione gestione recupero delle aree estrattive". Nel particolare questa raccolta di esempi e suggerimenti tratta le cave atte alla produzione di cemento, ma i concetti che stanno alla base del loro recupero possono essere riproposti anche per cave di altra natura. Difatto introduce il RECUPERO della cava come parte integrante del suo ciclo di vita.

Fig. Ciclo di Vita dell'attività estrattiva secondo le linee guida di Legambiente



Va quindi ad integrare vari temi quali il recupero ambientale, l'ecosistema, una programmazione dei lavori di scavo in virtù dei piani futuri sempre mantenendo e correlandosi alle normative vigenti

Tutto ciò è fondamentale per evidenziare che ad ora sono già presenti strumenti atti alla rivitalizzazione e al recupero di luoghi industriali abbandonati

1. Bertè F., *Le cave dismesse in Trentino: conoscere per recuperare*, 2016
2. *Rapporto Cave 2021, Legambiente*

1.4 *Il recupero dei luoghi post-industriali*

Come metodologia di studio di potenziali interventi su di un luogo industriale quale quello della cava si è stata effettuata un'attenta analisi su come altri progettisti hanno perseguito lo scopo del recupero. Segue quindi una raccolta di casi studio particolarmente interessanti riguardanti recuperi di cave a cielo aperte le quali vertevano in uno stato di abbandono.

Per ogni caso studio sono stati identificati, al di là della località degli interventi, anche e soprattutto le tematiche che vengono affrontate.

Il Parco della Crueta del Coll

TEMI: memoria della cava, acqua, attrattività ludica

LUOGO: Barcellona, Spagna

PROGETTISTA: MBM Arquitectes

In questo progetto la trasformazione del grande foro lasciato dalla cava si basa su due idee: adattare le pendici settentrionali del terreno, con un particolare ma leggero rimboschimento, tra percorsi tortuosi che segnano spazi abilitati all'uso del quartiere, ed enfatizzare teatralmente la parte centrale, che è la più profonda e quella che conserva più memorie topografiche. Al centro di questo bellissimo paradiso immerso nel verde, il grande lago, trasformato in una piscina pubblica durante l'estate, è il simbolo del parco



Fig.5: masterplan di progetto
Fig.6: prospettiva sulla cava



Fig.7: foto a volo d'uccello della
cava recuperata
fonte: <https://www.arquitecturacatalana.cat/es/obras/parc-de-la-crueta-del-coll>

<https://www.mbmarchitectes.cat/>

La cava d'Hostal

TEMI: memoria della cava, recupero ecologico, spazio museale

LUOGO: Minorca, Spagna

Nate dall'estrazione della pietra arenaria con cui tradizionalmente si costruivano le case di Minorca le cave di questo complesso offrono una passeggiata labirintica lungo uno spazio scultorio scavato nella roccia, memoria indelebile nel lavoro di scavo ora abitato dalla vegetazione.

Il complesso prevede una passeggiata lungo i giardini del Laberint dels Vergers, al cui interno si trova, tra gli altri progetti, il Circuito Botanico e della Biodiversità, formato da un'ampia rappresentazione della flora autoctona e un percorso Botanico, Zoologico, geologico ed etnologico.

Fig.8: Scorcio sulla cava
Fig.9: Il giardino botanico

fonte: https://www.minorca.es/it/Pedreras_dHostal/10040



Il Parco dei Suoni

TEMI: memoria della cava, spazi culturali

LUOGO: Riola Sardo, Italia

PROGETTISTI: Pierpaolo Perra e Alberto Antioco Loche

Nel Parco dei Suoni si intrecciano almeno due significati. Da una parte, il riferimento è all'esperienza sensoriale diretta di chi utilizza lo spazio, percependo l'eco e il suono dei passi all'interno del piccolo canyon. Dall'altra parte, il nome richiama la vocazione dell'anfiteatro all'aperto, situato nella parte opposta rispetto al nuovo edificio nel bacino di scavo, come luogo per rappresentazioni musicali di ogni genere, con particolare attenzione a quelle locali e tradizionali.

Fig.10: Scorcio sull'edificio
Fig.11: Vista sul parco
Fig. 12: Planimetria di progetto

fonte: <https://www.domusweb.it/it/notizie/2009/05/01/il-parco-dei-suoni-di-riola-sardo.html>



Cava di Fantiano

TEMI: memoria della cava, spazi culturali

LUOGO: Fantiano, Italia

PROGETTISTI: Donati D'Elia Associati

Le cave di Fantiano godono di un paesaggio con pareti a strapiombo, terrazze e isolati monoliti che "disegnano incredibili architettura di calcarenite". Il recupero effettuato prevede la trasformazione, precedentemente discariche abusive, attraverso un modello di riqualificazione integrato che coinvolge vari ambiti implementando l'aspetto turistico.

Il progetto prevede la sede stabile del teatro di Fantiano e la realizzazione del Parco Attrezzato delle Gravine e delle Cave per attività culturali, spettacolari e del tempo libero. La volontà è quella di definire un luogo sfruttando i "pieni" e i "vuoti" della cava attraverso un articolata e complessa rete di servizi e spazi atti ad attività polivalenti e polifunzionali volendo attribuire un nuovo simbolismo alla cava.

Si realizza quindi un teatro all'aperto, dove era presente la depressione del terreno e quindi sfruttando la morfologia della cava.

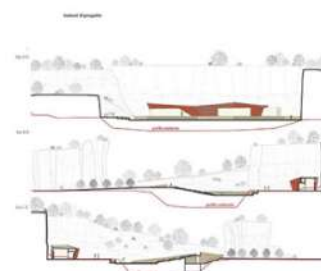


Fig 13: sezioni di progetto

Fig 14: scorcio sul teatro

fonte: https://divisare.com/projects/85775-d_progetti-donati-d-elia-associati-francesco-d-elia-recupero-e-valorizzazione-delle-cave-di-fantiano

Cava dei poeti

TEMI: spazio espositivo

LUOGO: Carrara, Italia

PROGETTISTA: Marco Nereo Rotelli

IL recupero di questa cava risulta essere particolare in quanto esso sfrutta la conformazione della roccia per poter definire uno spazio espositivo. L'intervento è molto semplice attraverso dei giochi di luce e delle scritte sul marmo, il tutto si fonde con il paesaggio circostante sfruttando la sua posizione in quota, regalando una vera e propria esperienza.



Fig 15: l'installazione di giorno
Fig 16: l'installazione di notte

fonte: <https://www.marconereorotelli.it/installazione/cava-dei-poeti/>

Landscaping of the tram 1

TEMI: infrastrutture

LUOGO: Alicante, Spagna

PROGETTISTA: Eduardo De Miguel Arbonés e José María Urzelai Fernández

Questo esempio di progetto si discosta da tutti quelli studiati fino ad ora in quanto sfrutta la presenza della cava definendo uno nuovo spazio a scopo infrastrutturale. Viene così progettato un nuovo edificio per il percorso del tram, mimando e amalgamando la forma e i volumi con la cava stessa richiamando anche il tema della materia della roccia. Il tutto definisce un nuovo paesaggio urbano a servizio dell'uomo, prima cava ora fermata del tram.

Fig. 17: vista a volo d'uccello dell'infrastruttura

Fig 18: scorcio sul teatro

fonte: <https://www.area-arch.it/landscaping-of-the-tram-line-1/>



Recupero di una discarica controllata di rifiuti

TEMI:

LUOGO: Barcellona, Spagna

PROGETTISTI: Batlle i Roig

Questo progetto è stato inserito all'interno di questa ricerca nonostante non sia un recupero di una cava, bensì di una discarica. Nonostante questa differenza si tratta di un recupero di un paesaggio modificato dall'azione umana, azione che ha portato ad uno squilibrio dell'ecosistema, della morfologia e del contesto paesaggistico.

In questo senso i progettisti hanno studiato come riportare equilibrio all'interno di questo territorio, ricomponendo e ristabilendo un ecosistema. All'interno di questo parco sono stati inoltre inseriti dei percorsi fruibili dai visitatori, un sistema di raccolta delle acque ed elementi che permettano la ripopolazione sia vegetale che animale, integrando tecniche dell'ingegneria ambientale, della geologia, dell'architettura del paesaggio e dell'agronomia. Il tutto vuole mantenere il tema del paesaggio agricolo attraverso terrazzamenti che richiamano alla discarica, considerando tutti i vantaggi che questa conversione d'uso comporta, in un'ottica di miglioramento ambientale.



Fig. 19: masterplan di progetto

Fig. 20: vista sul parco

Fig 21: fotografia dei lavori in corso d'opera

fonte: <https://www.batlleiroig.com/en/projectes/diposit-del-garraf/>



Quarry No. 8 “Book mountain”

Quarry No. 9 “Stage quarry”

Quarry No. 10 “Live performance”

TEMI: memoria della cava, spazi culturali

LUOGO: Lishui, Cina

PROGETTISTA: DnA Design and Architecture

Questi progetti, sebbene sono distinti, fanno parte dello stesso complesso di cave e questa distinzione è probabilmente voluta in quanto ogni singolo spazio della cava è stato pensato e sviluppato con uno scopo diverso in funzione della cava stessa.

La cava numero 8, vista la sua conformazione che richiama fortemente un canyon, attraverso un sistema di scalinate che sfruttano i gradoni ottenuti dall'attività di scavo, è stata convertita a libreria. Un nuovo spazio culturale adibito alla lettura.

Le cave numero 9 e 10 invece sfruttano spazi molto più ampi e a cielo aperto per offrire uno spazio per delle performance, artistiche e musicali. Il tutto attraverso un segno leggero e con un intervento minimo, sfruttando quello che già è stato l'operato dei lavori di estrazione del materiale.



Fig 22 in alto: planimetri
Fig 23 in basso: sezione



Fig 24 a sinistra dettaglio della cava:
Fig 25 a destra: il teatro

fonte: https://www.archdaily.com/983719/quarry-no-9-stage-space-plus-quarry-no-10-live-performance-dna?ad_medium=office_landing&ad_name=article-di

Quarry Gardens in Nanning Garden Expo Park

TEMI: memoria della cava, acqua, restauro ecologico, parco

LUOGO: Nanning, Cina

PROGETTISTA: Atelier Dyjg, School of Landscape Architecture Beijing Forestry University

Il suddetto Progetto è un parco, il quale comprende un insieme di cave abbandonate le quali presentavano svariati problemi sia a livello geologico che idrologico nonché una deturpazione ambientale e paesaggistica.

Le varie cave sono state attentamente studiate per proporre un recupero che richiamasse la storicità del luogo e della cultura cinese. È stata proposto quindi un padiglione in legno con vista su di una delle cave che presentava problemi a livello idrologico, sistemando quindi la cava e creando un bacino di ritenzione idrica. La seconda cava presenta



Fig 26: masterplan di progetto
Fig 27: vista sulla prima cava

delle grandi pareti, risultato dell'azione di scavo, a piombo su di uno specchio d'acqua. In questa cava è stata pensata una passerella che permette l'accesso all'acqua attraverso un percorso che permette di godere di svariati punti di vista sul paesaggio industriale. La terza cava viene convertita a giardino botanico, introducendo un sistema di piccoli terrazzamenti sono state attentamente scelte le specie arbore da piantumare, in funzione di un recupero della fertilità del terreno. La quarta e quinta cava, entrambe ricoperte d'acqua, propongono un percorso rialzato tra dei boschi, opera di rinaturalizzazione, e gli specchi d'acqua stessi.

Fig. 28: vista sulla passerella

Fig. 29: vista sul playground

Fig. 30: vista sulla struttura della cava

fonte: <https://www.archdaily.com/969521/quarry-gardens-in-nanning-garden-expo-park-atelier-dyjj-projects/diposit-del-garraf/>

La sesta e settima cava invece fungono da giardino, richiamando le piante locali, e da parco giochi. Tutti questi luoghi vengono connessi tra loro da un complesso sistema di percorsi che permettono un'immersione del visitatore nel parco. Questo progetto rappresenta un perfetto connubio tra l'impronta architettonica e la pratica di restauro ecologico.



Tangshan Quarry Park

TEMI:

LUOGO: Nanjing, Cina

PROGETTISTA: Z+T Studio

L'ultimo progetto studiato presenta un ampio parco di circa 40 ettari che sfrutta la natura a "cratere" delle cave presenti per definire nuovi spazi definiti dai progettisti "spazi pubblici e dinamici". La volontà è quella di creare un nuovo parco che integra la comunità e il recupera dell'integrità ambientale degli ecosistemi distrutti dai lavori d'estrazione.

Il progetto propone varie soluzioni alle problematiche presenti; si prepone di rivitalizzare il substrato del suolo, creare un sistema di gestione ottimale delle acque, preservare la biodiversità e incoraggiare programmi di educazione e ricreazione in ambienti esterni. In tal senso

Fig. 31: vista dall'alto della cava

Fig. 32: scorcio sulla passerella

fonte: <https://landscape.coac.net/parque-de-la-cantera-de-tangshan>



vengono progettati svariati luoghi all'interno del parco tra i quali un centro visitatori, una casa del tè, un bacino di ritenzione idrica e un "rain garden", viene progettato un anfiteatro ed un parco giochi ed infine un museo a commemorare il sito. Tutti questi spazi vengono collegati da un sistema di percorsi che diventano essi stessi il progetto. In particolare la passerella che si innalza per poter far vivere al visitatore la magnificenza della cava, sollevandosi e ricurvandosi delicatamente su se stessa fino a raggiungere il punto più alto delle due cave per poi ripercorrere i boschi ed i prati che le circondano.



*Fig. 32: recupero ecologico
Fig 32: masterplan di progetto*

fonte: <https://landscape.coac.net/parque-de-la-cantera-de-tangshan>

Conclusioni

Questo studio permette di valutare come viene percepito il recupero e la rivalorizzazione di luoghi industriali post-estrattivi, sia a livello locale italiano ed europeo che all'estero. Come si può notare quasi tutti i progetti, in maniera più o meno evidente, tendono a sottolineare la natura industriale della zona, si vuole sempre contemplare la storicità del luogo indipendentemente dalle conseguenze che l'attività d'estrazione ha causato sul territorio. Essendo il paesaggio già stato modificato diventa quasi irragionevole cercare di nascondere e mimetizzare l'azione dell'uomo, conviene quindi cercare di riadattare il paesaggio e dargli una nuova vita, un nuovo scopo rivitalizzando e rigenerando questi spazi senza dimenticarne la loro storicità.

Emerge inoltre come vi sia un importante intreccio tra la disciplina dell'architettura del paesaggio e le tematiche legate all'ecologia. La maggior parte dei progetti mirano a ristabilire una biodiversità andata perduta creando però degli spazi e dei luoghi adibiti all'attività antropica, principalmente a scopo ricreativo e ludico talvolta anche museale e monumentale richiamando la storia dei luoghi post-industriali.

Capitolo 2

Il paesaggio stratificato della Val di Cembra

In questo capitolo si vuole analizzare le dinamiche legate al contesto territoriale della Val di Cembra usufruendo degli strumenti della cartografia. A tal scopo verranno analizzate varie tematiche come se fossero dei layer sul territorio, partendo dalla genesi morfologica fino a giungere al tema focale delle cave.

In conclusione verranno sovrapposti questi layer e indagate le relazioni che tra essi si creano, individuando dei paesaggi più settorializzati, ma che sono sempre in comunicazione tra loro. Da questa analisi si generano dei cluster, identificati da schede tecniche, che raggruppano i vari complessi di cave.

Obiettivi:

studio analitico degli elementi mappati del territorio attraverso lo strumento della cartografia



Cartografia storia della Val di Cembra - fonte: catasto storico Trentino "HISTORICALKat"

2.0 Territorio e cartografia

Il territorio a volte viene letto in termini scalari legati alle aree, suggerendo delle analisi e delle letture statiche riferendosi alle forze che modellano il territorio e ai flussi che hanno un impatto su di esso. Si ripensa al ruolo della progettazione del territorio attraverso un insieme di tecnologie e politiche del territorio stesso ponendosi un serie di domande; quale paesaggio? Quale territorio? Come può essere costruita una storia del paesaggio come territorio? Per rispondere a queste domande bisogna attingere ai pensieri di S. Elden, per quel che riguarda il territorio, di Cosgrove e Spencer nell'ambito paesaggistico.

Per il primo il territorio è strettamente legato alla terra ed al terreno. Il territorio assume un concetto di spazio politico: posseduto, distribuito, mappato, calcolato delimitato e controllato.

Secondo Spencer il paesaggio può essere inteso come strumento estetico politico che mostra come questo modo di immaginare, vedere e controllare si colleghi direttamente ad un progetto territoriale.

Infine, sia Elden che Cosgrove si interrogano sulla questione del luogo come territorio. Per Cosgrove il paesaggio è strettamente legato ad un concetto e a una pratica culturale, interlacciandolo alla sua formazione come una serie di relazioni umane nella società e nel luogo, vedendo nell'uso antropico della terra il punto di partenza di sviluppo del suo pensiero. Ne risulta che il paesaggio è incorporato nel territorio ed è quindi un modo di vivere e rappresentare il mondo, ma anche di controllarlo.

All'interno di queste tematiche trova ampio spazio la cartografia, non più vista e definita solo come la scienza e la tecnica relativa allo studio e alla realizzazione delle carte geografiche, ma come cartografia interpretata attraverso il concetto dell'immaginazione, ovvero la mappa è vista e letta come un vero e proprio racconto dove tutte le sue convenzioni grafiche sono parole che narrano un territorio.

Si vuole quindi di seguito narrare e raccontare gli elementi caratterizzanti della valle di Cembra sfruttando la cartografia ed il ridisegno per delineare le sfaccettature più celate del territorio

fonti: Carla Olóriz Sanjàn , Landscape as Territory: A Cartographic Design Project, Actar, 2019

Desimini J., Waldheim C., Cartographic Grounds: Projecting the Landscape Imaginary, Princeton Architectural Press, 2016

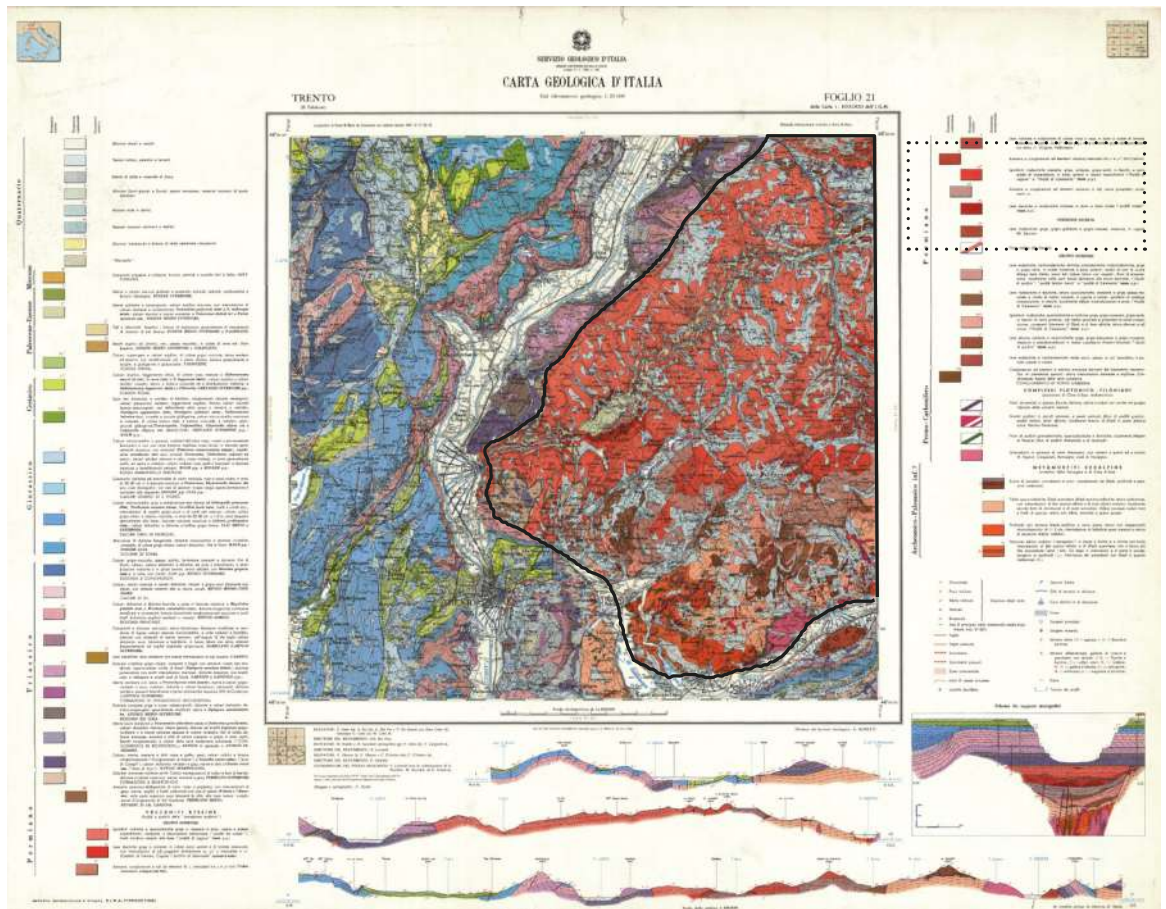
2.1 *Introduzione sulla storia geomorfologica della val di Cembra*

La Val di Cembra ha origine nell'era paleozoica; un'eruzione di porfido quarzifero (ignibrite riolitica) seguita da colate di porfidi basici – con un basso quantitativo di quarzo - ha dato forma alla piattaforma porfirica atesina, la quale si estende da Lavis fino alla Marmolada, ricoprendo anche la zona di Bolzano fino a Merano rappresentando uno dei giacimenti di porfido più grandi di tutta l'Europa.

Nell'era quaternaria a seguito dell'ultima grande glaciazione avvenuta, detta anche glaciazione di Wuerm la quale ha smussato ed arrotondato la forma degli attuali rilievi, lo scioglimento dei ghiacciai e il loro spostamento ha scavato le attuali valli presenti sulle Alpi tra cui la Val di Cembra. Per questo motivo la fascia più a nord-est della val di Cembra e soprattutto i punti più in quota presentano dei terrazzamenti per l'appunto di origine glaciale. Terrazzamenti che danno origine ai maggiori centri abitati della valle.

Il fondo valle, ed è particolarmente evidente nella zona più a sud, risulta essere scavato dall'azione erosiva del torrente Avisio donandogli quella particolare forma a "V". Per questa particolare conformazione geologica il torrente risulta ad ora essere non di semplice accessibilità.

Fig.1 Estratto della Carta Geologica D'Italia, fonte: Servizio Geologico d'Italia



2.2 *Analisi territoriale*

Dopo un primo approccio di natura "impressionista" del territorio si è voluto affrontare un'analisi più strutturata. Tale ricerca si è svolta per "strati", analizzando metodicamente ogni fattore di rilevante importanza per poi sovrapporre tutte le informazioni raccolte ed eseguire un'interpolazione di questi dati.

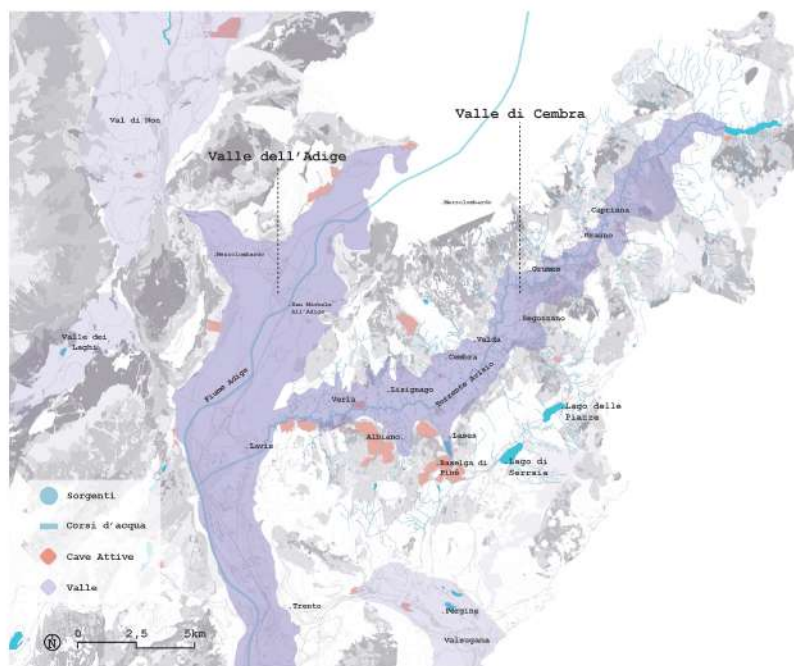


Fig. 2 Mappa della Val di Cembra e della Val d'Adige

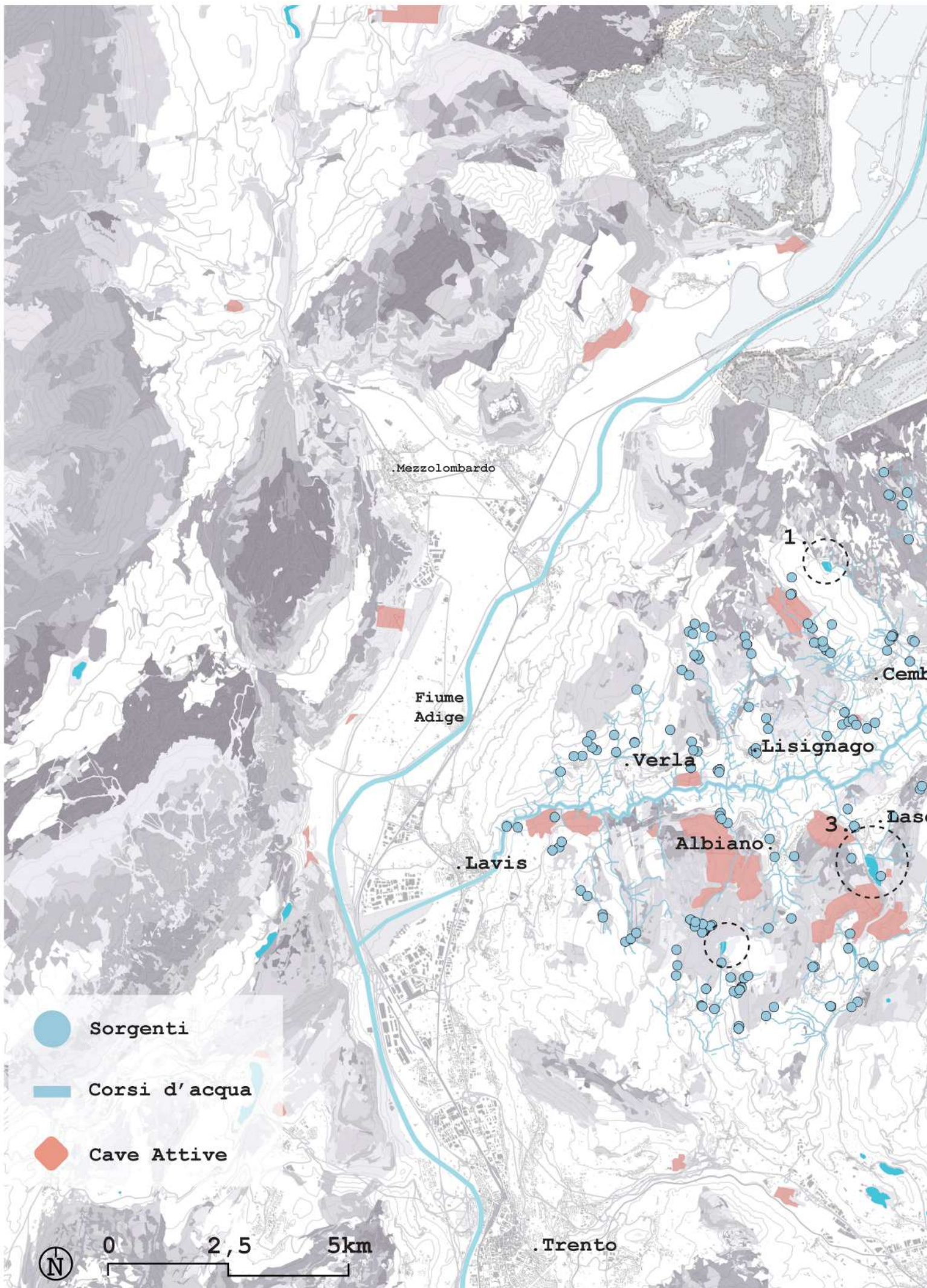
Fiumi e specchi d'acqua

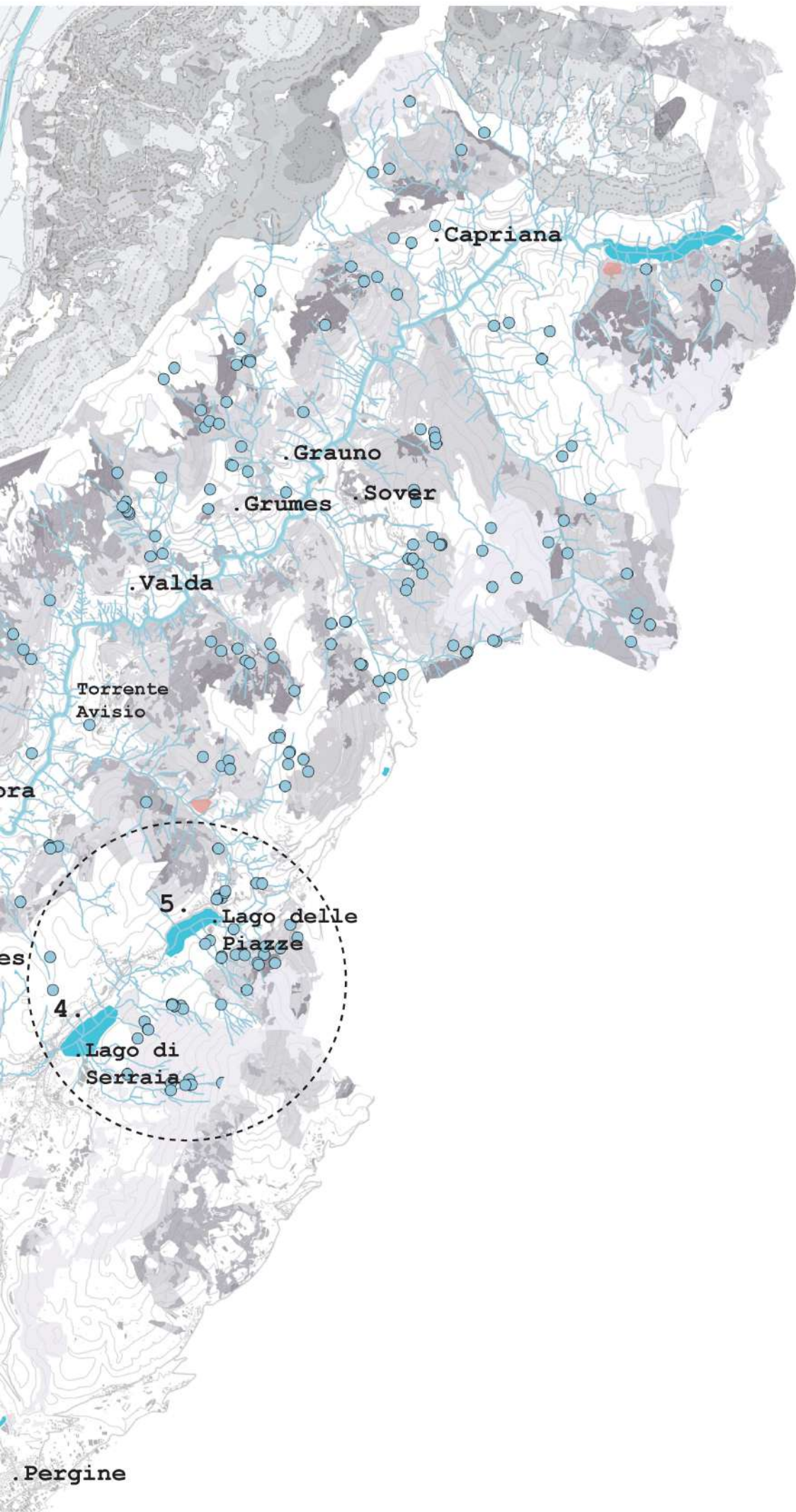
L'elemento acqua è di vitale importanza all'interno dell'assetto territoriale. Come già esposto nel capitolo precedente l'acqua è parte fondamentale del processo geologico che ha dato origine alla valle.

Il torrente Avisio dalla Marmolada fino alla valle dell'Adige per un'estensione di 89km ha dato origine ad un importante e protetto ecosistema nel fondo valle. Elemento caratterizzante ed incontaminato in quanto la particolare forma a "V" della vallata rende difficoltoso l'accesso all'uomo. Motivazione per la quale l'ecosistema del fondo valle risulta particolarmente integro.

Un susseguirsi di torrenti minori scorrono sui due versanti della valle i quali nei periodi primaverili, a seguito dello scioglimento della neve, riversano le proprie acque nel torrente Avisio. Tra i più rinomati e conosciuti si nomina:

- Rio Mercar a Cembra
- Rio Ischiele e rio Gian a Lisignago
- Rio Sega e Rio Albiano ad Albiano
- Rio Camin e Rio Lona a Lona
- Rio Regnana a Segonzano
- Rio Favorine a Faver
- e per ultimo Rio Vallalta





Importanti sono anche le sorgenti d'acqua, le quali punteggiano l'intero territorio. La maggior parte di queste sono interrate e di conseguenza non visibili in superficie.

Ancora più rilevanti soprattutto considerando l'aspetto antropico del territorio sono i laghi presenti.

In val di cembra si contano 3 laghi montani di origine glaciale. Il più noto è il lago di Lases posto ad un'altitudine di 629 mslm per una superficie di 250000 mq ed una profondità di 25m. Posto nell'avvallamento ai piedi del monte Gorsa rappresenta un elemento naturale di grande impatto turistico. Le spiagge sono quindi adibite ad un uso lacustre e il lago viene reso balneabile.

Il Lago di Santa Colomba, posto sopra l'abitato di Albiano, è un gioiello naturalistico con i suoi percorsi accessibili a tutto permette di vivere la naturalità e l'ecosistema di questo luogo.

L'ultimo lago si trova sul versante opposto della valle, precisamente sopra la cittadina di Cembra sull'omonimo monte. Anch'essa adibito a turismo lacustre e balneare è motivo di vanto per gli abitanti del paese.

Elemento che accomuna questi specchi d'acqua sono le cave stesse. In tutti i laghi, per raggiungerli tramite le strade principali, si è quasi obbligati ad attraversa il paesaggio delle cave e dell'industria del porfido.

Non esattamente in Val di Cembra, ma nel vicino altopiano di Pinè sono presenti altri due laghi, ben conosciuti a tutti gli abitanti della regione; il Lago di Serraiia e delle Piazze. Questi due specchi d'acqua, così come i vicini laghi della val di Cembra, in estate vengono altamente utilizzati a scopo locuste e balneare ed in inverno se ghiacciati a livello sportivo. Essi sono elemento importante che governano e influenzano l'economia e il turismo locale.

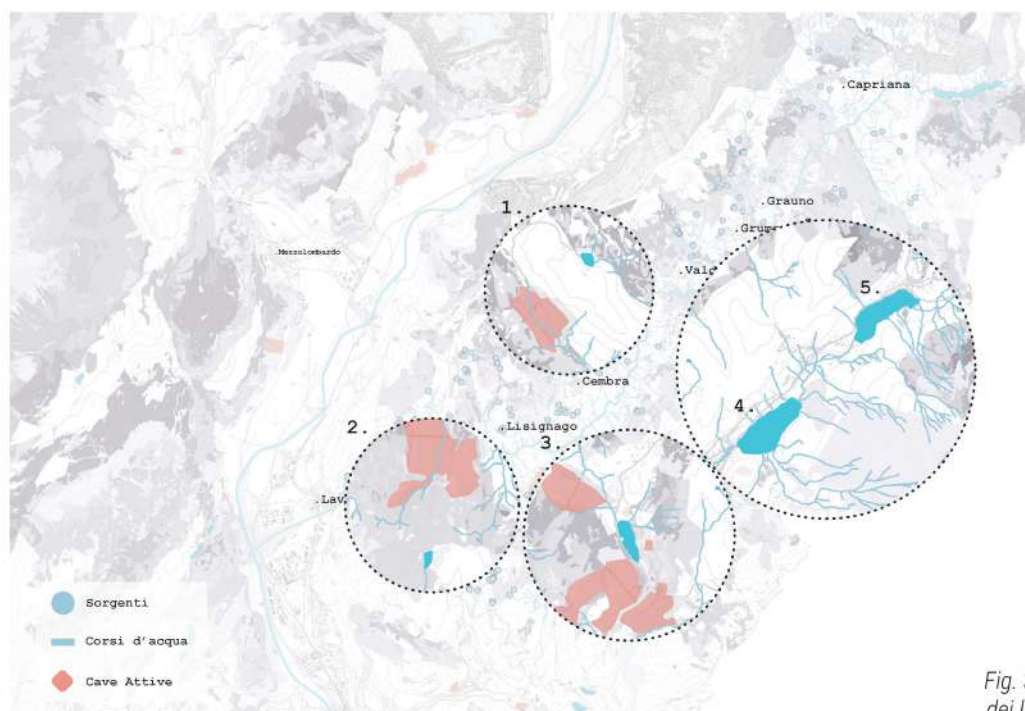


Fig. 3: Mappatura dei laghi montani

Tipologie forestali

Come la maggior parte delle valli della provincia di Trento, anche la Val di Cembra presenta una grande percentuale del territorio ricoperta da boschi. Diventa quindi doveroso interrogarsi sulle principali tipologie arboree presenti.

Va considerato che in questi territori vi è un importante controllo e gestione del sistema boschivo, che di fatto perde in parte la sua componente di sistema naturale autonomo in quanto sotto stretto controllo da parte dell'uomo 1 (Salsa A., I paesaggi delle alpi un viaggio nelle terre alte tra filosofia, natura e storia, Donzelli Editore Roma 2019)

L'intera Val di Cembra presenta prevalentemente un substrato silicatico acido, con alcune zone a caratteristiche intermedie tra acido e basico. Le aree forestali sono di tipo esalpico, ovvero prevalentemente distribuite lungo la fascia prealpina, fino all'incirca alla cittadina di Cavalese oltre la quale si individua principalmente l'area endalpica 2 (AA.VV., I tipi forestali del Trentino, descrizione e aspetti dinamici, Alcione Editore Lavis 2018) (settore più interno di un sistema montuoso).

Queste zone, così come lo è l'intera vallata, presentano quote incentrate attorno ai 1000 mslm con ambienti che variano dal subcontinentale al suboceanico, favorevoli a specie arboree mesofile (=organismo che abita ambienti relativamente freschi ed umidi) come abete bianco o faggio. (I tipi forestali del trentini, descrizione e aspetti dinamici, PAT)

La Provincia di Trento ha laboriosamente catalogato le tipologie forestali analizzando e osservando il territorio, definendo delle tipologie forestali che talvolta accorpano anche più specie le quali sistematicamente crescono nella stessa zona. Segue un estratto del documento redatto dalla Provincia, di dominio pubblico, atto a identificare e raggruppare le sole tipologie presenti nella Valle di interesse a questa tesi.

Peccete Subalpina, secondaria o sostitutiva

Sono formazioni forestali dominate prevalentemente dall'abete rosso o "picea excelsa", spesso accompagnato da larice, pino cembro e silvestre. La composizione, seppur dominata dall'abete rosso, può formare foreste miste con abieteti e faggete. Se presenti larice e pino silvestre, più comune ad alta quota, la pecceta può considerarsi immatura

Il peccio può entrare in competizione con altre specie; con il pino silvestre agisce come pioniere in ambienti secchi e rocciosi, con il pino cembro rappresenta una pecceta stabile e matura mentre con l'abete bianco se in ambienti freschi e montani risultano essere in competizione tra loro, in aree meso esalpiche e aride tende a competere con il faggio.

La distribuzione della pecceta prevale in zone altimontane mesalpiche ed endalpiche.

Ecologicamente risulta essere molto resistente alle basse temperature seppur sensibile alle gelate tardive. In climi suboceanici e caldi la crescita è limitata, producendo un legno di scarsa qualità. Richiede una

certa umidità durante il periodo vegetativo e, tipicamente, ha una lenta crescita in gioventù accelerando in età adulta.

Lariceto

I lariceti, formati prevalentemente da larice (*Larix decidua*) e pino cembro (*Pinus cembra*) si trovano prevalentemente ad alte quote, nonostante la loro presenza a metrature inferiori non è improbabile.

Il larice è una specie eliofile, predilige quindi siti ben esposti, caratterizzati da inverni asciutti, freddi e nevosi adattandosi a qualsiasi tipologia di terreno purché questo sia ben drenante. Presenta un'abilità a colonizzare suoli spogli. Per tale motivo raggiunge alte quote su terreni di ghiaia e rocciosi, dove forma principalmente boschi, o lo si trova isolato. Negli ecotoni tra il lariceto e le praterie alpine si possono trovare individui isolati.

Il larice, spingendosi a elevate quote, si associa spesso all'abete rosso (*Picea abies*) e con il pino cembro, soprattutto nelle Alpi Orientali. Queste tipologie di formazioni sono presenti e comuni in tutte le Alpi Italiane.

Faggete

Tipologia dominata dal faggio (*Fagus Sylvatica*) è un complesso di vegetazione stabile e uniforme. Le più interessanti sottospecie da citare sono la faggeta silicicola: caratterizzata da un corredo floristico povero, spesso accompagnate da peccio, larice, abete e solo raramente da pino silvestre. Spesso sono localizzate su pendici medio esposte in aree meso esalpiche. La sottospecie di faggeta tipica a dentarie è spesso presente su pendici fresche, si esprime con consorzi di elevata statura prevalentemente puri o con la presenza di peccio, abete bianco subordinati a chiome dense e sottobosco scarso.

Il faggio è una specie mesofila e sciafila che predilige suoli fertili e ben drenanti, ma con abilità a adattarsi anche a suoli in parte pietrosi.

Formazioni transitorie

Queste formazioni sono caratterizzate da varie specie e tipologie: robinieti, frassinieti, ontaneti di invasione, pinete di pino nero, peccete o lariceti sostitutivi e le mughete da pascolo. Molto diffuse in trentino sono i corileti (nocciolo) i betuleti e altre formazioni di specie a portamento arbustivo e/o alloctono.

I corileti, di tipo infestante, ricolonizzano i prati da pascolo abbandonati presentando un'espansione estremamente rapida, contribuendo al miglioramento del suolo. Predilige i versanti a sud, ma avendo una buona predisposizione e resistenza al freddo si possono trovare anche su versanti a nord, soprattutto in ambiente esalpico.

Le così catalogate "Altre formazioni transitorie" presentano una struttura arbustiva, frammentata e a carattere effimero, tra questi si trovano i betuleti. Specie frugale, pioniera e consolidatrice soprattutto

nei terreni denudati, si sviluppa prevalentemente in suoli acidi, zone precedentemente agropastorali o percorse da incendi, in suoli poveri, degradati e con possibili orizzonti destrutturati. La betulla è una specie eliofila e igrofila che talora forma boschi puri, talora a presenza sporadica o in piccoli gruppi.

Pineta

In questa tipologia, sotto la quale si intende il pino silvestre e il pino nero. La prima categoria, pinete di pino silvestre, sono formazioni domante principalmente, come suggerisce il nome, da pino silvestre (*pinus sylvestris*), con possibili specie subordinate. Quando le specie subordinate coprono almeno una percentuale del bosco compresa tra il 30-40% si usa la denominazione "pineta su ..." indicando di seguito la tipologia forestale presente (per esempio "pineta su faggeta").

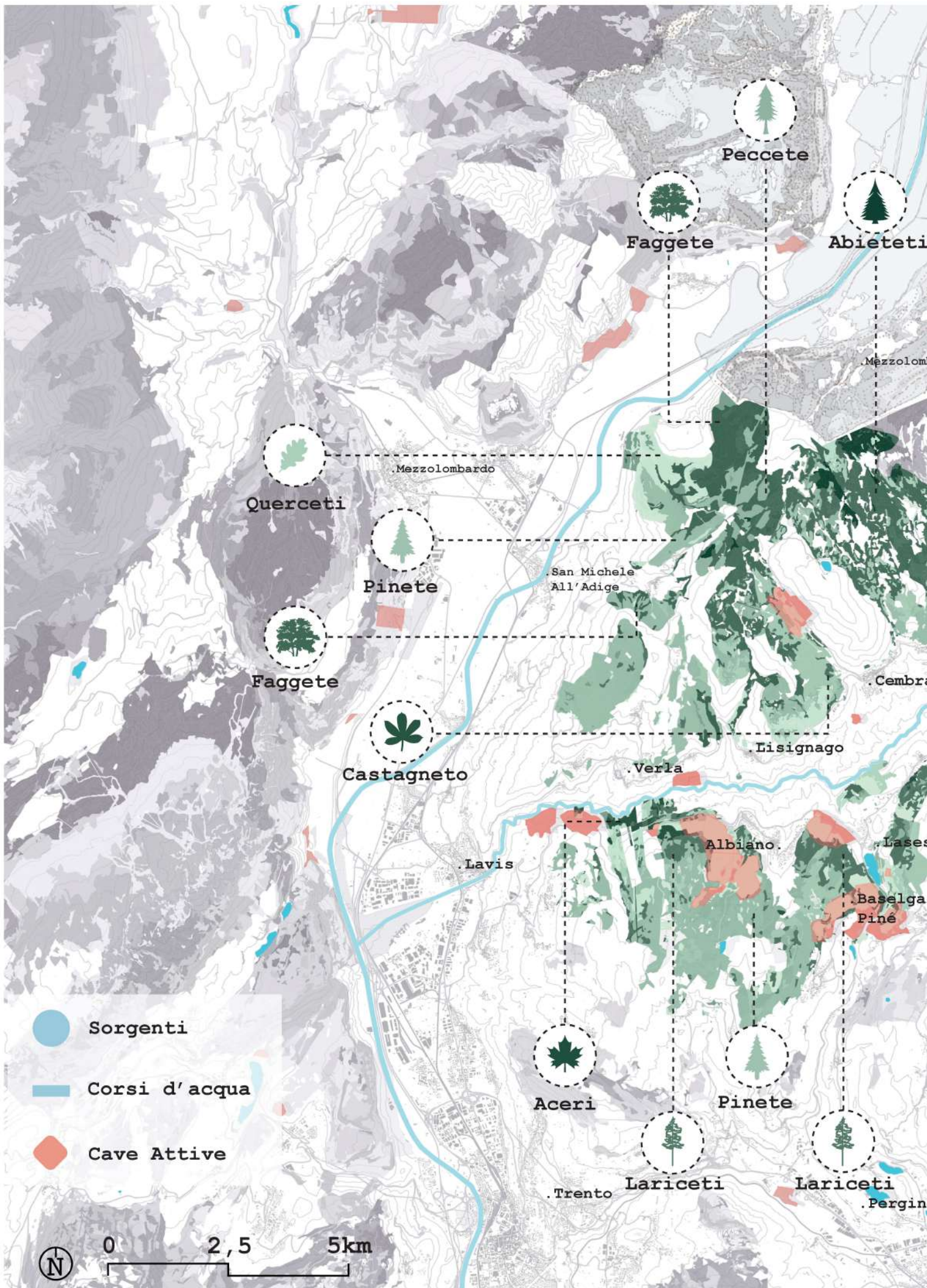
La seconda categoria invece definisce le pinete con predominanza di pino nero. Se presenti con pino silvestre si indicano come "varianti con pino nero" se invece il pino nero rappresenta la dominanza allora si usa la nomenclatura "pineta di pino nero su...", esattamente come sopra mostrato.

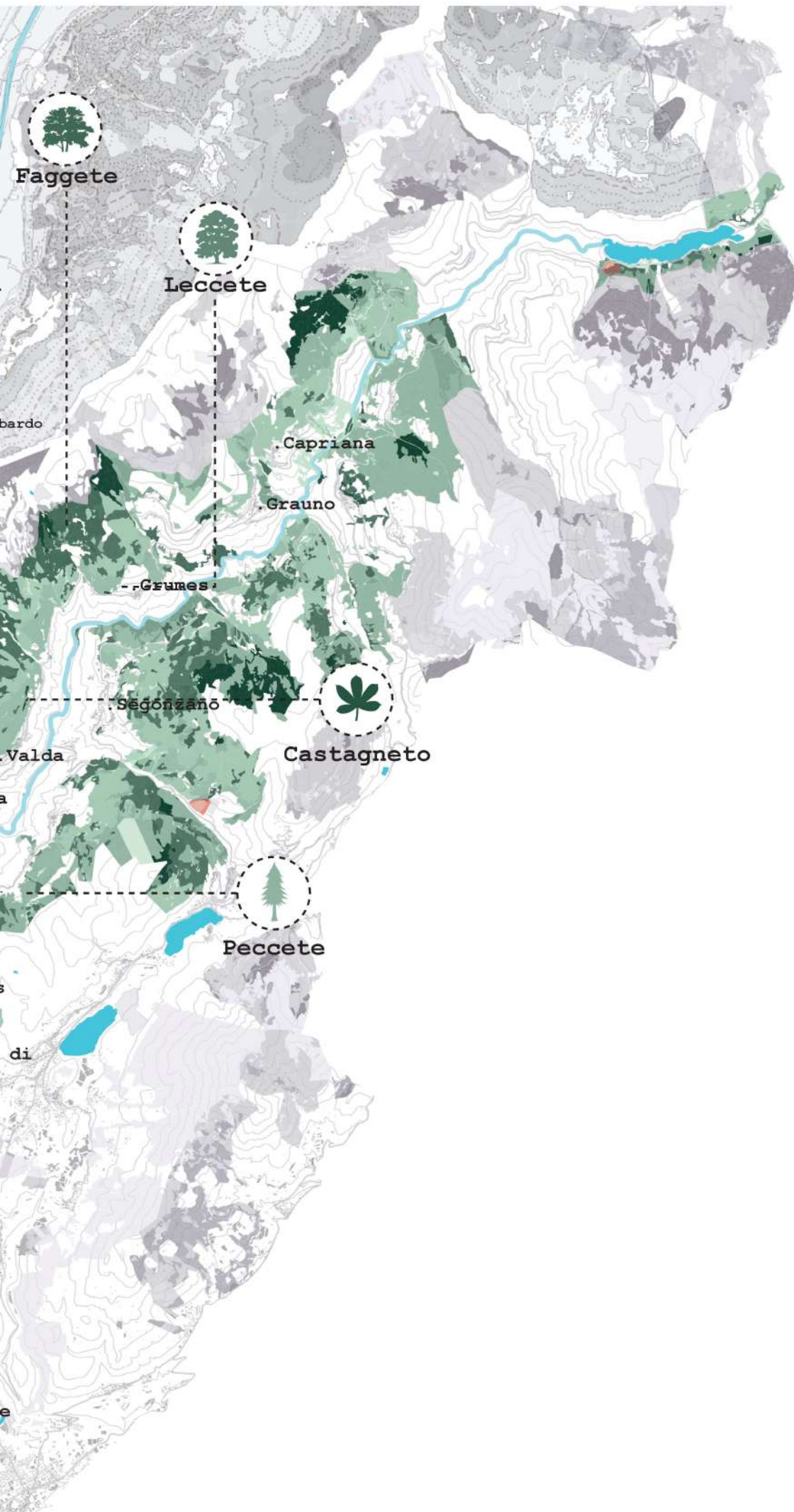
L'interazione con altre tipologie forestali sono abbastanza frequente, ne fanno esclusione le tipologie di vegetazione altamente ipsofile a carattere subalpino. Si osservano contatti con mughete, formazioni xerofile e igrofile e, talvolta, con formazioni mesofile.

Sono presenti in ambienti variabili da quelli collinari a quelle montane, con preferenza per terreni aridi o instabili. Essendo una specie pioniera si stabiliscono dove le altre tipologie risultano essere meno competitive, quindi in zone con terreni degradati o gestiti antropicamente.

Presentano un ruolo transitorio e preparatorio a formazioni forestali più evolute, evolvendo in ambienti fertivi verso latifoglie termofile, faggete o peccete. In particolare le pinete di pino nero, a causa delle loro caratteristiche pionieristiche, si trovano in ambienti esalpici umidi.

fonti: M. Odasso, M. Miori, C. Gandolfo, I tipi forestali del Trentino, Descrizione e aspetti dinamici, 2018 Alcione Lavis (TN)





Infrastrutture e flussi di percorrenza

A livello infrastrutturale, considerando principalmente le strade e le vie principali che collegano la Val di Cembra, ciò che emerge maggiormente è una netta divisione tra i due versanti della valle.

Le due arterie principali sono per l'appunto la strada statale 612, la quale percorre tutta la vallata destra del torrente Avisio da Lavis fino a Cavalese passando per l'abitato di Cembra. La seconda arteria invece è la strada provinciale 76 che partendo da Gardolo giunge fino a Lases per poi proseguire con la strada provinciale 71 fino ad arrivare anch'essa a Cavalese, il tutto percorrendo il versante sinistro della valle.

Queste due vie principali sono connesse tra loro solo un punto, il ponte dell'Amicizia. Emerge quindi un'impossibilità di poter attraversa la valle, in particolar modo tramite mezzi a motore. Parlando invece di mobilità lenta la situazione cambia in quanto sono presenti all'interno della valle delle passeggiate in campagna che permettono l'accesso al fondo valle e la risalita sul versante opposto. Nonostante ciò, rimane un'enorme debolezza nell'assetto territoriale: l'impossibilità di potersi spostare da un versante all'altro e la difficoltà, dovuta in parte anche dalla morfologia chiusa, di poter accedere alle sponde del torrente Avisio.

Va inoltre sottolineato come le strade sopracitate e di conseguenza il territorio stesso, diventi un sistema di passaggio. Fatta esclusione,

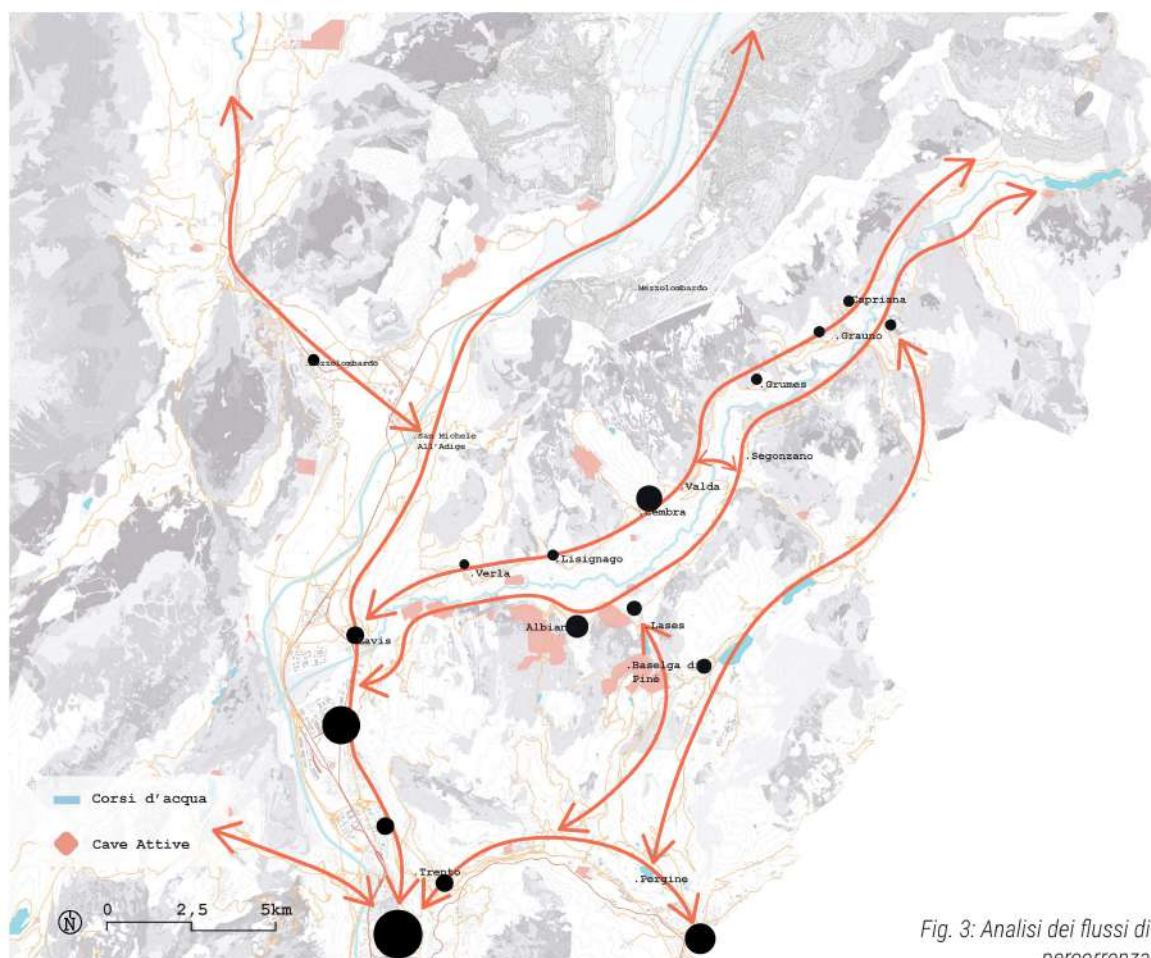


Fig. 3: Analisi dei flussi di percorrenza

nonostante la sua importanza, il traffico dato dal trasporto del porfido che caratterizza in particolar modo il versante destra, essa è principalmente una valle di passaggio. La maggior parte dei turisti hanno come destinazione la val di Fiemme e le vallate che seguono, rendendo quella di Cembra una sosta momentanea. Osservando per l'appunto la maggior parte dei turisti che frequentano i laghi locali sono principalmente abitanti della comunità, con qualche sporadico caso di turista forestiero.

È doveroso notare e sottolineare come la via più veloce e scorrevole per raggiungere la val di Fiemme e l'abitato di Cavalese, prendendo come punto di partenza Trento, sia quella di arrivare con l'autostrada A22 fino all'uscita di Ora (BZ) per poi proseguire sulla strada statale 48. Ciò influisce maggiormente a sviare il traffico dalle strade locali.

A pochi chilometri sono presenti gli accessi all'autostrada, in particolare al casello di Trento nord e San Michele all'Adige alle stazioni ferroviarie secondarie quali quella di Lavis e Mezzolombardo.

Per quanto riguarda la mobilità lenta è ad ora presente un progetto non realizzato con l'intento di creare un percorso ciclabile ad anello che percorre l'intera valle, su entrambe le sponde, da Lavis fino a Cavalese. Purtroppo, ad oggi questo progetto non è ancora stato realizzato.

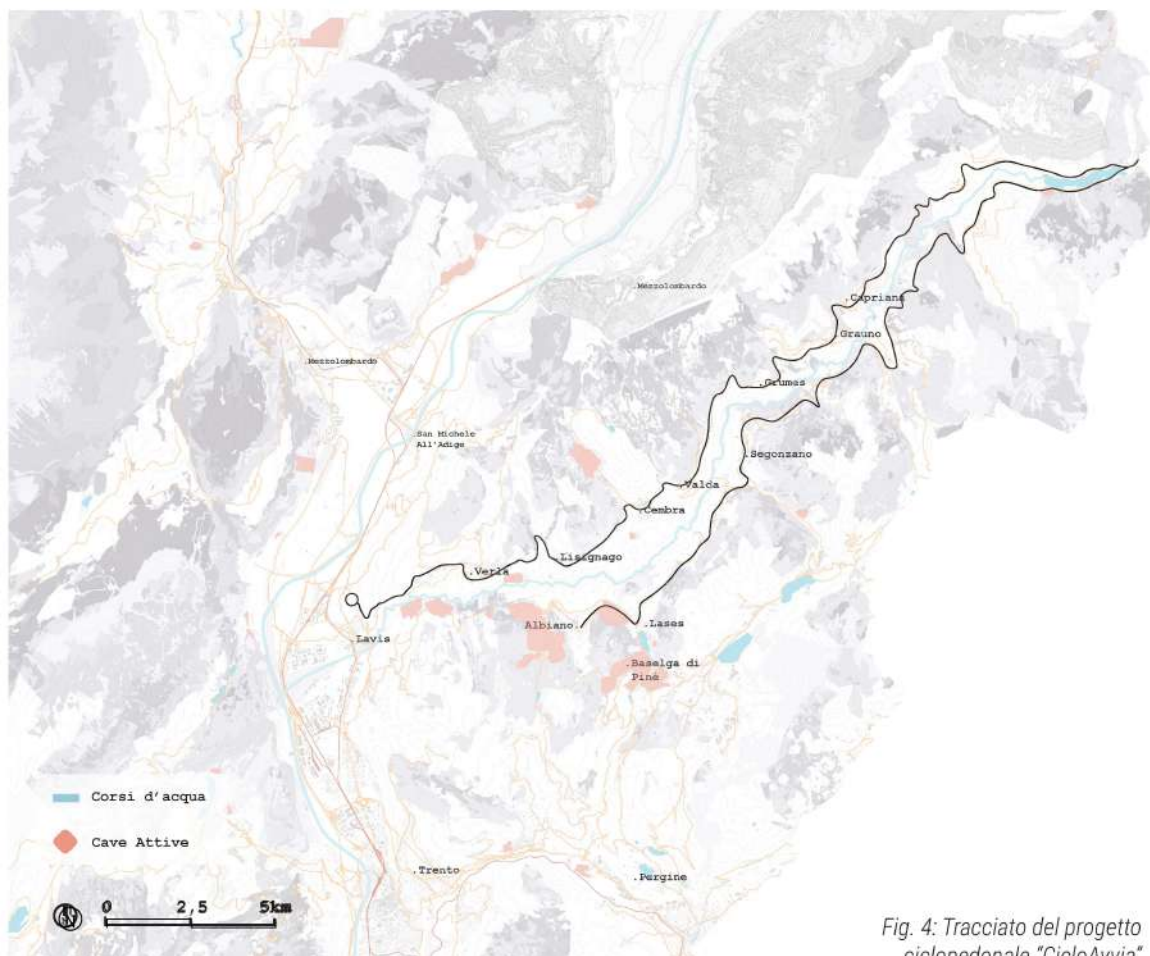
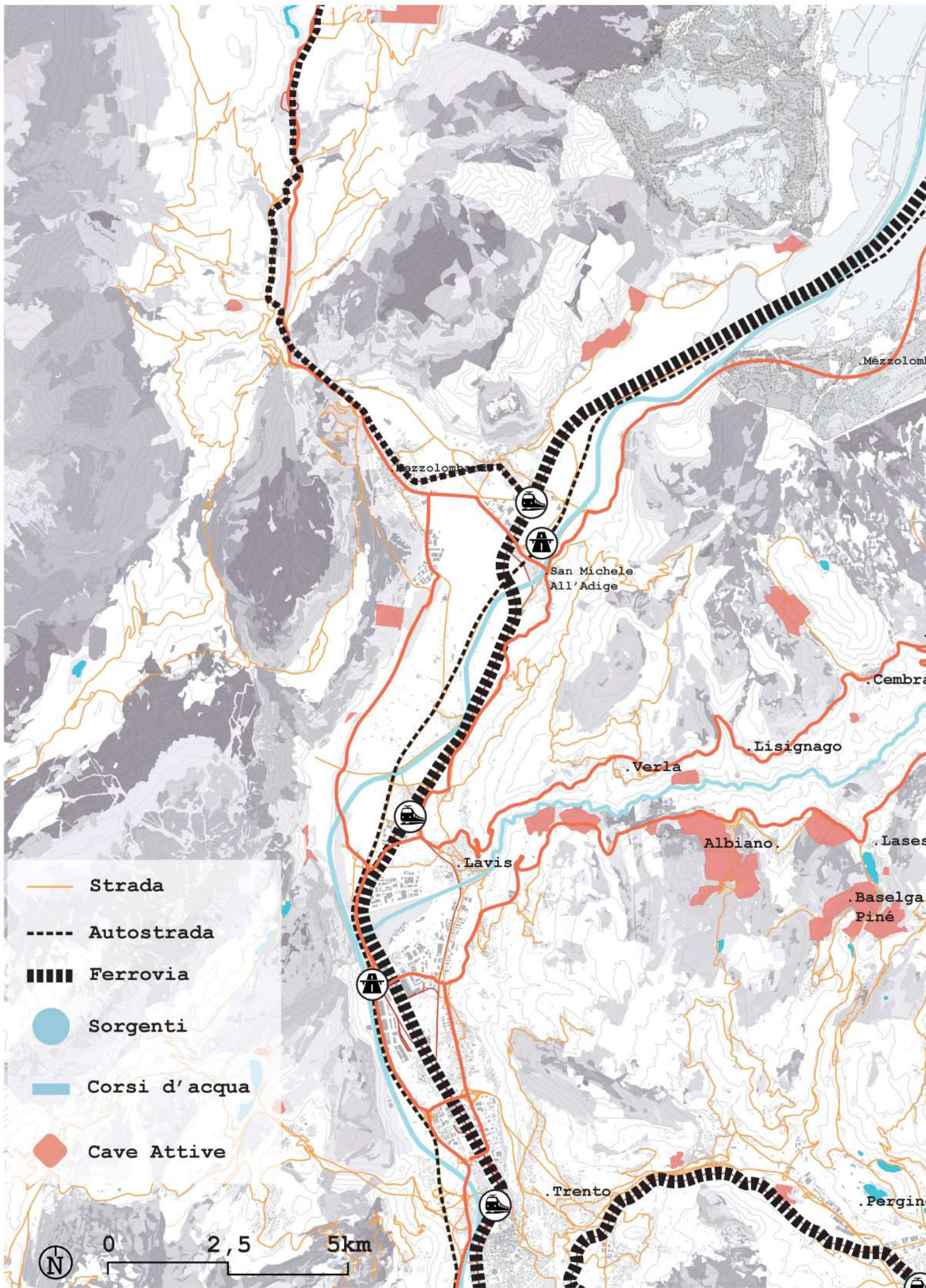


Fig. 4: Tracciato del progetto ciclopedonale "CicloAvvia"





Patrimonio culturale

L'architettura sacra ha un ruolo importante all'interno dell'assetto territoriale ed ancora più urbano. In tutti gli abitati sono presenti edifici di culto.

Solo nel paese di Cembra si contano tre edifici, tra cui la chiesa di San Pietro una delle più antiche. La prima edificazione risale al v-vi secolo con varie espansioni avvenute a metà del 1200.

La più tardiva chiesa di Santa Maria Assunta, risalente al 942, prima di stile romanico e poi ampliata seguendo uno stile gotico è invece il centro di culto del paese.

Nel vicino abitato di Lisignago è presente una chiesetta immersa nel verde, su un piccolo promontorio fuori paese immerso tra le campagne e il bosco a ridosso del torrente Avisio. La Chiesa che domina il paesaggio della valle sorge probabilmente su un sito fortificato militare. La chiesa di San Giorgio a palù di Giovo, anch'essa originaria del 1200 circa, è un'altra rappresentanza del patrimonio culturale e del legame tra la popolazione e la religione che nel passato ha contribuito a modificare e sviluppare il paesaggio locale. Elemento caratterizzante che accomuna queste architetture è il materiale lapideo con le quali sono costituite. Il porfido emerge anche in questo contesto, ancora lontano dalla definizione di "porfido trentino" ed elemento decorativo che tuttora viene estratto e

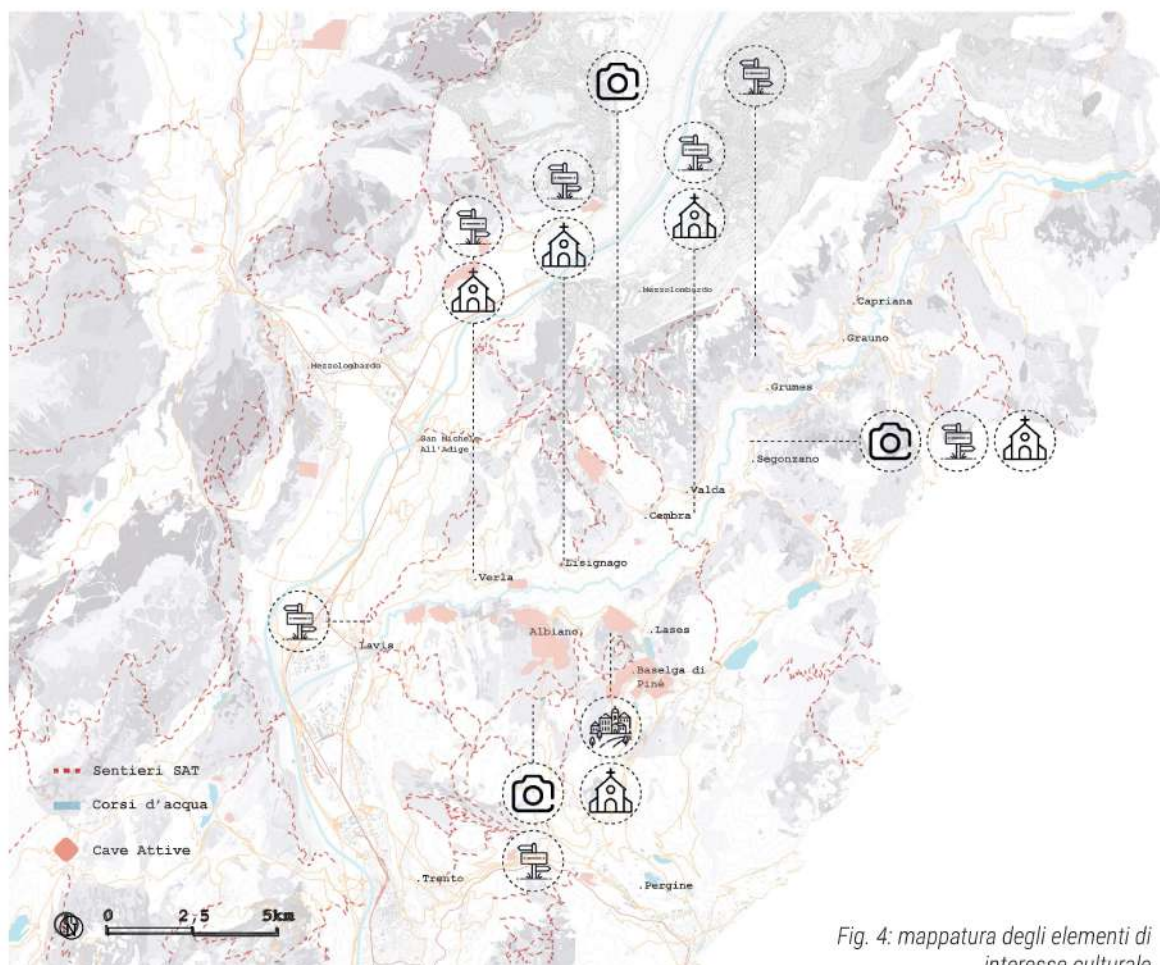


Fig. 4: mappatura degli elementi di interesse culturale

venduto in tutta Europa e non solo, ma come materiale da costruzione che conferisce questo particolare colore orato-rosso a tali architetture.

I vigneti che immergono i paesi della val di cembra presentano degli elementi architettonici-paesaggistici di rilevante importanza, non solo nel territorio cembrano ma in tutta la provincia; i muretti a secco. Inseriti nella lista degli elementi immateriali dichiarati Patrimonio dell'umanità in quanto rappresentano "una relazione armoniosa fra uomo e natura" (FAI). Gli scorci dei vitigni che dominano il territorio sono contornati da innumerevoli e perfettamente irregolari muri a secco composti da pietrame di porfido. Un'altra volta emerge questo prezioso materiale e nuovamente affiora questo intricato rapporto tra la popolazione cembrana e il porfido stesso. Un rapporto che nasce e si radica centenni prima dell'avvento dell'industria produttiva.

All'interno di questo paesaggio che si è delineato col decorrere dei decenni non possono essere citati i sentieri montani. Segni del passaggio dell'uomo che contengono un intrinseco racconto del passato. Una volta utilizzati come mezzo di connessione tra i vari paesi, ora sono divenuti percorsi fruibili da turisti e abitanti locali per esplorare i luoghi più interni e naturali della valle

Fig. 5 e 6 a sinistra: affresco ed esterni della chiesa quattrocentesca di San Leonardo a Lisignago

Fig. 7 e 8 a destra: interni in stile gotico della chiesa di San Pietro a Cembra

fonte: www.visitfiemme.it



Le cave di porfido

La prima grande cava, così come emerge dal capitolo introduttivo di questa tesi, è quella di Camparta composta da due grandi cave di dimensioni molto importanti e tre cave più piccole, una delle quali dismessa e rinaturalizzata.

Vicino all'abitato di Mosana una piccola cava, quasi nascosta, è stata recuperata e virata la sua destinazione d'uso a lavorazione e stoccaggio materiali.

A sud dell'abitato di Albiano, in direzione Lago di Santa Colomba, è presente il complesso di cave più grandi di tutta la valle. Impossibile non notarlo, è un insieme di vie sterrate fra i gradoni delle cave.

Vicino al lago di Lases, sul monte Gorsa, è presente un'altra grande cava attiva. Interessante è studiare le cave che circondano questo lago. Sul versante ad nord-est erano presenti svariate cave, la maggior parte delle quali sono state rinaturalizzate a bosco. Sul versante ovest è stata compiuta forse l'azione più importante di recupero e rinaturalizzazione con la creazione di un percorso pedonale e ciclabile. Il movente di questa operazione è dovuto principalmente alle problematiche legate all'azione dello scavo che hanno portato a dissesti tali da mettere in discussione la sicurezza dell'intero versante della montagna; mettendo così a rischio la sicurezza dei lavoratori e degli abitanti del paese di Lases in quanto si temesse uno smottamento del terreno scivolando direttamente nel lago. Ad ora la cava viene sorvegliata dal servizio geologico della Provincia (<https://www.provincia.tn.it/Documenti-e-dati/Documenti-di-supporto/Frana-Lases>)

A sud del monte Gorsa è presente l'impianto San Mauro. Anche esso rappresenta uno dei centri focali della produzione di porfido della Valle. Risulta questo essere particolarmente interessante in quanto risulta racchiuso in una valle molto stretta, fruibile semplicemente per il passaggio in quanto è collegamento tra la Val di cembra e la Valsugana. Sotto un'analisi paesaggistica risulta quasi essere un complesso di cave nascosto all'occhio del passante, nonostante la sua importante dimensione

Le cave finora presentate ed analizzate sono tutte sul versante sinistro della valle. Il versante destro invece, essendo maggiormente dedicato alla produzione vinicola è servito da un unico grande complesso di cave, le cave di Val scorzai. Curioso è il loro posizionamento geografico. Esse sono relativamente addentrate nel bosco e, per l'appunto nella valle secondaria generata dal rio Scorzai, ma allo stesso tempo diventa impossibile non notarle in quanto la strada provinciale che porta al lago santo e ai sentieri montani nei dintorni attraversa e taglia perfettamente a metà il sito delle cave.



Fig X: Veduta sulla cava di Albiano, da sopralluogo eseguito in data 13/12/2022



Fig X: Veduta sulle cave del monte Gorsa, da sopralluogo eseguito in data 26/10/2023

I materiali di scarto

Il tema dei materiali di scarto e gli inerti derivanti dal porfido rappresentavano una gran problematica. In Trentino ed in particolare nella Val di Cembra il volume di scarti dovuti dalla produzione di porfido ammonta a 1.500.000 m³/anno a fronte di una produzione di prodotti commerciali lapidei di circa 450.000 m³/anno¹.

Evidente quanto sia importante il quantitativo di inerti e scarti derivanti dalla produzione del porfido. In tal senso sono state studiate e valutate varie metodologie per re-introdurre nella filiera produttiva questi materiali in modo tale da non definirli più "rifiuti", ma bensì nuovi prodotti sfruttabili. Tra le proposte favorite si ha lo sfruttamento dei misti granulari dalla dimensione variabile tra i 53.5mm e i 63mm (secondo la norma UNI EN 13450/2003) per il riempimento di rilevati, pietrischi per ballast ferroviario²; e l'impiego come aggregati per calcestruzzi³, presentando una dimensione dei ciottoli compresa tra i 4mm e i 31.5mm (secondo le UNI EN 12620/2003)

Ad oggi ci si è mossi in una direzione di riciclo di questi materiali, come sopra descritto, ma in passato non è sempre stato così. Nel primo capitolo è stato introdotto il tema dello scarto attraverso la presenza di enormi colate detritiche su di alcuni versanti della valle. Ignorando i potenziali pericoli di dissesti derivanti da questa pratica fortunatamente andata in disuso, ci si concentra maggiormente sull'impatto paesaggistico. Questi elementi rappresentano una vera e propria distesa desertica; i ciottoli di scarto, di medie-grandi dimensione, non permettono il mantenimento dell'acqua all'interno del terreno e non presentando un substrato fertile creano una zona a bassa proliferazione arborea.

Questi luoghi diventano quindi dei segni indiretti delle cave, segni che il tempo fa fatica a cancellare e che il bosco con difficoltà riesce a dominare, con gravi ripercussioni sugli ecosistemi boschivi locali.

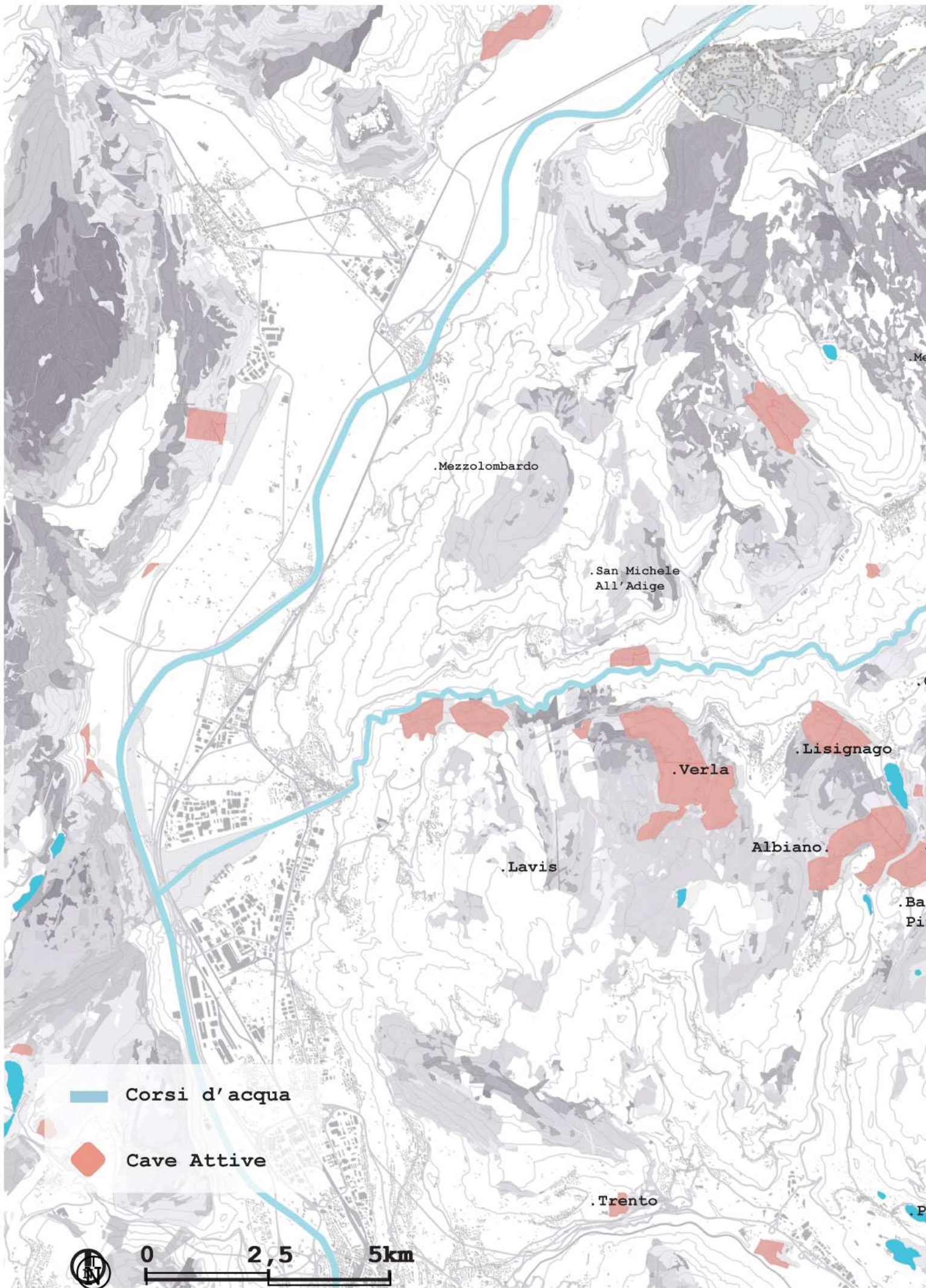
1-2-3: Dino G.A., Fornaro M. 2005, L'utilizzo integrale delle risorse lapidee negli aspetti estrattivi, di lavorazione e di recupero ambientale dei siti, Giornale di Geologia Applicata 2

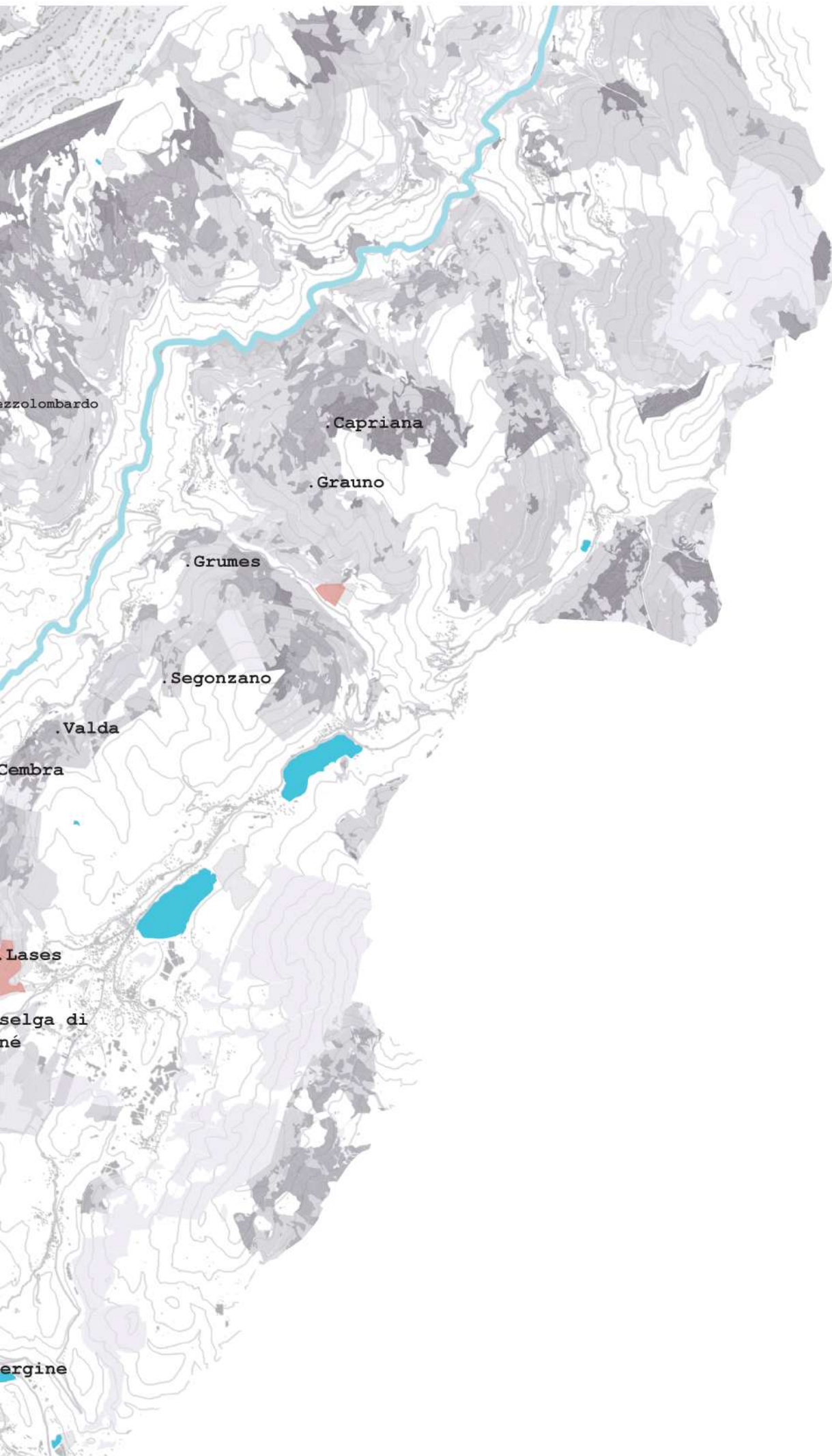


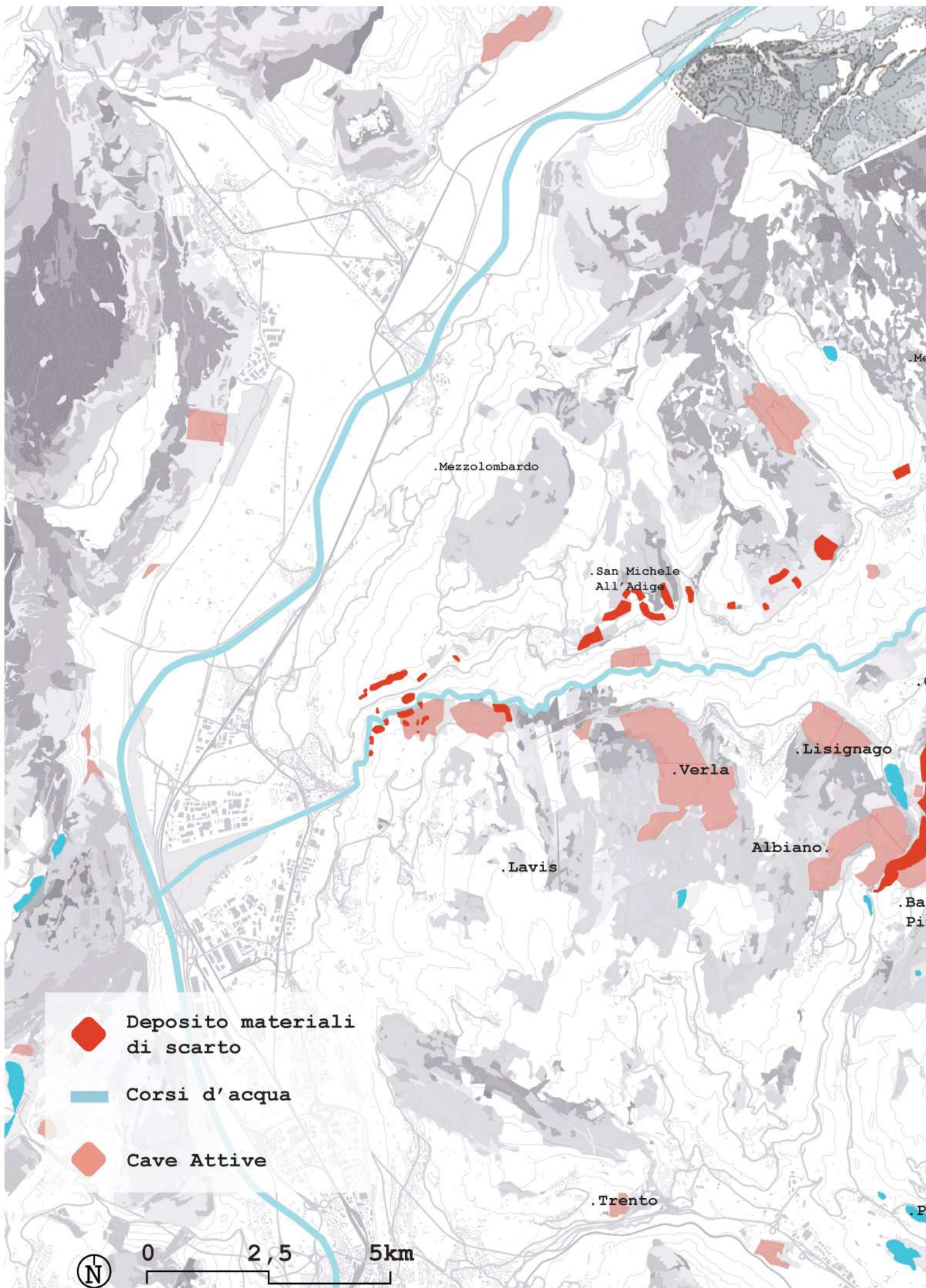
Fig X: Distesa detritica in località San Mauro, da sopralluogo eseguito in data 5/10/2023

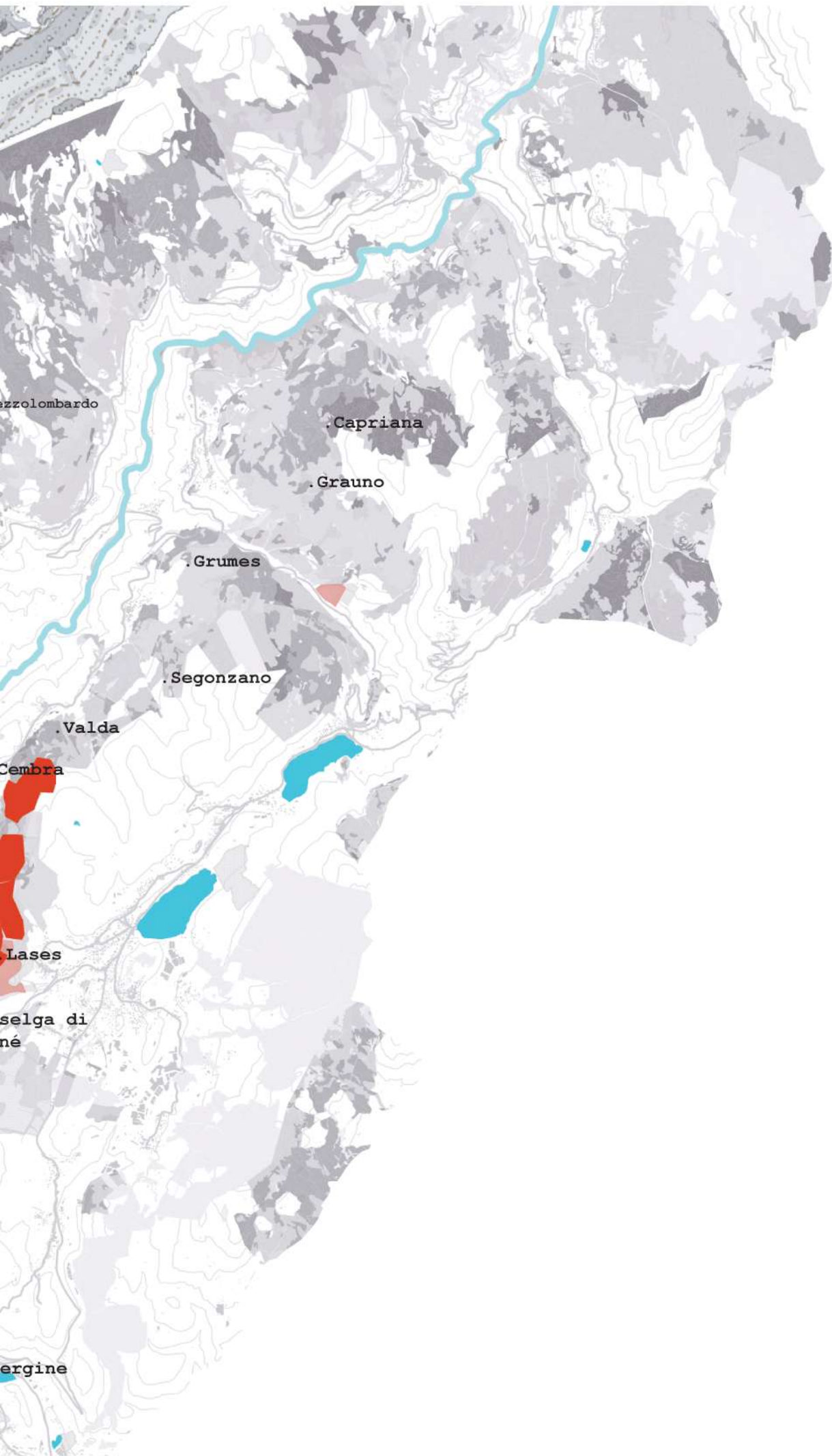


Fig X: Distesa detritica in località Cembra-Lisignago, da sopralluogo eseguito in data 26/10/2023









2.3 *I paesaggi della val di cembra*

Tutti gli elementi che sono stati analizzati nei paragrafi e nelle tavole precedenti convergono in quelli che possono essere identificati come differenti tipologie di paesaggio.

Il primo paesaggio identificato è il *paesaggio dell'acqua*. Sotto questo termine si vogliono racchiudere tutti quelli elementi che hanno come soggetto principale l'acqua stessa. Elementi cardine di tutta la valle sono i laghi montani e il torrente Avisio. In particolare, quest'ultimo rappresenta una risorsa ed un ambiente che viene solo in parte sfruttato. In secondo luogo, invece sono presenti tutti i torrenti affluenti dell'Avisio e le sorgenti disseminate nell'intera vallata. Si identifica quindi un paesaggio fortemente naturale.

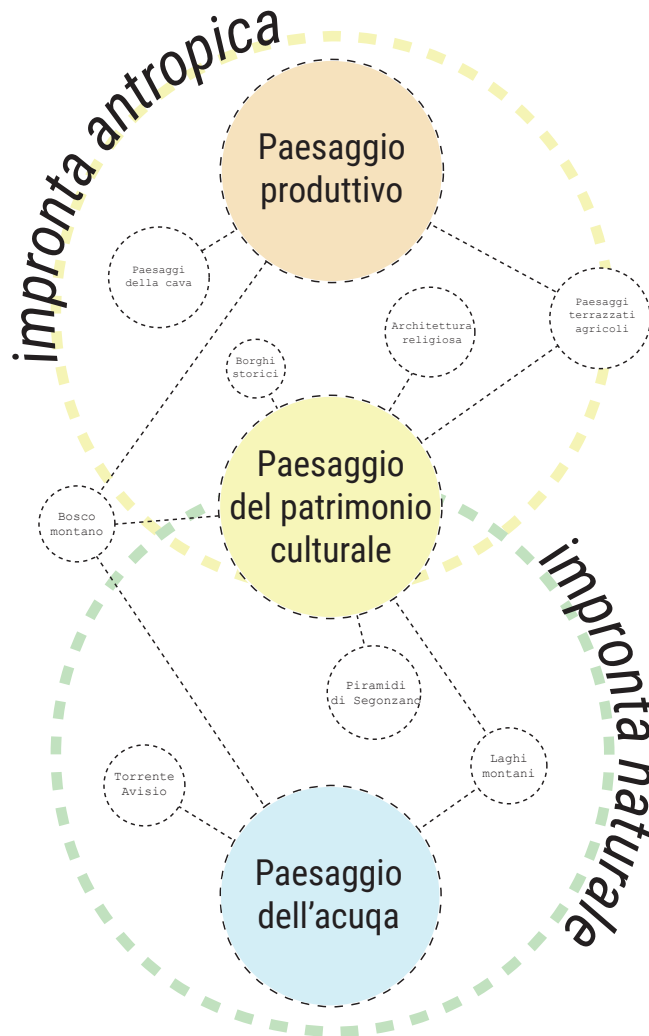
Il secondo paesaggio individuato è il paesaggio del patrimonio culturale. Paesaggio legato alla presenza e insediamento dell'uomo. Ne fanno quindi parte tutti gli abitati, con particolare nota ai suggestivi centri storici, la presenza di varie architetture religiosi dalle origini molto antiche. Includendo le malghe e i rifugi montani, motivo di turismo e attrattività locale.

Quello invece più evidente e maggiormente interessante è il paesaggio produttivo. Termine che viene naturale assegnare a questo paesaggio, il quale sottende due elementi: i terrazzamenti agricoli e le cave. Come già mostrato nelle analisi di questa tesi l'agricoltura gioca un ruolo predominante sia a livello economico sia sociale, da qui per l'appunto si è voluta porre attenzione a questo paesaggio che modifica e modella la valle stessa. Dall'altro lato si presenta l'elemento della cava. Anche quest'elemento è estremamente rappresentativo dell'economia locale e in maniera molto più impattante come ha modellato e modificato fisicamente il territorio, fissando per sempre dei segni che, nonostante la volontà talvolta di nasconderli, riescono ad emergere. Si vuole ribadire la percezione che a livello paesaggistico questi due elementi hanno. L'aura benefica e la serenità che i campi di vite trasmettono, contrapposti al disprezzo verso la cava. Certo va ricordato come il lavoro d'estrazione presenta delle problematiche ambientali molto più evidenti rispetto all'agricoltura, ma viene doveroso sottolineare che la conversione di boschi e prati a campi di vite non rappresenta un'azione impattante rispetto allo scavo ed estrazione del porfido, se si parla in termini di ecosistema entrambi – sia l'industria del porfido che della produzione di uva - risultano delle azioni che vanno ad alterare gli equilibri naturali. Certo a livello percettivo risulta essere più evidente l'impatto della cava, anche per il risultato che il processo di lavorazione riflette sulla salute dei lavoratori. Ne è un'importante esempio il quantitativo di polveri sottili che vengono innalzate nella lavorazione stessa che presenta anche una problematica legata alle condizioni di sicurezza dei lavoratori (non a caso, nonostante le condizioni di lavoro siano migliorati negli ultimi decenni, le vecchie generazioni hanno presentato gravi problemi legati all'apparato respiratorio, portando perfino molti operai alla morte), ma qui ci si addentra in un argomento che esula dalle tematiche trattate da questa tesi. Se però consideriamo il paesaggio della cava studiando principalmente i luoghi d'estrazione ad ora dismessi ed abbandonati,

questi non vengono valorizzati e sfruttati per ridarne vita.

Da questa importante contrapposizione nasce la volontà di studiare e pensare come questi luoghi possano diventare un'opportunità, una possibilità di redenzione anche e soprattutto a livello ecologico cercando di ristabilire un equilibrio naturale che l'uomo in maniera al quanto egoistica ha stravolto senza mai porsi il problema del poi e del dopo. Senza mai interrogarsi sul futuro di questi ecosistemi che vengono completamente distrutti. In tal modo si vuole ri-consegnare alla natura questi luoghi ricordando e commemorando la loro storicità e la loro vita atta all'industria che non vuole essere dimenticata. Si vuole quindi trasformare, cambiare, evolvere e migliorare questi luoghi senza nasconderli e senza vergognarsi di questi indelebili segni.

Schema della suddivisione in differenti tipologie di paesaggio: produttivo, patrimoni culturale e dell'acqua



2.4 *Catalogo dei luoghi d'estrazione*

Elaborazione dei dati

A seguito della raccolta di tutti i dati presentati nei capitoli precedenti, e della definizione dei principali paesaggi identificati nel territorio è stata eseguita una suddivisione basata sulla natura stessa del dato raccolto. Per ogni singolo macro-gruppo sono stati creati degli indici in funzione della sotto-categoria.

Vengono di seguito elencati i macro-gruppi e le relative sotto-categorie:

Le acque

- AQ_1: Torrente Avisio
- AQ_2: laghi
- AQ_3: sorgenti d'acqua

Le infrastrutture

- INF_1: presenza di strade provinciali e statali
- INF_2: presenza di sentieri montani
- INF_3: presenza di infrastrutture di servizio a scopo turistico quali alberghi, ristoranti
- INF_4: zone speciali di conservazione, biotopi, zone naturali di alto pregio

Le cave

- CAV_1: cava aperta e ad ora in fase di scavo (attiva)
- CAV_2: esaurita e recuperata atta a deposito materiali
- CAV_3: dismessa e recuperata tramite rinaturalizzazione
- CAV_4: dismessa e non recuperata

E le tipologie forestali

- FOR_1: abieteto (abieteto dei suoli fertili, abieteto silicicolo dei suoli acidi)
- FOR_2: faggeta (faggeta con carpino nero, faggeta silicicola aluzula o graminacee, faggeta tipica a dentarie)
- FOR_3: lariceto (lariceto secondario o sostitutivo, larici-cembreta)
- FOR_4: peccete secondaria
- FOR_5: peccete subalpina
- FOR_6: pineta (pineta con faggio o specie nobili, pineta con orniello, pineta tipica con abete rosso)
- FOR_7: castagneto e castagneto-robinieto

Sono quindi stati interpolati questi dati, in funzione anche della locazione geografica delle singole cave o dei complessi di cave presenti sul territorio.

Come risultato di questo processo di elaborazione dei dati sono state individuate otto schede, ciascuna delle quale va ad identificare un

potenziale luogo d'intervento

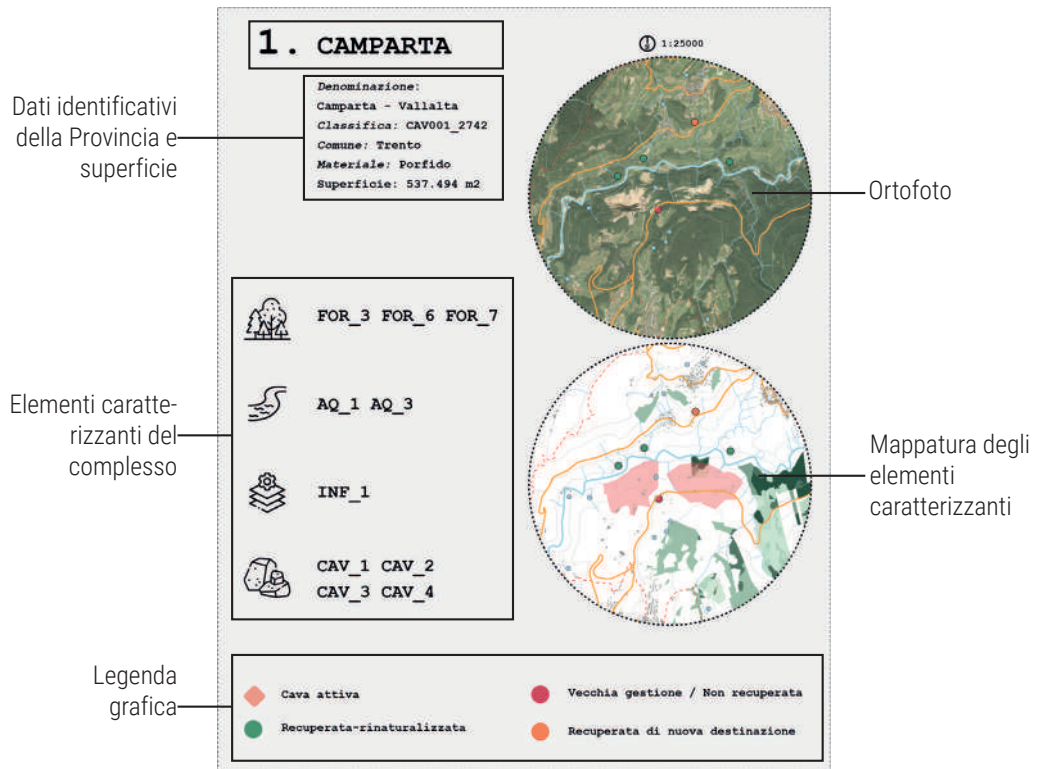
Sono di seguito riportate le schede, le quali risultano molto semplici. Nella parte superiore viene indicato il nome del complesso, spesso derivato dalla località, e i dati di superficie nonché quelle informazioni necessarie all'identificazione secondo i criteri Provinciali. Sulla destra viene riportata sia l'ortofoto che una mappatura grafica degli elementi caratterizzanti del complesso di cave e la sua legenda. Sulla sinistra

Rappresentazione delle otto schede delle cave

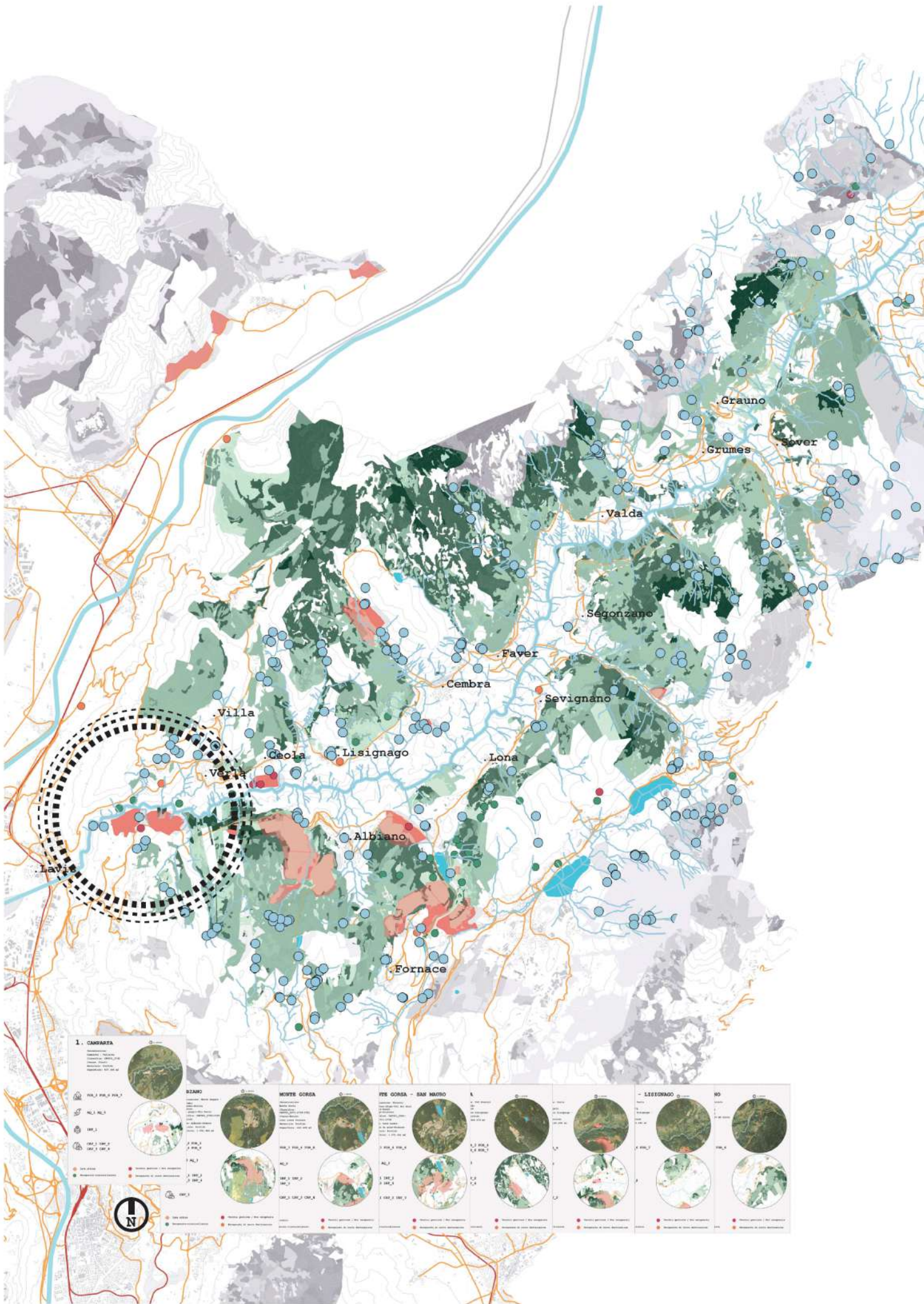


vengono invece indicate le sigle degli elementi caratterizzanti espliciti nelle pagine precedenti

Viene di seguito riportato una delle 8 schede a puro scopo illustrativo, in modo da poter rendere chiaro l'impostazione grafica e di conseguenza, seppur esse siano molto semplici, la lettura delle schede stesse.



Schema di lettura della scheda



1. CANSARTE

- PIA_1, PIA_2, PIA_3
 - AL_1, AL_2
 - SP_1
 - OM_1, OM_2, OM_3, OM_4

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

BIANO

- PIA_1, PIA_2, PIA_3
 - AL_1, AL_2
 - SP_1, SP_2
 - OM_1, OM_2, OM_3, OM_4

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

MONTE CORSA

- PIA_1, PIA_2, PIA_3
 - AL_1, AL_2
 - SP_1, SP_2
 - OM_1, OM_2, OM_3, OM_4

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

PES GORSA - SAN MAURO

- PIA_1, PIA_2, PIA_3
 - AL_1, AL_2
 - SP_1, SP_2
 - OM_1, OM_2, OM_3, OM_4

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

LA

- PIA_1, PIA_2, PIA_3
 - AL_1, AL_2
 - SP_1, SP_2
 - OM_1, OM_2, OM_3, OM_4

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

LA

- PIA_1, PIA_2, PIA_3
 - AL_1, AL_2
 - SP_1, SP_2
 - OM_1, OM_2, OM_3, OM_4

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

LA

- PIA_1, PIA_2, PIA_3
 - AL_1, AL_2
 - SP_1, SP_2
 - OM_1, OM_2, OM_3, OM_4

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

LISIGNAGO

- PIA_1, PIA_2, PIA_3
 - AL_1, AL_2
 - SP_1, SP_2
 - OM_1, OM_2, OM_3, OM_4

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

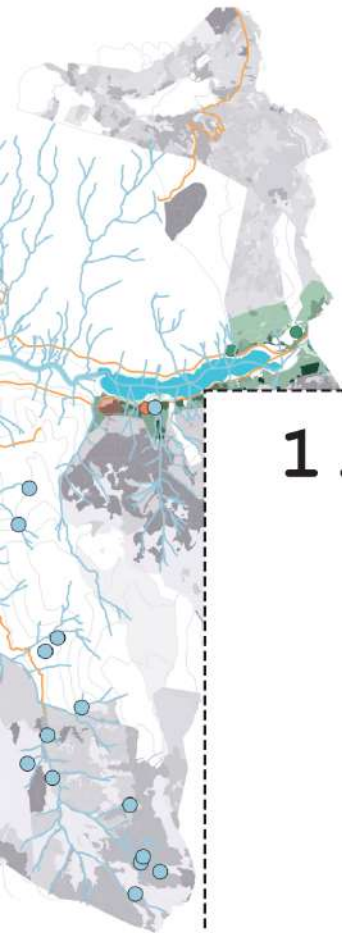
NO

- PIA_1, PIA_2, PIA_3
 - AL_1, AL_2
 - SP_1, SP_2
 - OM_1, OM_2, OM_3, OM_4

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)

● PIA (PIA)
 ● AL (AL)
 ● SP (SP)
 ● OM (OM)





1. CAMPARTA

Denominazione:
Camparta - Vallalta
Classifica: CAV001_2742
Comune: Trento
Materiale: Porfido
Superficie: 537.494 m2

1:25000



FOR_3 FOR_6 FOR_7



AQ_1 AQ_3



INF_1



CAV_1 CAV_2
CAV_3 CAV_4



Cava attiva



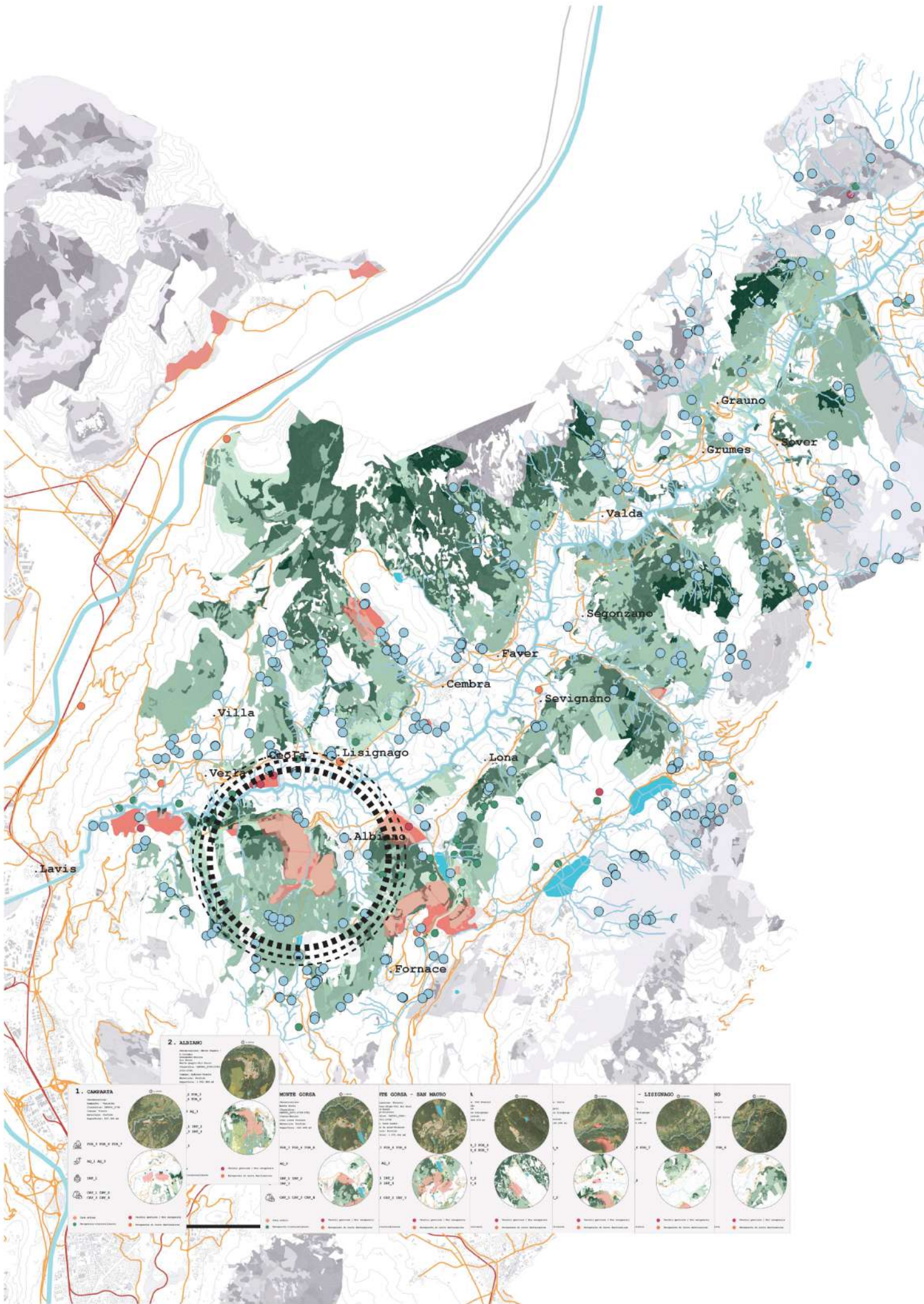
Vecchia gestione / Non recuperata



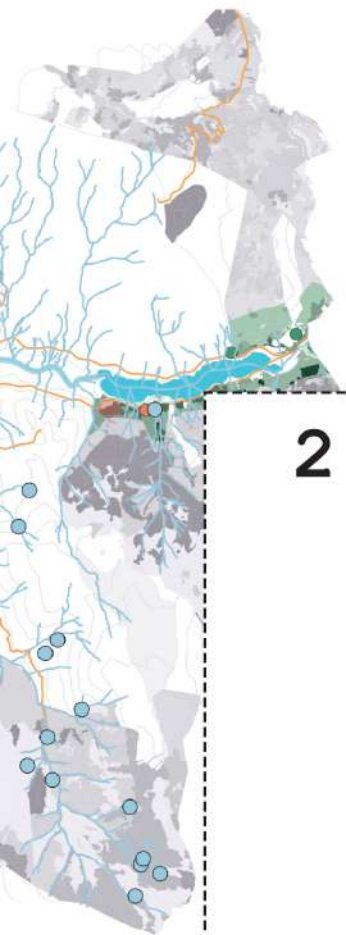
Recuperata-rinaturalizzata



Recuperata di nuova destinazione

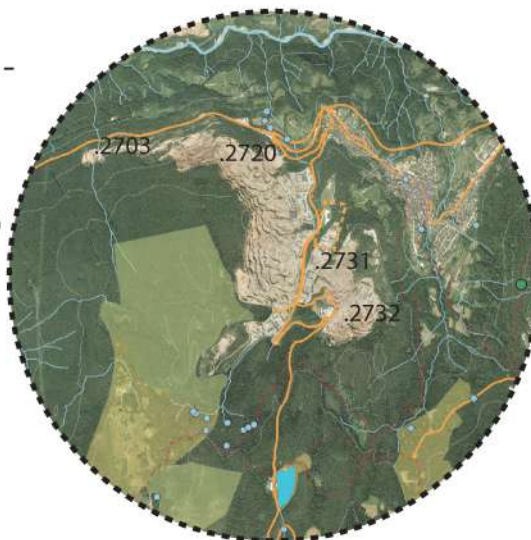


| 1. CAMBIATA | | 2. ALBIANO | | MONTE CORSA | | PES CORSA - SAN MAURO | | LISTONAGO | | NO | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------|--|----|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1.1.1 1.1.2 1.1.3 1.1.4 1.1.5 1.1.6 1.1.7 1.1.8 1.1.9 1.1.10 1.1.11 1.1.12 1.1.13 1.1.14 1.1.15 1.1.16 1.1.17 1.1.18 1.1.19 1.1.20 1.1.21 1.1.22 1.1.23 1.1.24 1.1.25 1.1.26 1.1.27 1.1.28 1.1.29 1.1.30 1.1.31 1.1.32 1.1.33 1.1.34 1.1.35 1.1.36 1.1.37 1.1.38 1.1.39 1.1.40 1.1.41 1.1.42 1.1.43 1.1.44 1.1.45 1.1.46 1.1.47 1.1.48 1.1.49 1.1.50 1.1.51 1.1.52 1.1.53 1.1.54 1.1.55 1.1.56 1.1.57 1.1.58 1.1.59 1.1.60 1.1.61 1.1.62 1.1.63 1.1.64 1.1.65 1.1.66 1.1.67 1.1.68 1.1.69 1.1.70 1.1.71 1.1.72 1.1.73 1.1.74 1.1.75 1.1.76 1.1.77 1.1.78 1.1.79 1.1.80 1.1.81 1.1.82 1.1.83 1.1.84 1.1.85 1.1.86 1.1.87 1.1.88 1.1.89 1.1.90 1.1.91 1.1.92 1.1.93 1.1.94 1.1.95 1.1.96 1.1.97 1.1.98 1.1.99 1.1.100 | <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1 1.2.2 1.2.3 1.2.4 1.2.5 1.2.6 1.2.7 1.2.8 1.2.9 1.2.10 1.2.11 1.2.12 1.2.13 1.2.14 1.2.15 1.2.16 1.2.17 1.2.18 1.2.19 1.2.20 1.2.21 1.2.22 1.2.23 1.2.24 1.2.25 1.2.26 1.2.27 1.2.28 1.2.29 1.2.30 1.2.31 1.2.32 1.2.33 1.2.34 1.2.35 1.2.36 1.2.37 1.2.38 1.2.39 1.2.40 1.2.41 1.2.42 1.2.43 1.2.44 1.2.45 1.2.46 1.2.47 1.2.48 1.2.49 1.2.50 1.2.51 1.2.52 1.2.53 1.2.54 1.2.55 1.2.56 1.2.57 1.2.58 1.2.59 1.2.60 1.2.61 1.2.62 1.2.63 1.2.64 1.2.65 1.2.66 1.2.67 1.2.68 1.2.69 1.2.70 1.2.71 1.2.72 1.2.73 1.2.74 1.2.75 1.2.76 1.2.77 1.2.78 1.2.79 1.2.80 1.2.81 1.2.82 1.2.83 1.2.84 1.2.85 1.2.86 1.2.87 1.2.88 1.2.89 1.2.90 1.2.91 1.2.92 1.2.93 1.2.94 1.2.95 1.2.96 1.2.97 1.2.98 1.2.99 1.2.100 | <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 2.1.2 2.1.3 2.1.4 2.1.5 2.1.6 2.1.7 2.1.8 2.1.9 2.1.10 2.1.11 2.1.12 2.1.13 2.1.14 2.1.15 2.1.16 2.1.17 2.1.18 2.1.19 2.1.20 2.1.21 2.1.22 2.1.23 2.1.24 2.1.25 2.1.26 2.1.27 2.1.28 2.1.29 2.1.30 2.1.31 2.1.32 2.1.33 2.1.34 2.1.35 2.1.36 2.1.37 2.1.38 2.1.39 2.1.40 2.1.41 2.1.42 2.1.43 2.1.44 2.1.45 2.1.46 2.1.47 2.1.48 2.1.49 2.1.50 2.1.51 2.1.52 2.1.53 2.1.54 2.1.55 2.1.56 2.1.57 2.1.58 2.1.59 2.1.60 2.1.61 2.1.62 2.1.63 2.1.64 2.1.65 2.1.66 2.1.67 2.1.68 2.1.69 2.1.70 2.1.71 2.1.72 2.1.73 2.1.74 2.1.75 2.1.76 2.1.77 2.1.78 2.1.79 2.1.80 2.1.81 2.1.82 2.1.83 2.1.84 2.1.85 2.1.86 2.1.87 2.1.88 2.1.89 2.1.90 2.1.91 2.1.92 2.1.93 2.1.94 2.1.95 2.1.96 2.1.97 2.1.98 2.1.99 2.1.100 | <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1 3.1.2 3.1.3 3.1.4 3.1.5 3.1.6 3.1.7 3.1.8 3.1.9 3.1.10 3.1.11 3.1.12 3.1.13 3.1.14 3.1.15 3.1.16 3.1.17 3.1.18 3.1.19 3.1.20 3.1.21 3.1.22 3.1.23 3.1.24 3.1.25 3.1.26 3.1.27 3.1.28 3.1.29 3.1.30 3.1.31 3.1.32 3.1.33 3.1.34 3.1.35 3.1.36 3.1.37 3.1.38 3.1.39 3.1.40 3.1.41 3.1.42 3.1.43 3.1.44 3.1.45 3.1.46 3.1.47 3.1.48 3.1.49 3.1.50 3.1.51 3.1.52 3.1.53 3.1.54 3.1.55 3.1.56 3.1.57 3.1.58 3.1.59 3.1.60 3.1.61 3.1.62 3.1.63 3.1.64 3.1.65 3.1.66 3.1.67 3.1.68 3.1.69 3.1.70 3.1.71 3.1.72 3.1.73 3.1.74 3.1.75 3.1.76 3.1.77 3.1.78 3.1.79 3.1.80 3.1.81 3.1.82 3.1.83 3.1.84 3.1.85 3.1.86 3.1.87 3.1.88 3.1.89 3.1.90 3.1.91 3.1.92 3.1.93 3.1.94 3.1.95 3.1.96 3.1.97 3.1.98 3.1.99 3.1.100 | <ul style="list-style-type: none"> 4.1.1 4.1.2 4.1.3 4.1.4 4.1.5 4.1.6 4.1.7 4.1.8 4.1.9 4.1.10 4.1.11 4.1.12 4.1.13 4.1.14 4.1.15 4.1.16 4.1.17 4.1.18 4.1.19 4.1.20 4.1.21 4.1.22 4.1.23 4.1.24 4.1.25 4.1.26 4.1.27 4.1.28 4.1.29 4.1.30 4.1.31 4.1.32 4.1.33 4.1.34 4.1.35 4.1.36 4.1.37 4.1.38 4.1.39 4.1.40 4.1.41 4.1.42 4.1.43 4.1.44 4.1.45 4.1.46 4.1.47 4.1.48 4.1.49 4.1.50 4.1.51 4.1.52 4.1.53 4.1.54 4.1.55 4.1.56 4.1.57 4.1.58 4.1.59 4.1.60 4.1.61 4.1.62 4.1.63 4.1.64 4.1.65 4.1.66 4.1.67 4.1.68 4.1.69 4.1.70 4.1.71 4.1.72 4.1.73 4.1.74 4.1.75 4.1.76 4.1.77 4.1.78 4.1.79 4.1.80 4.1.81 4.1.82 4.1.83 4.1.84 4.1.85 4.1.86 4.1.87 4.1.88 4.1.89 4.1.90 4.1.91 4.1.92 4.1.93 4.1.94 4.1.95 4.1.96 4.1.97 4.1.98 4.1.99 4.1.100 | <ul style="list-style-type: none"> 5.1.1 5.1.2 5.1.3 5.1.4 5.1.5 5.1.6 5.1.7 5.1.8 5.1.9 5.1.10 5.1.11 5.1.12 5.1.13 5.1.14 5.1.15 5.1.16 5.1.17 5.1.18 5.1.19 5.1.20 5.1.21 5.1.22 5.1.23 5.1.24 5.1.25 5.1.26 5.1.27 5.1.28 5.1.29 5.1.30 5.1.31 5.1.32 5.1.33 5.1.34 5.1.35 5.1.36 5.1.37 5.1.38 5.1.39 5.1.40 5.1.41 5.1.42 5.1.43 5.1.44 5.1.45 5.1.46 5.1.47 5.1.48 5.1.49 5.1.50 5.1.51 5.1.52 5.1.53 5.1.54 5.1.55 5.1.56 5.1.57 5.1.58 5.1.59 5.1.60 5.1.61 5.1.62 5.1.63 5.1.64 5.1.65 5.1.66 5.1.67 5.1.68 5.1.69 5.1.70 5.1.71 5.1.72 5.1.73 5.1.74 5.1.75 5.1.76 5.1.77 5.1.78 5.1.79 5.1.80 5.1.81 5.1.82 5.1.83 5.1.84 5.1.85 5.1.86 5.1.87 5.1.88 5.1.89 5.1.90 5.1.91 5.1.92 5.1.93 5.1.94 5.1.95 5.1.96 5.1.97 5.1.98 5.1.99 5.1.100 | <ul style="list-style-type: none"> 6.1.1 6.1.2 6.1.3 6.1.4 6.1.5 6.1.6 6.1.7 6.1.8 6.1.9 6.1.10 6.1.11 6.1.12 6.1.13 6.1.14 6.1.15 6.1.16 6.1.17 6.1.18 6.1.19 6.1.20 6.1.21 6.1.22 6.1.23 6.1.24 6.1.25 6.1.26 6.1.27 6.1.28 6.1.29 6.1.30 6.1.31 6.1.32 6.1.33 6.1.34 6.1.35 6.1.36 6.1.37 6.1.38 6.1.39 6.1.40 6.1.41 6.1.42 6.1.43 6.1.44 6.1.45 6.1.46 6.1.47 6.1.48 6.1.49 6.1.50 6.1.51 6.1.52 6.1.53 6.1.54 6.1.55 6.1.56 6.1.57 6.1.58 6.1.59 6.1.60 6.1.61 6.1.62 6.1.63 6.1.64 6.1.65 6.1.66 6.1.67 6.1.68 6.1.69 6.1.70 6.1.71 6.1.72 6.1.73 6.1.74 6.1.75 6.1.76 6.1.77 6.1.78 6.1.79 6.1.80 6.1.81 6.1.82 6.1.83 6.1.84 6.1.85 6.1.86 6.1.87 6.1.88 6.1.89 6.1.90 6.1.91 6.1.92 6.1.93 6.1.94 6.1.95 6.1.96 6.1.97 6.1.98 6.1.99 6.1.100 | | | | | |



2. ALBIANO

Denominazione: Monte Gaggio -
S.Colomba
Possender-Scalin
Rio Secco
Monte gaggio-Rio Secco
Classifica: CAV001_2703-2720
2731-2732
Comune: Albiano-Trento
Materiale: Porfido
Superficie: 1.551.386 m2



FOR_2 FOR_3
FOR_4 FOR_6



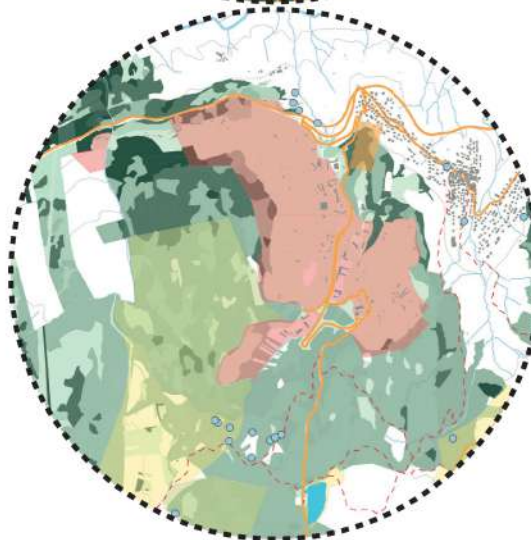
AQ_2 AQ_3



INF_1 INF_2
INF_3 INF_4



CAV_1



Cava attiva



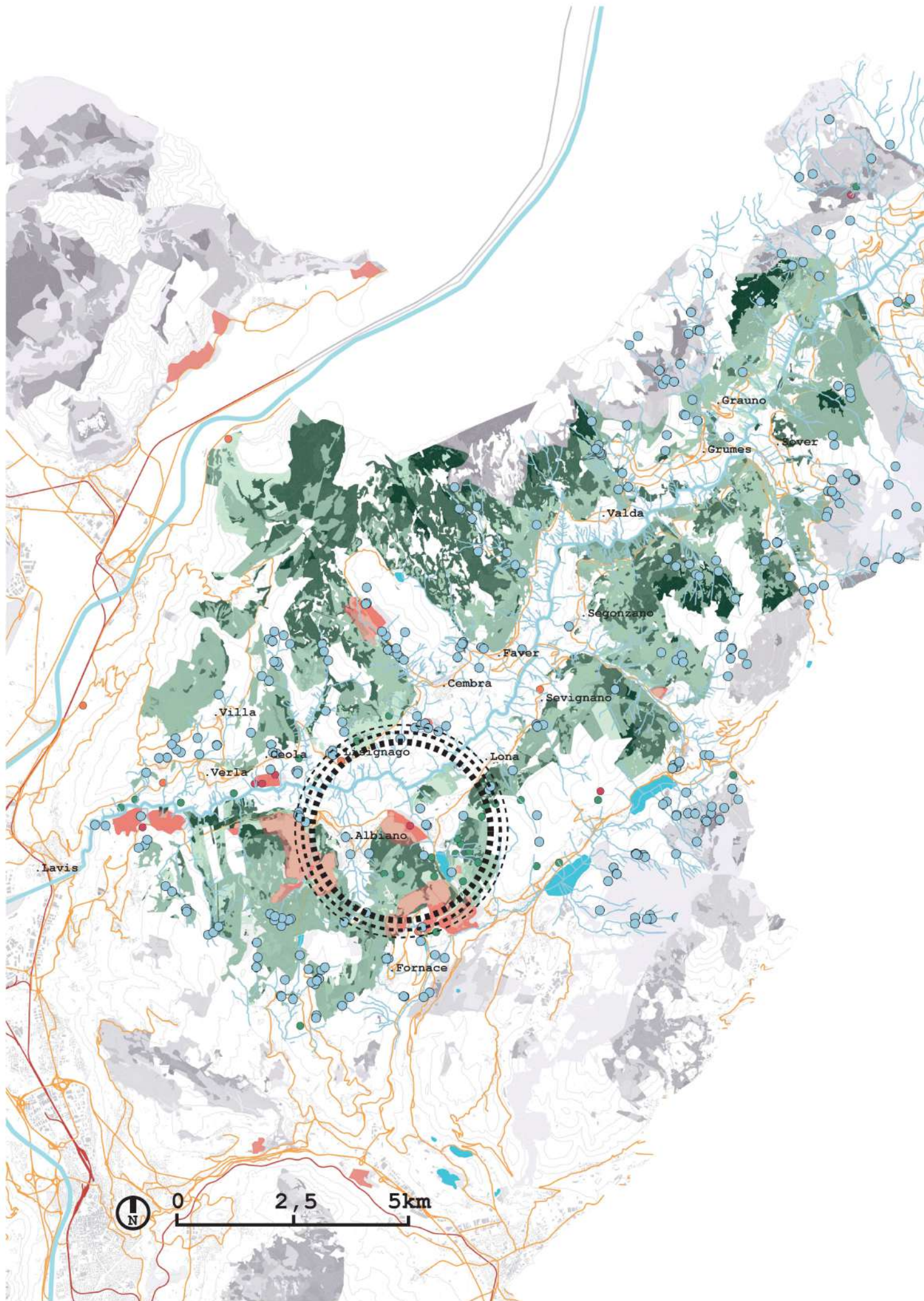
Recuperata-rinaturalizzata

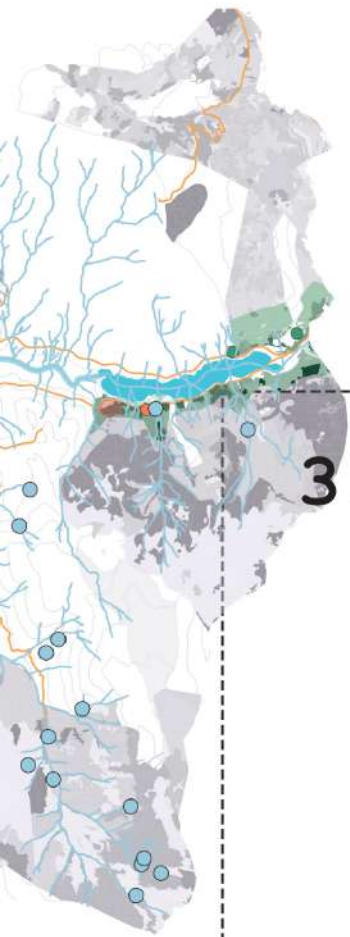


Vecchia gestione / Non recuperata



Recuperata di nuova destinazione





3. MONTE GORSA

Denominazione:
Monte Gorsa
Classifica:
CAV001_2671-2719-2721
Comune: Abiano
Lona Lases Fornace
Materiale: Porfido
Superficie: 443.448 m²

1:25000



FOR_3 FOR_4 FOR_6



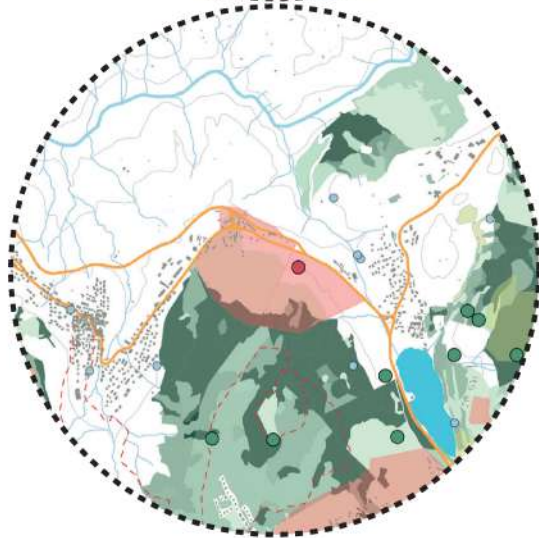
AQ_2



INF_1 INF_2
INF_3



CAV_1 CAV_3 CAV_4



Cava attiva



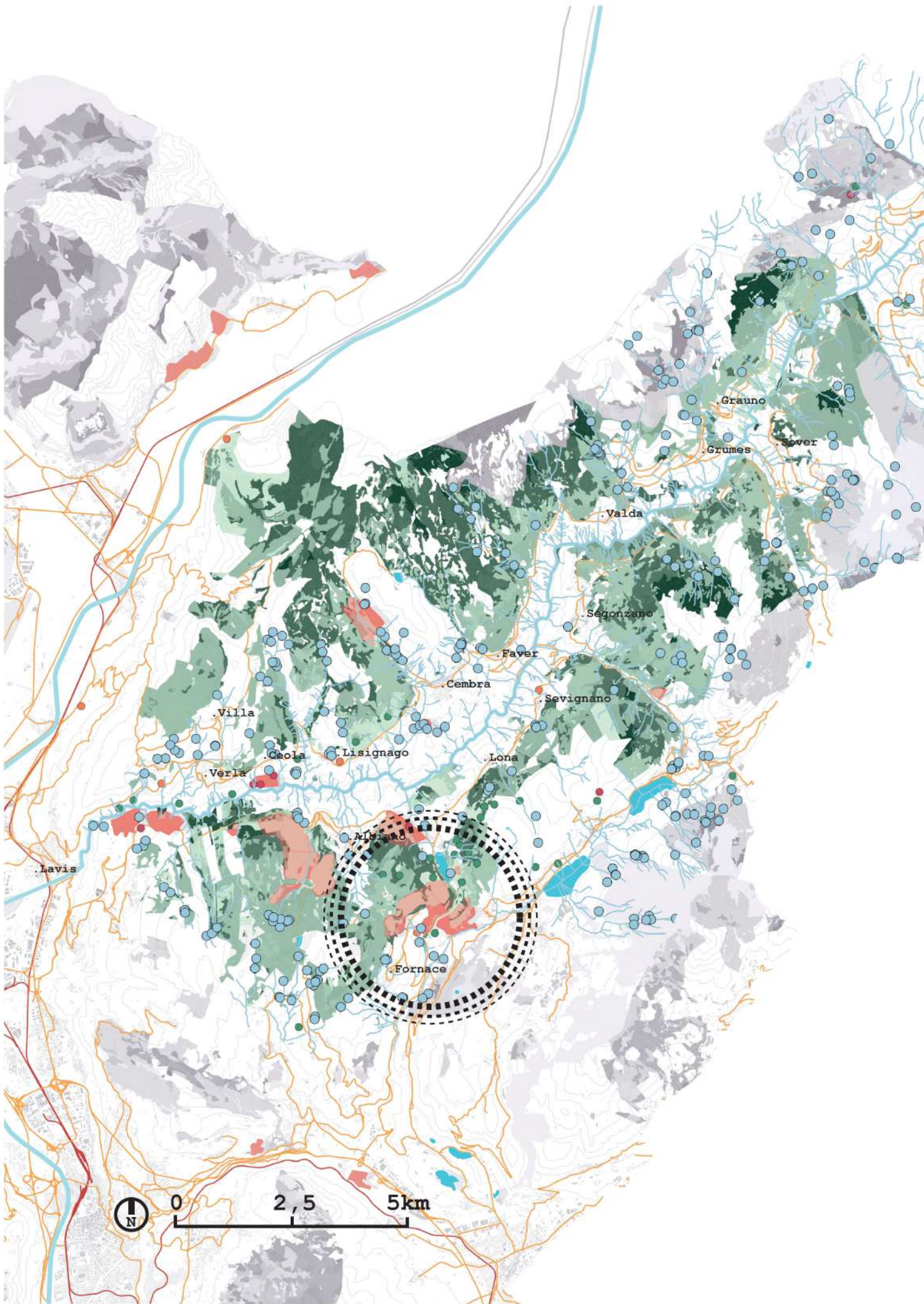
Vecchia gestione / Non recuperata

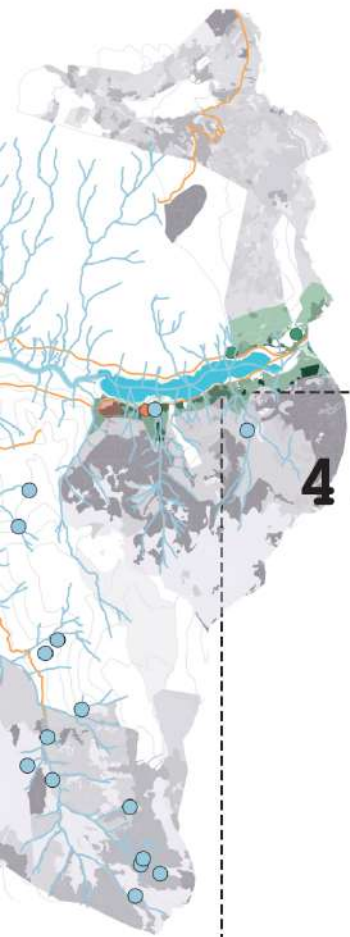


Recuperata-rinaturalizzata



Recuperata di nuova destinazione





4 . MONTE GORSA - SAN MAURO

Denominazione: Pinacci-
S.Stefano-Slopi-Val dei Sari
Lastari-Sacco
Caolago-Pianacci
Classifica: CAV001_2644-
2645-2711-2738
Comune: Lona Lases-
Baselga di pinè-Fornace
Materiale: Porfido
Superficie: 1.271.341 m2



FOR_3 FOR_4 FOR_6



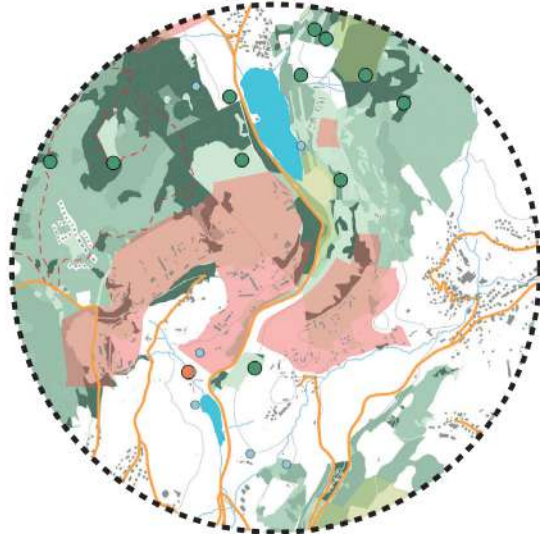
AQ_2 AQ_3




INF_1 INF_2
INF_3 INF_4





CAV_1 CAV_2 CAV_3

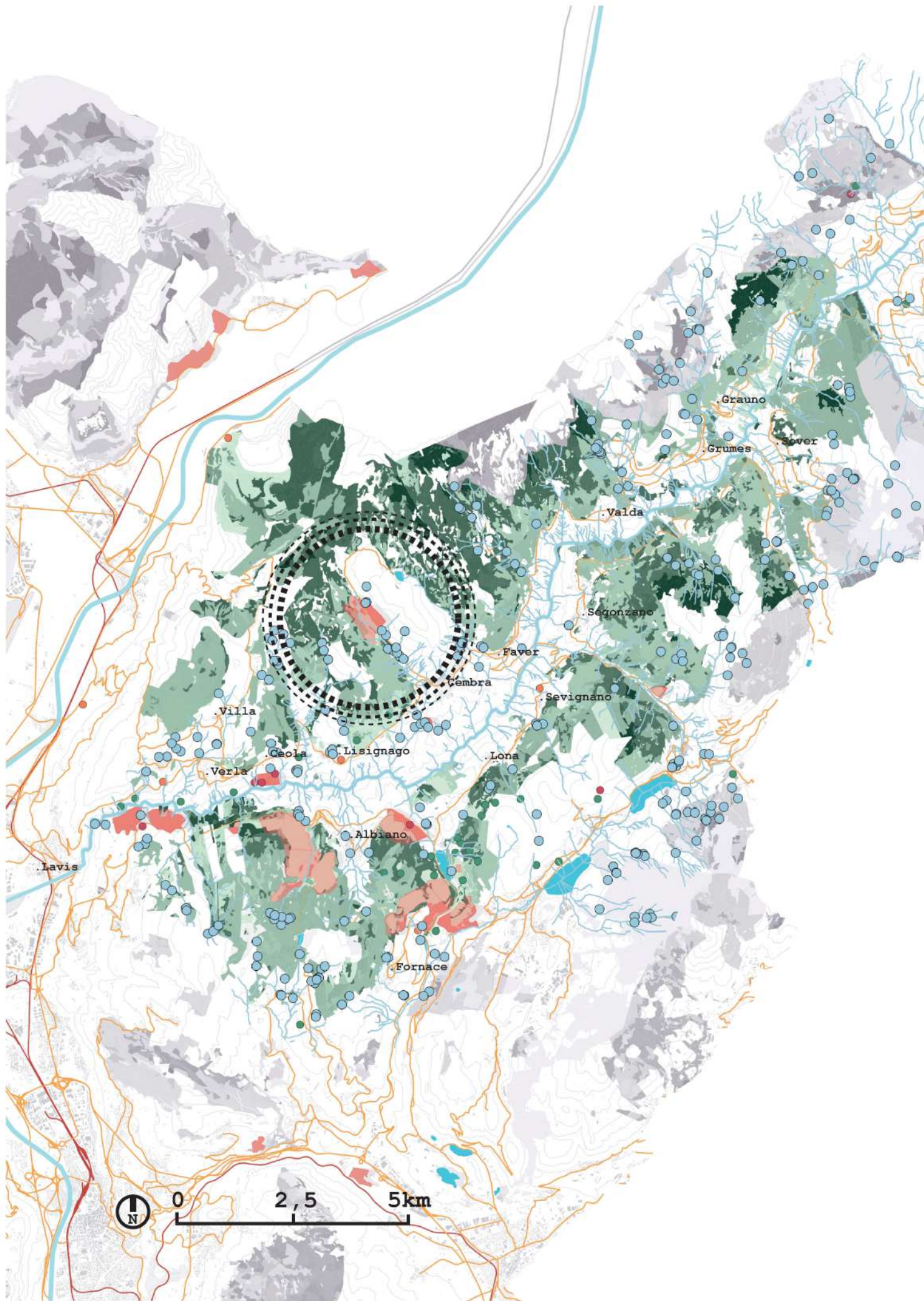


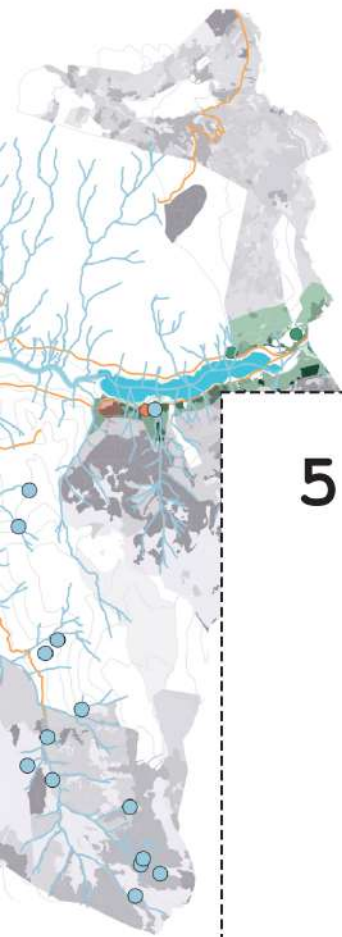
 Cava attiva

 Vecchia gestione / Non recuperata

 Recuperata-rinaturalizzata

 Recuperata di nuova destinazione





5. CEMBRA

Denominazione: Val Scorzai

Classifica:

CAV001_2609-2710

Comune: Cembra Lisignago

Materiale: Porfido

Superficie: 469.579 m2

1:25000



FOR_2 FOR_3 FOR_4
FOR_5 FOR_6 FOR_7



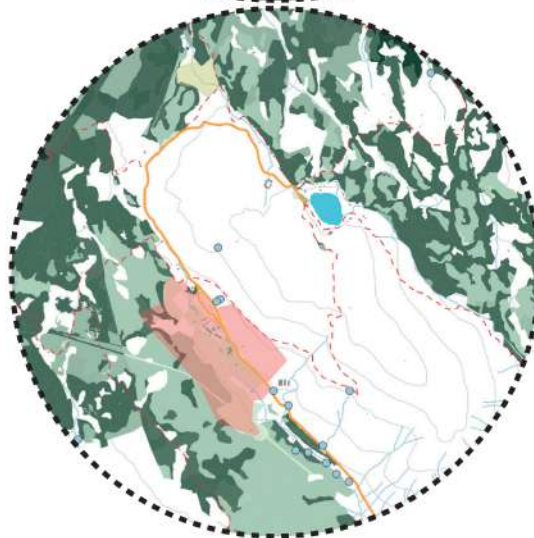
AQ_1 AQ_3



INF_1 INF_2
INF_3 INF_4



CAV_1



Cava attiva



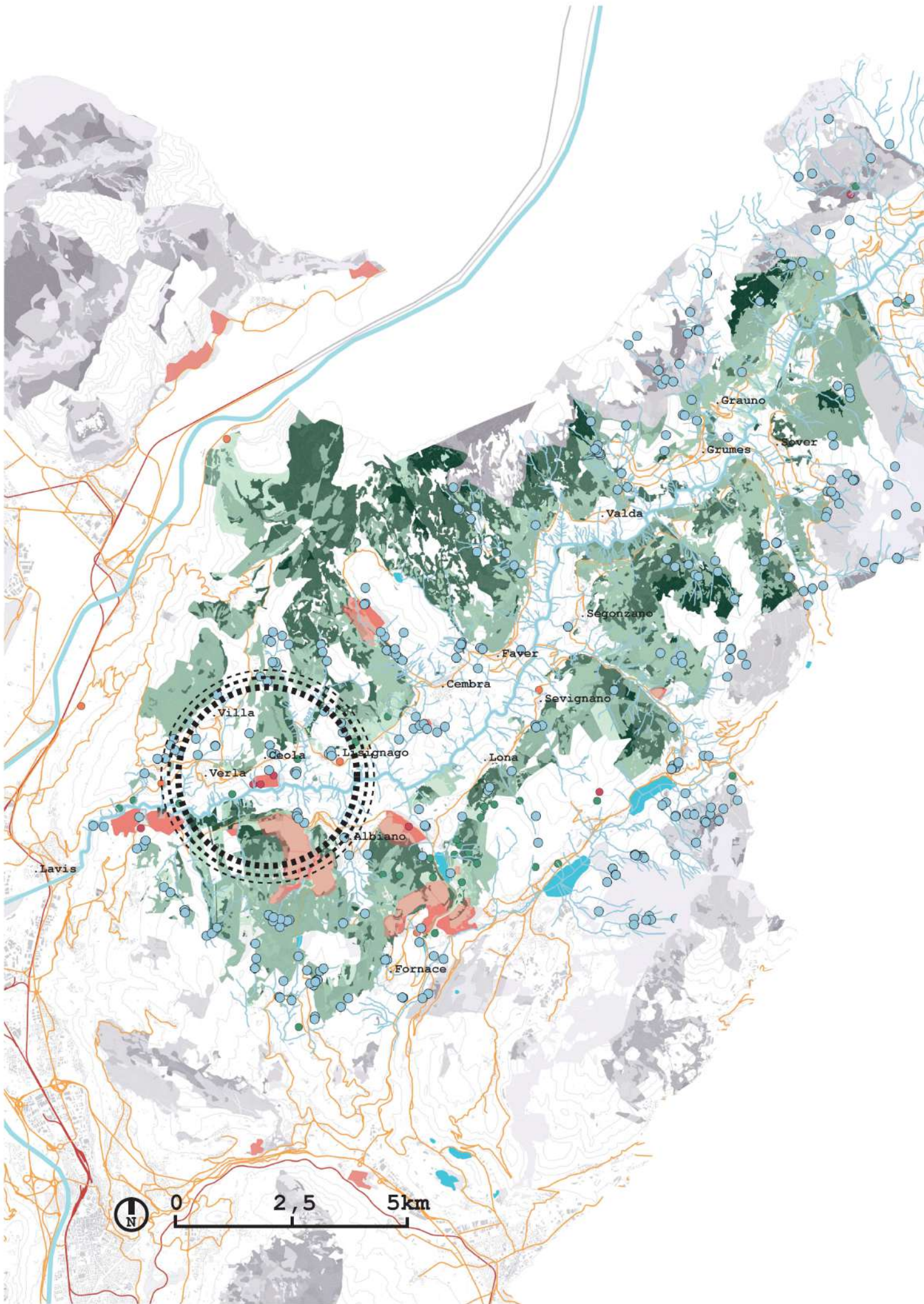
Vecchia gestione / Non recuperata

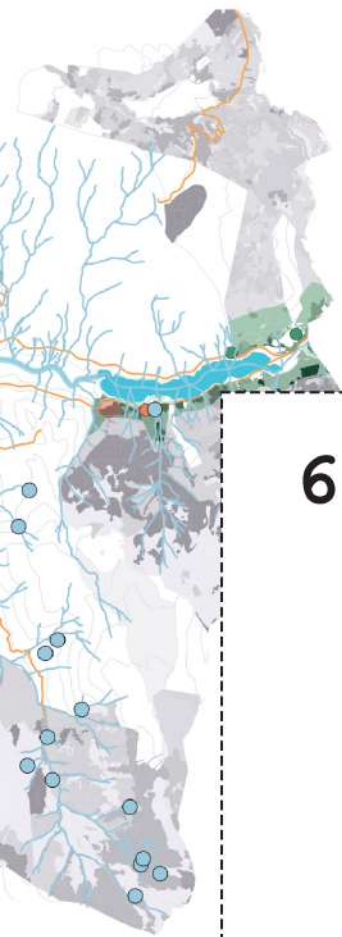


Recuperata-rinaturalizzata



Recuperata di nuova destinazione





6. CEOLA

Denominazione: Ceola

Classifica:
CAV001_2734_2672

Comune: Cembra Lisignago -
Giovo

Materiale: Porfido
Superficie: 140.690 m2

1:25000



FOR_2 FOR_6



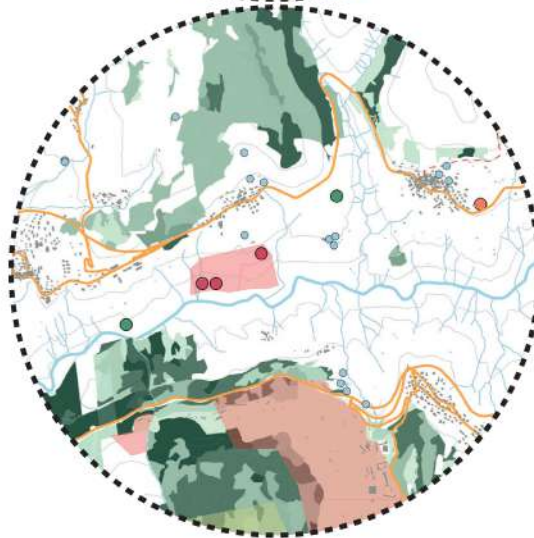
AQ_1 AQ_3



INF_1



CAV_1 CAV_2



Cava attiva



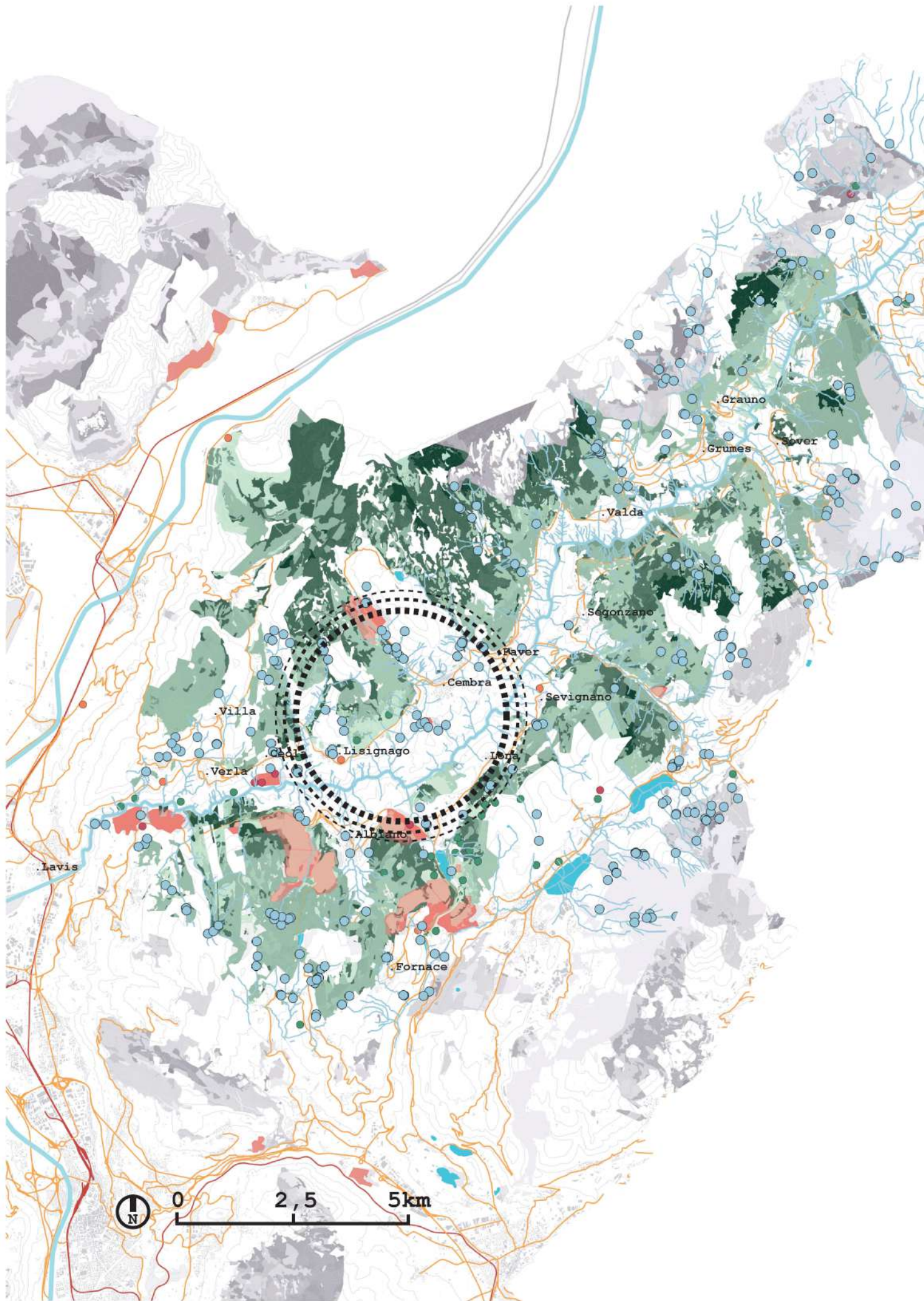
Vecchia gestione / Non recuperata



Recuperata-rinaturalizzata



Recuperata di nuova destinazione





7. CEMBRA - LISIGNAGO

1:25000

Denominazione: Ceola

Classifica:

CAV001_2734_2672

Comune: Cembra Lisignago -
Givo

Materiale: Porfido

Superficie: 140.690 m2



FOR_2 FOR_6 FOR_7



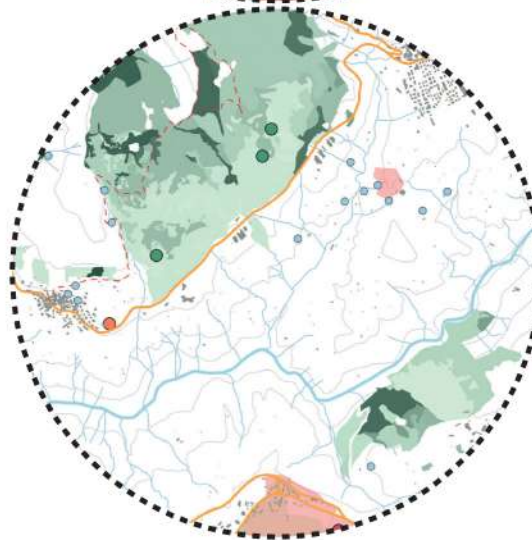
AQ_1 AQ_3



INF_1 INF_2



CAV_1



Cava attiva



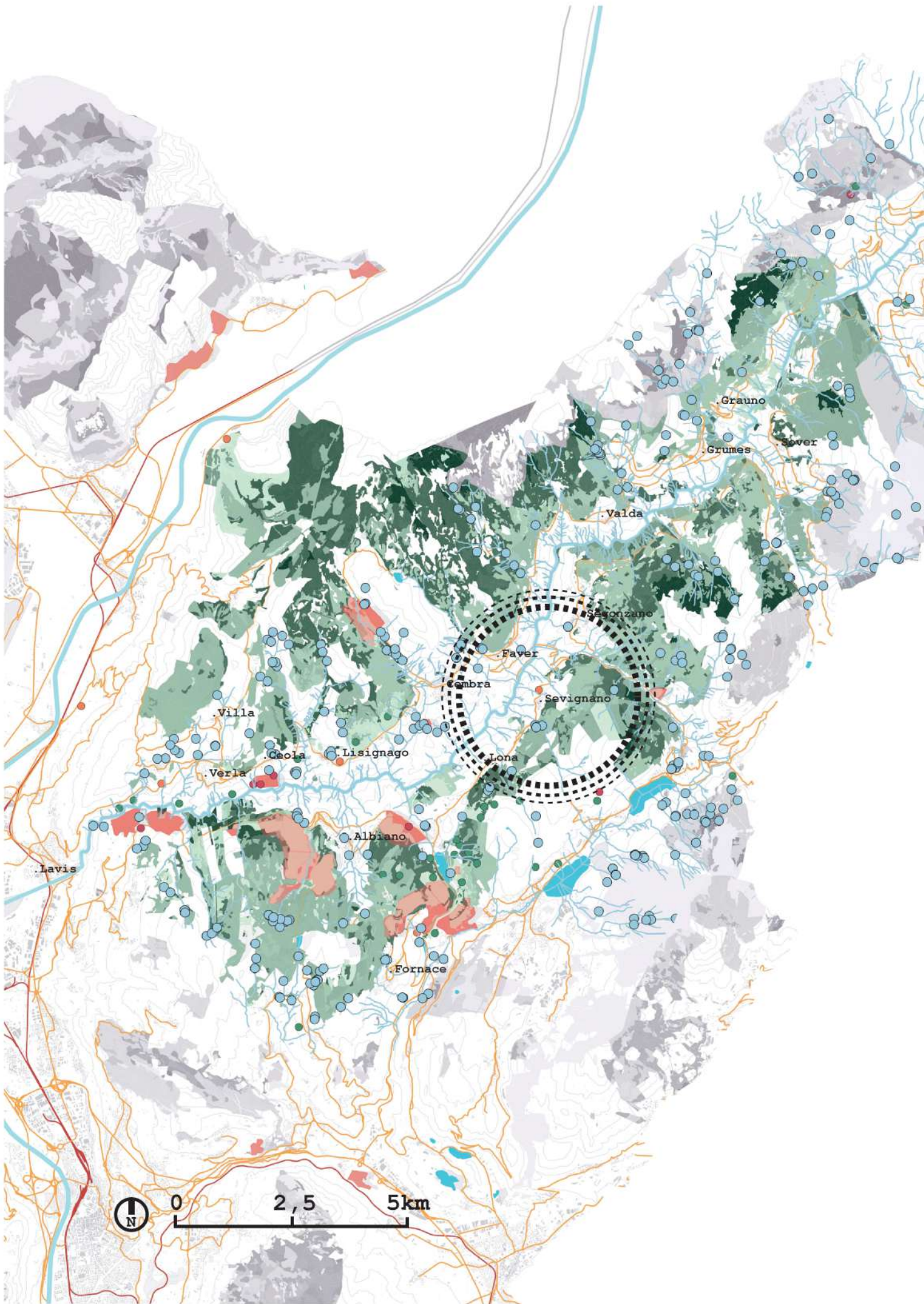
Vecchia gestione / Non recuperata

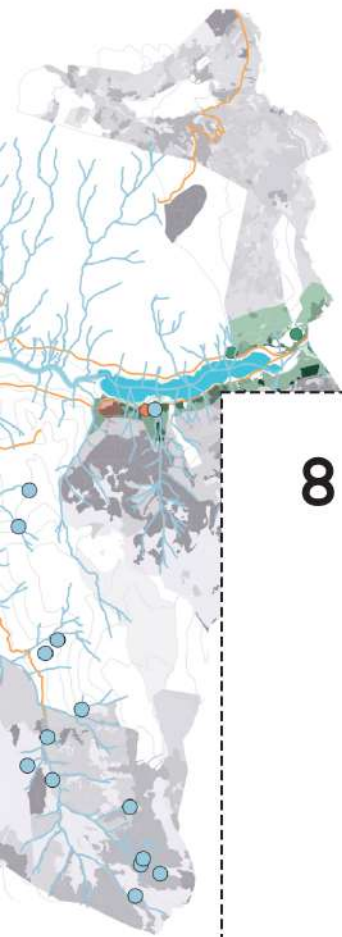


Recuperata-rinaturalizzata



Recuperata di nuova destinazione





8. SEVIGNANO

Denominazione: Roccolo

Classifica: N/D

Comune: Segonzano

Materiale: Inerti

Superficie: 10.300 m2 circa

1:25000



FOR_3 FOR_5 FOR_6



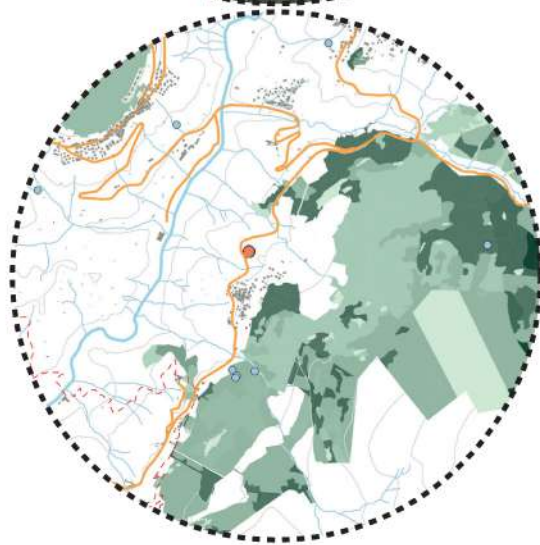
AQ_1




INF_1





CAV_2



 Cava attiva

 Vecchia gestione / Non recuperata

 Recuperata-rinaturalizzata

 Recuperata di nuova destinazione

Capitolo 3

Il caso di Camparta

In questo capitolo viene affrontata un'analisi del contesto focalizzandosi sulla cava di Camparta.

Il processo di analisi verrà svolto esattamente come l'analisi territoriale: si studiano i vari elementi caratterizzanti, sia naturali che antropici, di questo luogo considerando la cava e le sue aree limitrofe. I vari dati verranno quindi interpolati tra loro per poter identificare le dinamiche naturali ed antropiche che governano il luogo di studio.

Obbiettivi

analizzare, e comprendere il complesso della cava di Camparta, i suoi punti di forza e le sue debolezze.

3.1 *Le due cave*

Analizzando tutti gli elementi che caratterizzano le schede precedentemente presentate, una in particolare emerge notevolmente all'interno del territorio: la cava di Camparta.

La cava di Camparta è la prima presente nella val di Cembra. Situata sul versante sinistro della valle, nonostante sia geograficamente nella vallata sopracitata, essa è posta sotto la giurisdizione del comune di Trento. Ad ora la cava risulta essere attiva, ma non in lavorazione. Il suo evidente stato di abbandono è quindi una diretta conseguenza di quanto appena scritto.

La cava si immerge come un anfiteatro all'interno del terreno. La vista ricade subito sui gradoni. Quattro in totale da un'altezza variabile tra i 28 e 30 metri l'uno. A monte dell'ultimo gradone è presente una distesa ora in parte abbandonata immersa tra campagne di viti, meleti e boschi. Luogo precedentemente dedicato alla lavorazione del materiale estratto e al trasporto di quest'ultimo attraverso camion.

Ad ora in questo spazio, a richiamo del precedente scopo, sono presenti resti di capannoni. La maggior parte di questi vertono in uno stato di degrado tale da renderli pericolosi. Generalmente non presentano un grande valore architettonico ed industriale. In questo spazio, inoltre, sono presenti dei livelli di quota differenti del terreno. In particolare, nella zona ad ovest della cava, seguendo una vecchia strada, si giunge su un piccolo piazzale precedentemente usato per lo smistamento dei materiali, luogo di totale abbandono. È qui possibile imbattersi in un vecchio edificio in laterizio, i quali resti – rimangono intatte solo le pareti, il tetto invece risulta completamente crollato – riconquistato dalla natura, principalmente da betulle e tipologie arboree facente parte delle cosiddette "formazioni transitorie". Essendo questo spazio rialzato rispetto al resto del fronte cava esso gode di una piacevole veduta sull'intera valle di Cembra.

Proseguendo per questa strada si raggiunge un ulteriore piazzale immerso nel bosco dove sono presenti materiali di scarto. Evidente la presenza di un ulteriore capannone, in parte smantellato ed in parte abbandonato.

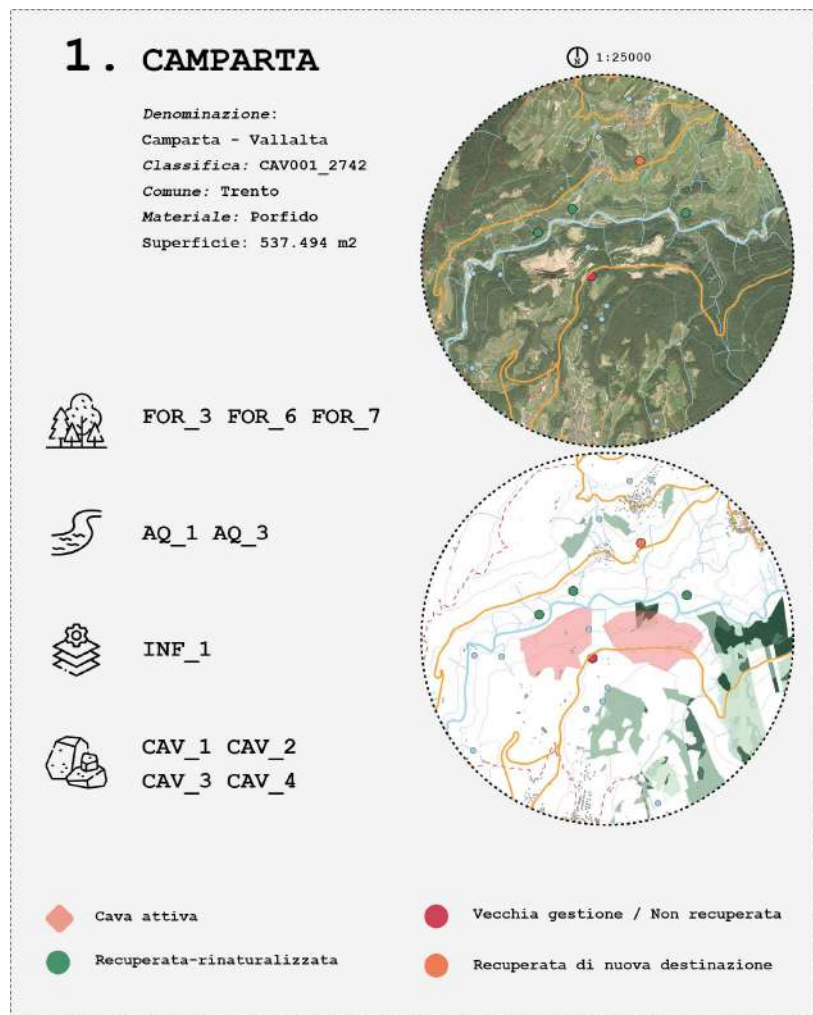
L'unico complesso industriale che risulta in uno stato di mediocre conservazione sono tre capannoni situati nella zona più a sud della cava, dinnanzi alla strada d'accesso del complesso.

Questi capannoni presentano una lunghezza di 30m l'uno per una profondità di 5m. Il sistema costruttivo è costituito da un'unica maglia di pilastri collegati a delle travi a sbalzo a sostegno del solaio di copertura in lamiera grecata. Tre lati su 4 risultano chiusi da un sistema di lamiera ondulata in alcuni punti e grecata in altri. La maggior parte delle lamiere sono in stato di degrado presentando delle deformazioni geometriche e delle problematiche di corrosione. Questo risulta essere l'unica zona della cava che viene ancora utilizzato. L'amministrazione comunale ha designato questo luogo a deposito legname.

L'intero assetto della cava presenta un diramato sistema di percorsi, un tempo camionabili, che permettono il passaggio sui vari livelli dei gradoni fino a giungere al fondo cava. La strada principale costeggia il versante est della cava, svincola nel bosco per poi rientrare nel fondo cava. Questa strada ora verte in uno stato di medio degrado, il manto stradale sterrato risulta dissestato dagli agenti atmosferici e in alcuni punti del percorso il terreno a monte è crollato creando dei lievi crolli nei muri di sostegno. All'interno dello spazio della cava, soprattutto nella zona a ridosso dei gradoni ad est, un paesaggio collinare generato da un insieme di materiali di scarto in parte autonomamente colonizzato dalle specie arboree più tenaci domina il fondo cava. Avvicinandosi sempre più ai gradoni invece lo spazio si espande fino a giungere ad un ulteriore elemento caratterizzante della cava; un enorme foro nel terreno, un ulteriore gradone che sprofonda nella roccia.

Addentrando sempre più in questo spazio austero, una strada in lieve pendenza giunge fino al limite del bosco, cresciuto su una distesa di detriti porfirici, scarti dei lavori d'estrazione.

Questo rappresenta solo la prima parte della cava. Una seconda zona, quasi nascosta, è presente più a valle. Percorrendo una strada immersa nel bosco ci si trova nuovamente a monte di un enorme foro dal diametro di 130 metri circa. Questo cratere, impronta dell'uomo, dell'industria del porfido è posizionato ad una quota notevolmente inferiore al resto della



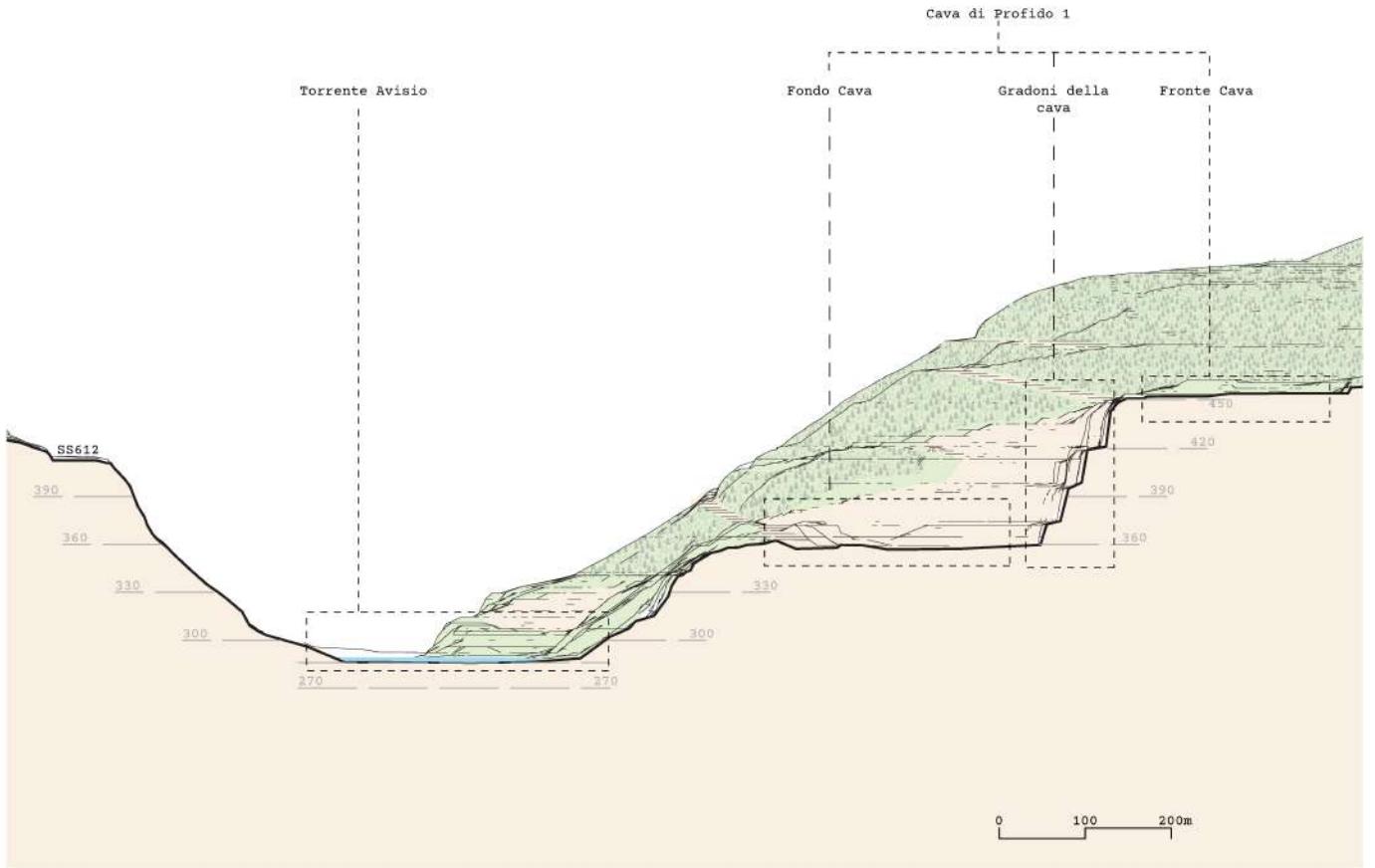
cava. La strada prosegue abbracciando questo secondo elemento di scavo e prosegue fino a giungere alle sponde del torrente Avisio.

Questa cava presenta tutti gli elementi caratterizzanti dell'intera valle legati al porfido. Una cava di tre gradoni, immersa nel bosco trentino che si avvicina fino quasi a intersecarsi con le acque dell'Avisio. Distese di materiali di scarto sono presenti dentro e nei dintorni della cava. Il bosco cerca debolmente di invadere e riprendersi questa zona altamente deformata dal lavoro antropico.

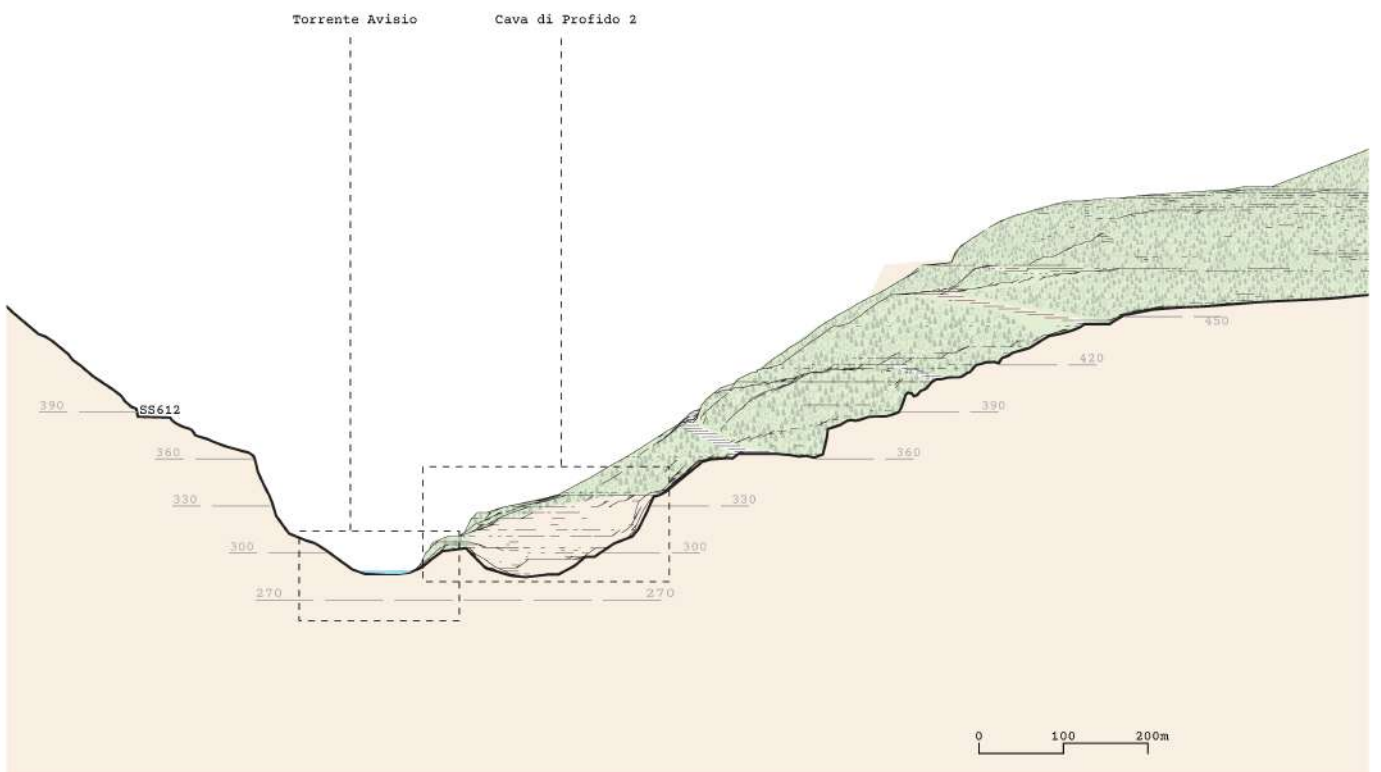
Questi elementi hanno scaturito la volontà di recuperare questo luogo col tentativo di ridare una nuova vita alla cava, senza dimenticarne la sua natura industriale e produttiva considerando l'impatto che essa ha avuto all'interno dell'assetto ambientale, dello squilibrio all'ecologia che essa ha causato e di come l'ambiente circostante si sia adattato a questo drastico e repentino cambiamento.



Sezione territoriale A-A



Sezione territoriale B-B



3.2 *Analisi del contesto*

Così come è stata svolta l'analisi degli elementi caratterizzanti a livello territoriale, si vuole riproporre la stessa metodologia a livello locale. Verranno quindi di seguito esplicitati tutte quelle caratteristiche, sia naturali che antropologiche, che determinano lo stato attuale della cava.

L'acqua

Primo strato che viene indagato è quello dell'acqua. Evidente è la vicinanza della cava con il torrente Avisio. Di fatto la cava, divisa in due parti, scende di quota fino ad arrivare quasi al livello del torrente. La cava più a nord, quella che precedentemente è stata definita a forma di "cratere" nel punto più basso presenta una quota di circa 276 mslm, così come il torrente Avisio.

Inoltre nei dintorni della cava sono presenti alcune sorgenti interrate. I dati della provincia non comunicano altro se non la posizione e la data ultima di verifica in loco risalente all'anno 1994. Sarebbe opportuno verificare la reale e attuale presenza di queste sorgenti.

Il bosco

La cava di Camparta è immersa in un assetto boschivo. Difatti, nonostante la vicinanza con l'abitato di Meano e Albiano essa risulta essere posizionata in un ambiente del tutto naturale, per l'appunto il bosco. Le tipologie forestali dichiarate dalla provincia presenti in luogo sono le seguenti:

Acero-Frassineto con Ontano
Formazioni Transitorie
Lariceto secondario o sostitutivo
Orno-Ostrieto tipico
Querceto di Rovere o Cerro
Querceto-Carpineto
Robineto

Per la definizione e caratterizzazione delle suddette tipologie forestali si rimanda al capitolo 3 di questo elaborato – contesto, tipologie forestali.

L'area agricola

Sia a livello territoriale che a livello locale emerge in maniera abbastanza evidente l'importanza delle aree agricole. Già nel capitolo precedente è stato evidenziato e motivata la presenza in maniera massiccia dei campi di vite nel versante destro della valle a confronto della minor presenza nel versante sinistro. Nonostante ciò, negli imminenti dintorni dell'accesso alla cava, sono presenti distese di campi di vite e in parte di meleti. Non viene quindi a mancare questo confronto tra i due mondi della produttività già marcatamente studiati nelle precedenti pagine di

questa ricerca.

I materiali di scarto

Anche nella cava di Camparta, seppur in parte nascosti, sono presenti i segni dell'abbandono dei materiali di scarto. I più evidenti sono ovviamente le distese di ciottoli di porfido scoperte all'interno della cava. In particolare nella zona più ovest, con una probabile volontà di avviare un processo per interrare la cava, le colate di materiali sono particolarmente esplicite.

Esterno alla cava, come delle toppe nel paesaggio, sono disseminate queste colate di detriti. Evidenti sono nel versante sinistra della valle ad ovest del complesso di Camparta e a nord, tra la cava e il torrente. Si può osservare un timido tentativo del bosco di riconquistare questi luoghi, ma solo in parte riuscendoci. La povertà di materiale organico e l'alta granulosità, e la conseguente difficoltà a trattenere l'acqua, non permettono l'espansione e la crescita di piante.

Infrastrutture

A inizio capitolo si è parlato della presenza di baracche di vario tipo nei pressi dell'accesso al fronte cava, la maggior parte delle quali vertono in uno stato di evidente degrado. Dalle ortofoto storiche della provincia e dalle analisi storico-bibliografiche risulta che anche nel fondo cava erano presenti elementi architettonici industriali. Ad ora tutti questi elementi sono già stati smantellati e rimangono solamente alcuni attrezzi di smistamento dei materiali in uno stato di avanzato degrado e abbandono.

Sul fronte cava, in aggiunta alle baracche, è presente un rudere di un piccolo edificio in muratura. Il solaio di copertura risulta essere completamente crollato, gli elementi di rifinitura parrebbero non essere mai stati completati e parti delle pareti sono ad ora crollate. Gran parte dei dintorni di questo edificio sono conquistati da piante infestanti.

Un secondo tema legato alle infrastrutture, non più inteso come architettura industriale, ma bensì come elementi produttivi ad ora ancora attivi, sono presenti due elettrodotti.

Questi due elementi "toccano" tangenzialmente il complesso della cava attraversando l'intera vallata. È importante sottolineare ed evidenziare la loro presenza in quanto il comune di Trento prevede delle fasce di rispetto per l'edificazione e la fruibilità dei luoghi sottostanti agli elettrodotti, imponendo attività che non richiedano una rimanenza di fruitori e lavoratori per tempi prolungati. La mappatura del comune di Trento, per i suddetti elettrodotti a capacità di 220KV, è segnalata una

fascia di rispetto di 30m per lato.

Conclusioni

Il caso della Cava di Camparta rappresenta un perfetto esempio di possibilità di recupero di un luogo industriale post - estrazione abbandonato. Le problematiche sono molte, ma le potenzialità che questi luoghi hanno sono infiniti.

Il complesso di Camparta racchiude la maggior parte degli elementi caratterizzanti della valle. La totale immersione nel bosco, l'estrema vicinanza con il torrente Avisio, lo stato di abbandono della cava e il suo attuale stato di degrado, la sua duplice conformazione morfologica delle due cave e il sistema di percorsi interni nonché la presenza di elementi infrastrutturali sul suolo della cava rappresentano un grande potenziale per questo luogo.

Si è voluto quindi approfondire lo studio di questa cava e progettare un recupero sia architettonico che paesaggistico

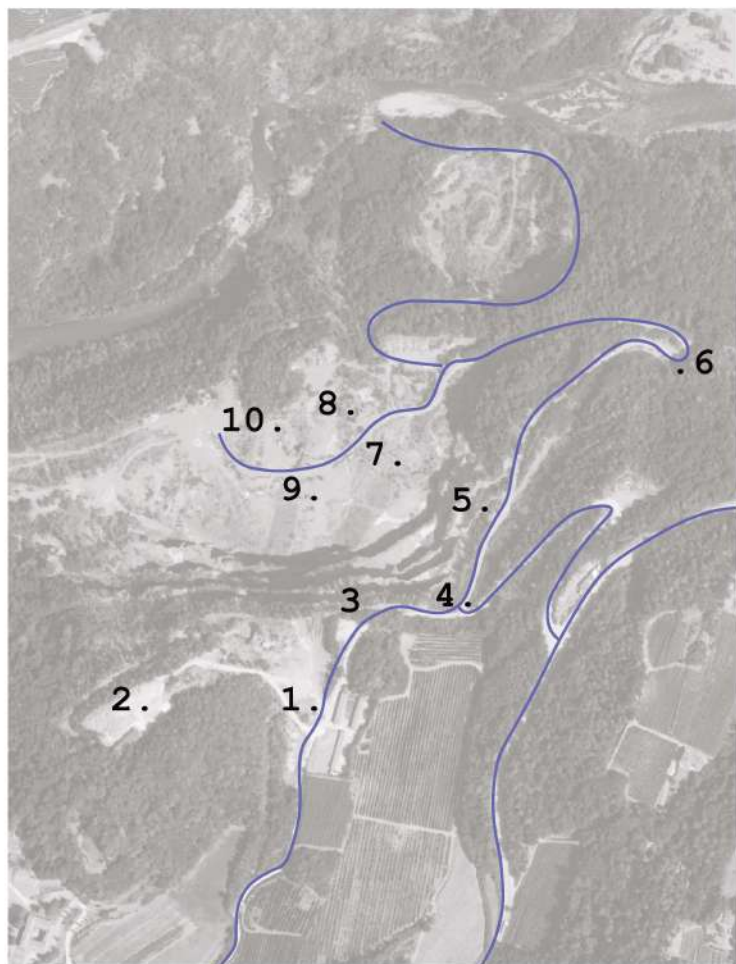


TAVOLA Stato di fatto

Area Agricola — — — — —
Tipo vitigno

Reticolo idrografico — — — — —

⊙ Sorgente

— Reticolo ipogeo

Ambiente torrenziale dell'Avisio — — —

/// Area ad alto rischio fluviale

Ambiente torrenziale dell'Avisio — — —

Area ad alto rischio fluviale

Complesso della Cava di Camparta — — —

Tipi Forestali

- Acero-Frassineto con Ontano
- Formazioni Transitorie
- Lariceto secondario o sostitutivo
- Orno-Ostrieto tipico
- Querceto di Rovere (o cerro)
- Querceto-Carpineto
- Robiniето

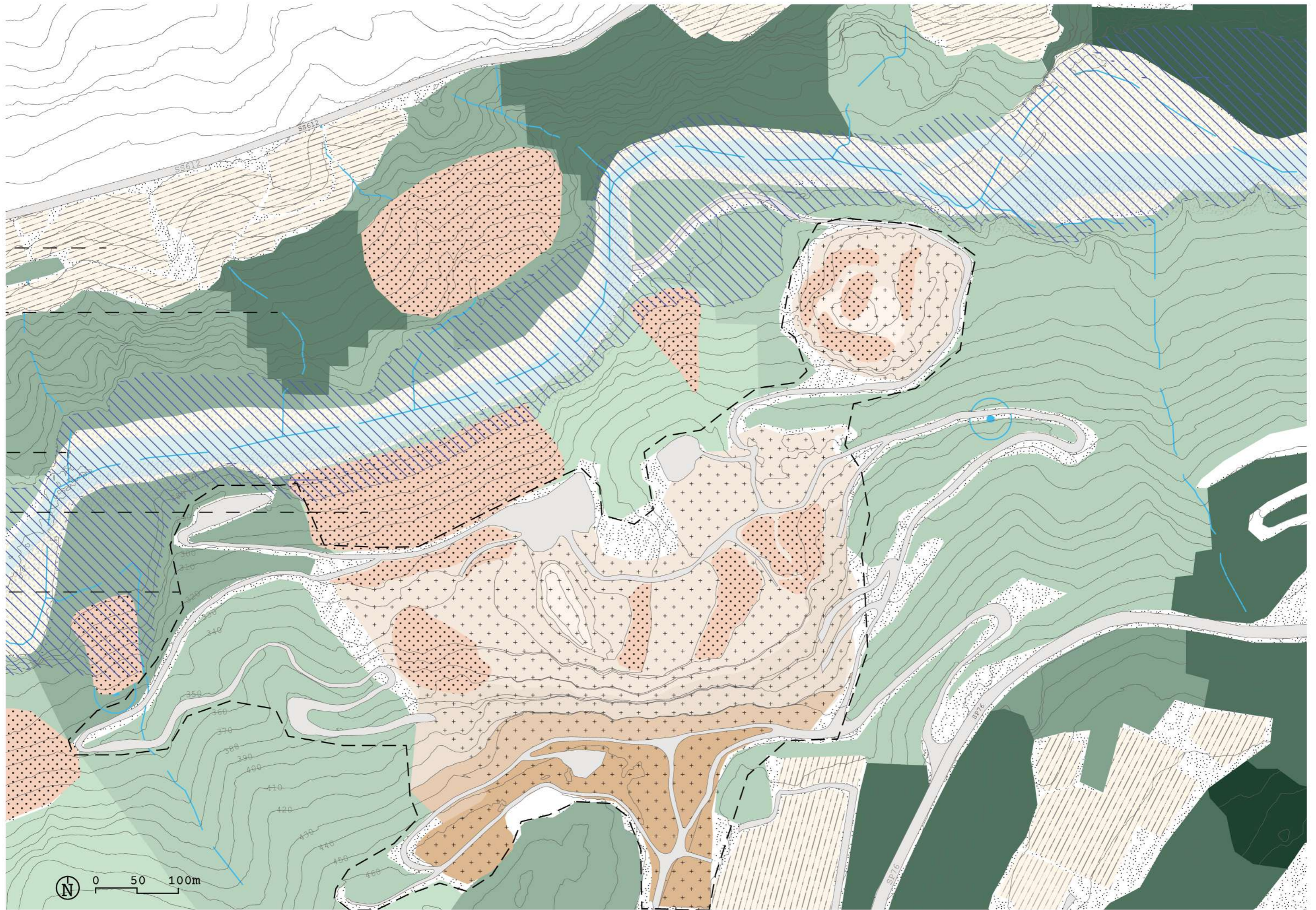


TAVOLA Stato di fatto

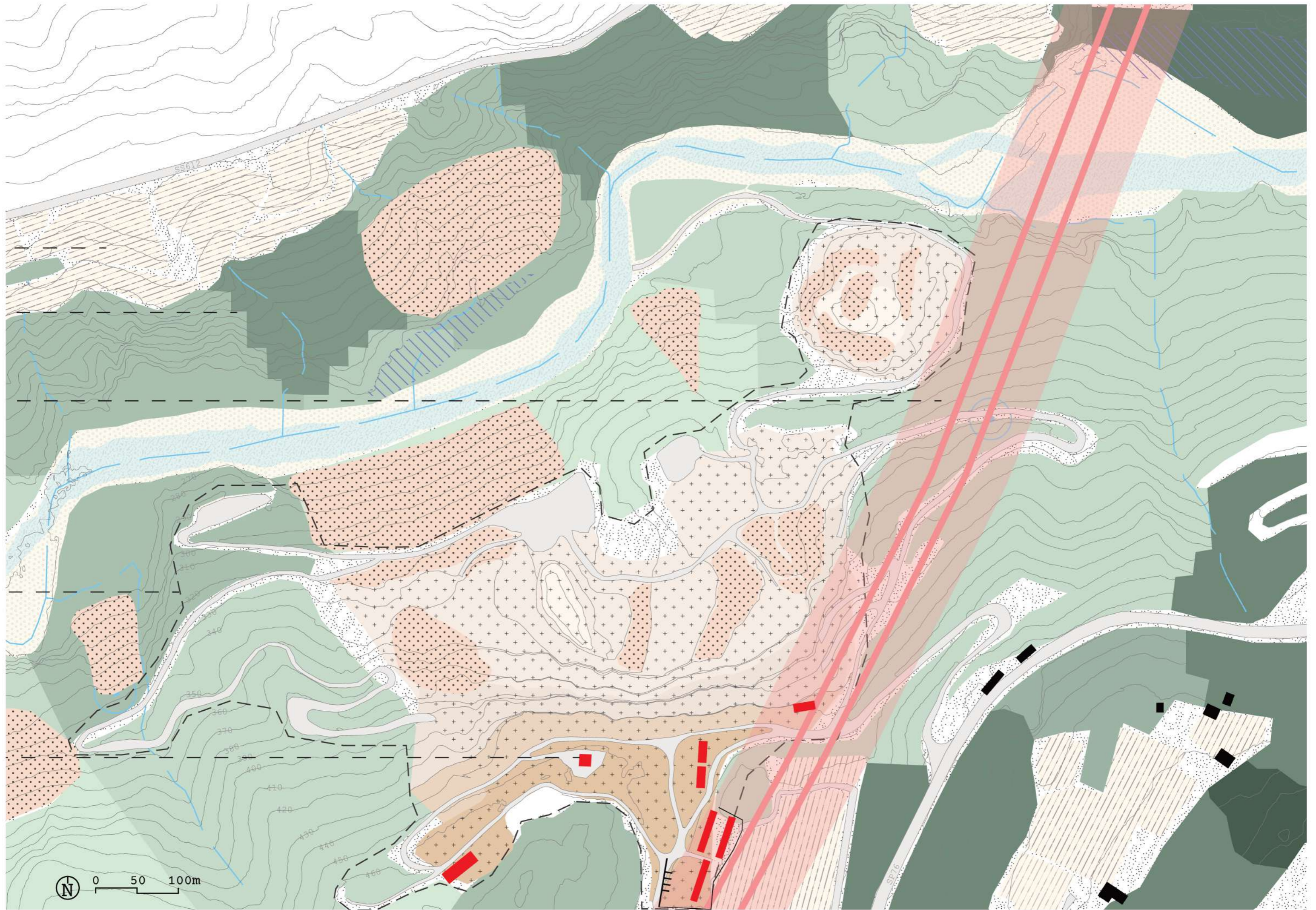
Area Agricola - - - - -
Tipo vitigno

Reticolo idrografico - - - - -
● Sorgente
— Reticolo ipogeo

Infrastrutture - - - - -
— Elettrodotti
■ Fascia di rispetto

Complesso della Cava di Camparta - - -

Infrastrutture - - - - -
■ Capanni in stato di degrado



Capitolo 4

Progettare l'essenza

Dal programma al concetto

In questo capitolo vengono affrontati e giustificati i concetti e elementi portanti dell'intero progetto. Si illustrano le motivazioni che giostrano e formano quella che è l'essenza concettuale alla base e gli obbiettivi che si vogliono raggiungere.

Si manifestano le azioni e gli interventi proposti per poter dar vita agli obbiettivi. Tutto ciò verrà esposto in maniera schematica e concettuale, in modo tale da creare un programma degli interventi.

Obiettivi:

definire il concetto, programma, le azioni e le strategie progettuali

4.1 Elementi generatori

A seguito delle analisi eseguite fino ad ora emergono in particolare tre tematiche di rilevante importanza; il tema dell'acqua, quello produttivo e il tema della natura.

Acqua- connettere la cava al fiume

Il primo tema emerso dalle precedenti analisi, e forse anche uno dei più evidenti, è quello dell'acqua. L'acqua gioca un ruolo fondamentale sotto vari aspetti. In primis è il motivo prima della formazione della valle – vista per l'appunto la sua origine glaciale – in secondo luogo rappresenta un motivo di aggregazione sociale grazie alla presenza dei laghi montani.

Inoltre, l'acqua è parte della storia della Val di Cembra, con la presenza del Torrente Avisio. Torrente di una dinamicità quasi unica, che ha causato inondazioni nel corso de XX secolo portando perfino all'abbandono di alcuni paesi a bassa quota. Questo problema è stato in parte risolto grazie alla costruzione della diga di Stramentizzo che permette in parte il controllo del flusso di acqua.

Le acque del torrente risultano in parte difficoltose da raggiungere e le uniche vie sono alcuni vecchi sentieri boschivi che permettono l'accesso alle rive. Unico punto relativamente semplice da raggiungere e nello svincolo di passaggio da un versante all'altro della valle all'altezza del ponte dell'amicizia. Questa condizione, se da un punto di vista non permette la fruibilità delle rive dell'Avisio, dall'altra garantisce una stabilità dell'ecosistema del fiume che spesso l'impronta dell'uomo tende a modificare rendendo quindi il torrente un ambiente estremamente selvaggio.

Risulta evidente l'importanza dell'acqua ed in particolare del torrente come elemento generatore del recupero della cava, per questo la volontà è quella di trarne profitto dalla vicinanza della cava alle sponde dell'Avisio.

Nasce quindi il primo obiettivo di questa ricerca: ristabilire una connessione tra l'uomo e il torrente.

Ecologia – ristabilire un ecosistema

Il secondo tema vuole affrontare la cava sotto un'ottica di impatto ecologico. La lavorazione e precedente estrazione del porfido ha inevitabilmente modificato la morfologia del paesaggio, generando nuovi spazi, nuove viabilità, nuovi flussi nel decorso degli anni.

Tuttavia, la variazione morfologia è solo il primo di una serie di conseguenze che lo scavo ha prodotto, sicuramente la più visivamente impattante, ma rappresenta solo l'inizio di una serie di problematiche. La cava ha spezzato il labile equilibrio di un ecosistema, un ecosistema che fatica a ristabilirsi autonomamente. Nonostante lo stato di abbandono del complesso di Camparta si rimarca la difficoltà che nei cinque anni passati, data presunta dell'ultima lavorazione, la natura ha avuto a riconquistare quello che era il suo spazio.

ACQUA

riuso delle acque



accesso e fruibilità degli elementi d'acqua

conservazione della naturalità e dinamicità del torrente

ECOLOGIA

introduzione di un sistema boschivo variegato e utile



vegetazione spontanea

ripopolazione della fauna locale

SUOLO

utilizzare e valorizzare la morfologia risultante dal processo di estrazione



conservazione della memoria stratificata del paesaggio

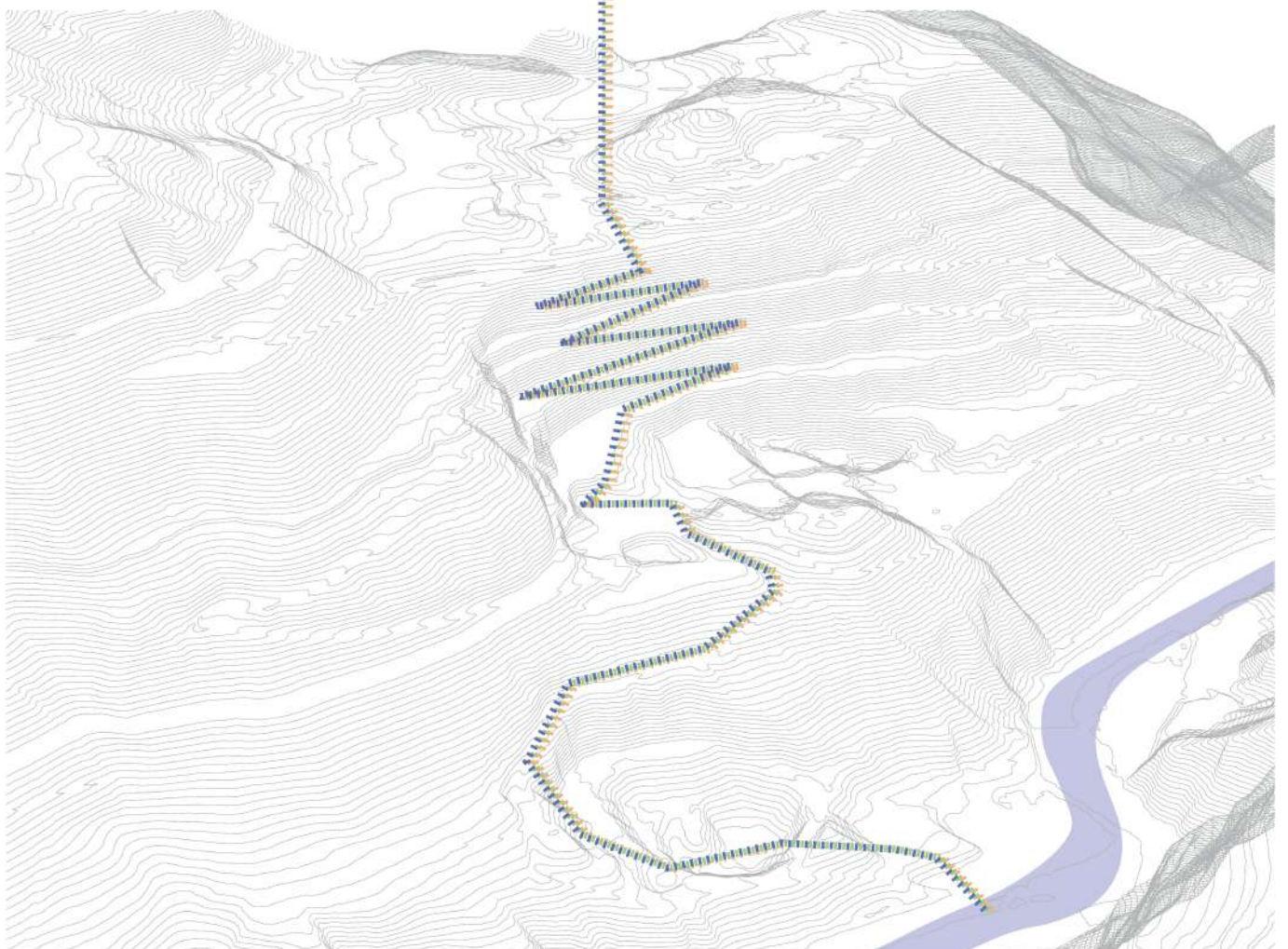
accesso e fruibilità agli spazi della cava

PRODUTTIVITA'



NATURALITA'

FRUIBILITA'



Le distese di roccia esposta e la conformazione geologica non permettono lo sviluppo di un substrato fertile e conseguentemente di uno sviluppo della flora e l'assenza di un sistema vegetativo consistente non permette la proliferazione di fauna locale, in primo luogo di piccoli animali quali insetti e quant'altro. Vi è quindi la volontà di ristabilire questo ecosistema, permettere al bosco di recuperare e vegetare nei luoghi delle cave in modo tale da permettere di ristabilire un habitat organico per la proliferazione della vita in senso lato.

Se si affronta questo tema considerando invece le cave attive vanno anche considerati altri due fattori di rilevante importanza; l'estrazione e conseguente lavorazione del porfido causa un alto inquinamento acustico e un alzamento di polveri notevole – problematiche che vanno anche ad incidere sulla sicurezza dei lavoratori – causando un deturpamento dell'ecosistema non solo all'interno della cava ma anche nei pressi di essa.

Il secondo obiettivo mira a ristabilire e ricercare un'ecologia che è andata perduta.

Il suolo – commemorazione dell'attività industriale

Il terzo ed ultimo tema invece vuole santificare la cava. Ciò che è stato fatto non può essere cancellato per questo vuole essere commemorato, ricordato e in parte convertito ad una nuova vita. Si vuole quindi operare sulla cava senza cancellarne la sua natura industriale, tuttavia operando come un nuovo luogo dove poter ristabilire nuove attività fruibili dal visitatore.

L'ultimo obiettivo risulta quindi essere forse il più ovvio, ma necessario, rivitalizzare la cava.

Obiettivi

Gli obiettivi sopra definiti permettono di valutare in che modo tracciare un segno senza che i vari elementi generatori si sovrappongono tra loro. La volontà di ricordare e rivitalizzare la cava non vuole opporsi all'intenzione di ristabilire riscoprire una biodiversità perduta. In tal senso si vuole operare cercando di mostrare come la presenza dell'uomo può convivere con la natura a patto che quest'ultima venga rispettata.

4.2 *Azioni e interventi*

Per raggiungere gli obiettivi preposti nelle pagine precedenti ci si è interrogati su come poter intervenire, a livello paesaggistico.

Ovviamente un progetto di tali dimensioni e dalle varie sfaccettature amalgama più discipline fra loro; a partire dall'architettura che attraverso l'impronta che si vuole lasciare su quello che già ad ora è un importante segno del passato, progettando degli elementi ricettivi (si pensi ad un locale per i servizi, a dei bivacchi per il pernottamento, ad un sistema di percorsi per poter accedere alla cava. Importante, se non essenziale, è la disciplina della botanica per poter identificare e scegliere come integrare al meglio il sistema vegetativo e boschivo locale. Non di meno ne sono le discipline ingegneristiche idrauliche, geotecniche e strutturali per poter giungere nei migliori dei modi agli obiettivi preposti

A tal scopo, così come sono stati identificati tre principali obiettivi, tre risultano essere le metodologie applicate ognuna delle quali sottende un insieme di interventi atti a soddisfare le richieste primarie del luogo. Le tre metodologie sopracitate sono la Naturalità, la Produttività e la Fruibilità

La NATURALITÀ vuole raggiungere l'obiettivo di una ecologia locale, di una biodiversità e di ristabilire un ecosistema. Gli interventi qua preposti sono molto semplici ma efficaci. Partendo da una pulizia della cava dai detriti e dagli scarti di lavorazione, cercando di ristabilire una fertilità dei suoli in modo da poter identificare delle aree della cava destinate alla rinaturalizzazione, quindi all'espansione del bosco locale.

La PRODUTTIVITÀ mira a non dimenticare la natura della cava, quindi a proporre un recupero su di uno sfondo produttivo. Viene quindi quasi naturale riconvertire alcuni luoghi a spazio agricolo, evocando la contrapposizione tra produzione di porfido, vino e piccoli frutti. Purtroppo, la cava di Camparta risulta avere un'esposizione poco consona alla produzione di uva – conseguentemente di vino – si è quindi pensato di rievocare e sfruttare l'albero di castagno, albero da frutto non autoctono, ma fortemente radicato nella storia della valle.

Le metodologie fino ad ora esplicate richiedono varie figure professionali estere alla formazione di un architetto, per questo tali azioni hanno il solo scopo provocatorio in modo da poter incitare alla progettazione integrata intesa come collaborazione tra figure con una formazione differente tra loro. Per la giusta e corretta espansione del bosco nonché la rifertilizzazione del suolo bisognerebbe eseguire uno studio – verosimilmente eseguito da persone con le giuste competenze del settore – ne segue quindi una visione più programmatica delle azioni legate alla metodologia della naturalità.

La FRUIBILITÀ

Le azioni legate alla fruibilità risultano essere sia di tipo attrattivo, per l'appunto di vogliono introdurre elementi che stimolino il visitatore e incitino alla visita del luogo, sia di elementi a servizio. Si è quindi pensato

di introdurre e progettare una struttura ricettiva, zona dedicata al ristoro e al riparo così come zona adibita ai servizi della persona. Alla conversione di alcune delle pareti di porfido della cava principale, falesie artificiale esiti dei lavori di estrazione, a palestre d'arrampicata a cielo aperto. La conformazione naturale della roccia del porfido permette lo sviluppo di questa attività sportiva, inoltre l'esposizione a nord consente l'utilizzo a tale scopo anche nei mesi estivi e più caldi. Si vuole quindi realizzare una seconda struttura ricettiva nei pressi della parete d'arrampicata; adibita a zona ristoro e spogliatoi.

La seconda cava, a conformazione di cratere, vuole essere convertita a lago. Un nuovo bacino di ritenzione idrica. Servirà quindi progettare un nuovo suolo che permetta l'accumulo della acque meteoriche e la sistemazione della cava per garantire l'accesso a tale luogo, nonché un ulteriore spazio di ricezione ed erogazione di servizi di ristoro.

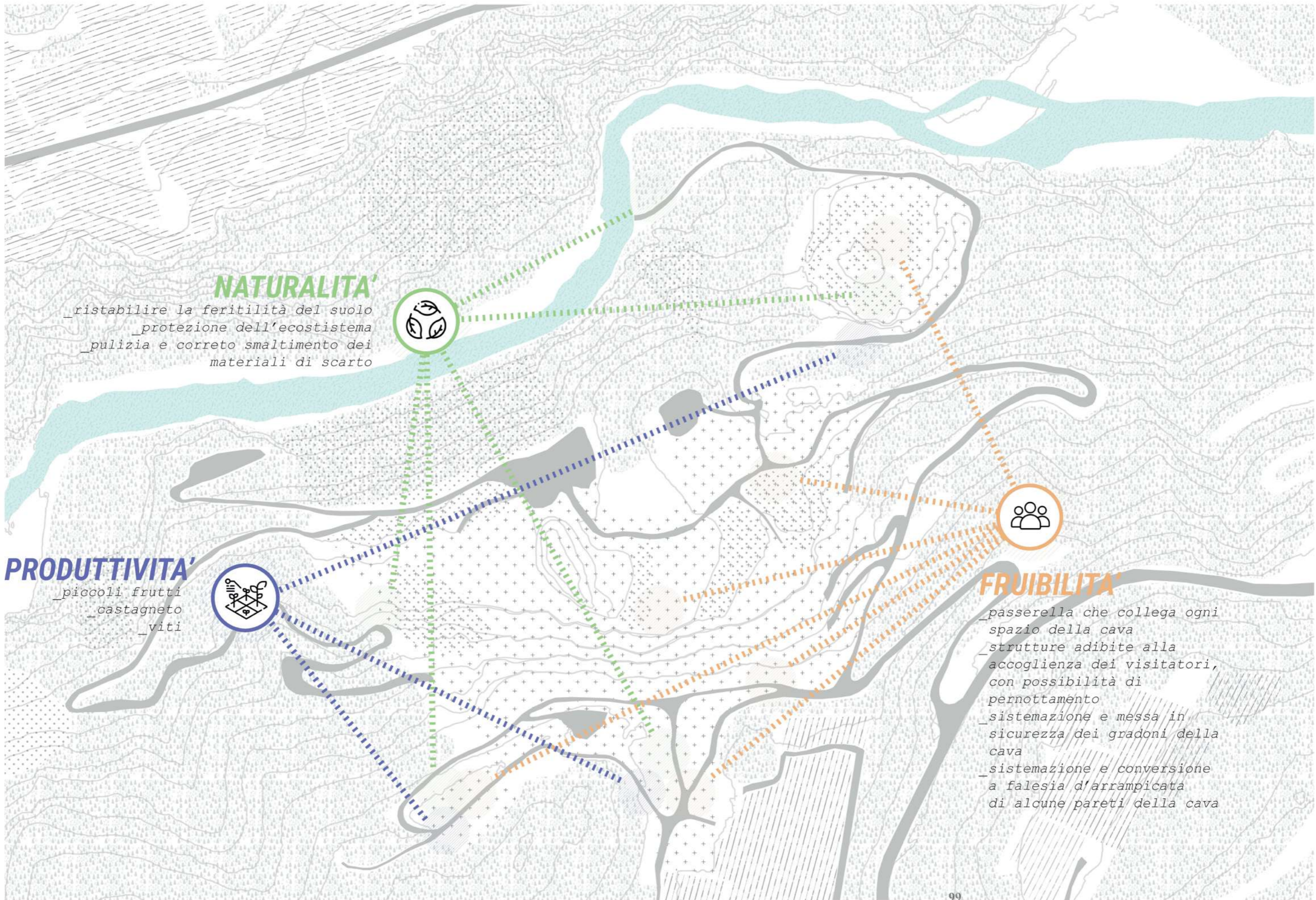
Il percorso ecosistemico rigenerativo

Tutti questi elementi vengono quindi collegati e accorpati dall'anima del progetto. Un unico segno sul territorio, come una linea, che collega gli spazi della cava e vuole accompagnare e far emergere le tematiche di cui sopra. Una passerella che attraversa l'intera cava. Partendo dal fronte più alto percorre i gradoni della cava, varcando poi il fondo cava e facendosi spazio tra il bosco per raggiungere la seconda cava. Solo infine raggiunge il torrente Avisio riconnettendo questo luogo quasi incontaminato con i segni della produzione ed estrazione del porfido, senza mai dimenticare la natura produttiva e naturale di questi luoghi.

Questo percorso prende il nome di "ecosistemico" e "rigenerativo" per sottolineare la sua intrinseca natura equilibrante. Va ricordata la natura industriale di questo luogo, tematiche fortemente emergente in questa tesi, nonostante la componente e il contesto estremamente naturale potrebbe creare confusione a riguardo. Per questo l'intruduzione di un percorso pedonale che è a tutti gli effetti un intervento infrastrutturale potrebbe risultare in contrasto con gli elementi legati alle strategie di rinaturalizzazione e volontà di ristabilire un equilibrio dell'ecosistema. In tal senso si vuole sottolineare una il concetto di "strategia ecosistemica"

Il termine "approccio ecosistemico" viene per la prima volta adottato nel 1995 dalla Conferenza delle Parti della Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD).¹ In seguito il Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice (SBSTTA) definisce il concetto stesso il quale viene così descritto "L'approccio ecosistemico è una strategia per la gestione integrata della terra¹, dell'acqua e delle risorse biologiche che promuove la conservazione e l'uso sostenibile in modo equo" inoltre viene sottolineato come l'approccio si basi su metodologie scientifiche "incentrate sui livelli di organizzazione biologica, che comprendono la struttura, i processi, le funzioni e le interazioni essenziali tra gli organismi e il loro ambiente" e soprattutto che "Riconosce che gli esseri umani, con la loro diversità culturale, sono una componente integrale di molti ecosistemi". Risulta particolarmente interessante quest'ultima

1. <https://www.mase.gov.it/pagina/approccio-ecosistemico#:~:text=L'approccio%20ecosistemico%20consiste%20in,una%20gestione%20integrata%20degli%20stessi>.



NATURALITA'

- _ristabilire la fertilità del suolo
- _protezione dell'ecosistema
- _pulizia e corretto smaltimento dei materiali di scarto



PRODUTTIVITA'

- _piccoli frutti
- _castagneto
- _viti



FRUIBILITA'

- _passerella che collega ogni spazio della cava
- _strutture adibite alla accoglienza dei visitatori, con possibilità di pernottamento
- _sistemazione e messa in sicurezza dei gradoni della cava
- _sistemazione e conversione a falesia d'arrampicata di alcune pareti della cava



affermazione attraverso la quale si riconosce e include la presenza dell'uomo come componente attiva degli ecosistemi. In questo modo la presenza dell'uomo e in particolare la sua impronta antropica è un fattore da considerare, ma che deve essere inserito nell'ambiente e nell'ecosistema in maniera equilibrata. La cava ad ora rappresenta l'esatta antitesi di questo equilibrio. L'uomo si è completamente appropriato di uno spazio naturale e ne ha sconvolto il suo equilibrio a puro scopo produttivo ed estrattivo del porfido. Sicuramente l'azione di scavo difficilmente riesce ad essere in piena sinergia con il concetto di mantenimento e protezione di un ecosistema, ma questo non vuol dire che deve essere, già in principio, abbandonata la volontà di recupero di questi ambienti. Inoltre, l'ormai segno lasciato dall'uomo difficilmente può essere cancellato e l'ecosistema dei luoghi dell'estrazione ha subito una modifica che senza un'azione esterna difficoltosamente si riassetta ad uno stato pre-estrazione. In tal senso diventa quindi distinguere due momenti ben distinti della cava: pre-estrazione, quando l'ecosistema era in piena sintonia e non concepiva la presenza antropica, e il post-estrazione, dove si vuole cercare di porre rimedio e raggiungere un nuovo equilibrio ecosistemico che comprenda anche la presenza dell'uomo. L'azione di recupero di una cava diventa quindi un'azione di redenzione per ciò che ne è stato di questi spazi.

Il SBSTTA introduce 12 principi del sistema ecosistemico. Verranno di seguito riportati solo alcuni di questi enunciati.

1° principio: *"Gli obiettivi della gestione della terra, dell'acqua e delle risorse biologiche sono una questione di scelta sociale"*

Viene sottolineata la forte implicazione che la società detiene nella gestione delle risorse e degli ecosistemi, e di come questi siano altamente influenzati dalla società stessa. Diventa quindi un dovere sociale prendersi cura della biodiversità

2° principio: *"la gestione dovrebbe essere decentrata al livello più basso possibile"*

3° principio: *"I gestori degli ecosistemi devono considerare gli effetti (reali o potenziali) delle loro attività sugli ecosistemi adiacenti e su altri ecosistemi"*

Così come sottolineato nel primo principio l'intervento dell'uomo e quindi di chi gestisce questi luoghi deve essere attentamente studiato per verificare e prevedere gli effetti delle azioni sul territorio.

4° principio: *"Riconoscendo i potenziali vantaggi della gestione, di solito è necessario comprendere e gestire l'ecosistema in un contesto economico. Qualsiasi programma di gestione degli ecosistemi dovrebbe: (a) ridurre le distorsioni del mercato che influiscono negativamente sulla diversità biologica; (b) allineare gli incentivi per promuovere la conservazione della biodiversità e l'uso sostenibile; (c) internalizzare i costi e i benefici in un determinato ecosistema, per quanto possibile"*

La minaccia più grande per la diversità biologica, come riportato nelle motivazioni che dettano il quarto principio, sono legate alla sostituzione

di sistemi ecologici con altri sistemi di diversa entità, con motivazioni legate all'economia. Così come è stato per il bosco che precedeva la presenza della cava. I moventi economici dovrebbero quindi tenere in considerazione e favorire la conversione degli spazi in sistemi più diversificati.

5° principio: *“La conservazione della struttura e del funzionamento degli ecosistemi, al fine di mantenere i servizi ecosistemici, dovrebbe essere un obiettivo prioritario dell’approccio ecosistemico”*

6° principio: *“Gli ecosistemi devono essere gestiti entro i limiti del loro funzionamento”*

7° principio: *“L’approccio ecosistemico deve essere intrapreso alle scale spaziali e temporali appropriate”*

8° principio: *“[...] gli obiettivi per la gestione degli ecosistemi dovrebbero essere fissati a lungo termine.”*

9° principio: *“La gestione deve riconoscere che il cambiamento è inevitabile”*

Questo rappresenta forse il più interessante in quanto evidenzia l'intrinseca natura di cambiamento dell'ecosistema, conseguentemente anche la gestione deve essere in continua evoluzione. A tal proposito si suggerisce quindi una gestione adattiva e anticipatoria. I cosiddetti regimi di disturbo sono inevitabili si deve quindi agire per mantenere o ripristinare questi sistemi.

10° principio: *“L’approccio ecosistemico deve cercare un equilibrio adeguato tra la conservazione e l’uso della diversità biologica e la loro integrazione”*

11° principio: *“L’approccio ecosistemico deve prendere in considerazione tutte le forme di informazione pertinenti, comprese le conoscenze, le innovazioni e le pratiche scientifiche e indigene e locali.”*

12° principio: *“L’approccio ecosistemico dovrebbe coinvolgere tutti i settori rilevanti della società e le discipline scientifiche”²*

Si vuole quindi adottare questo approccio ecosistemico come base di partenza per la definizione della strategia d'azione. A tale approccio viene associato il concetto “rigenerativo” in quanto il progetto stesso, il quale quindi prevede un percorso dalla cava fino al torrente, è costituito da un insieme di infrastrutture le quali devono convivere con l'ecosistema che ripristinato della cava.

Il fine ultimo quindi diventa la simbiosi tra gli ecosistemi del bosco e del torrente e la presenza dell'uomo. Un paesaggio diversificato che comprende gli elementi biologici locali e non dimentica l'impronta antropica che ha lasciato un segno indelebile sul territorio. ²

2. <https://www.cbd.int/recommendation/sbstta?id=7027>

Capitolo 5

Progettare la forma

Il nuovo volto di Camparta

Nel seguente capitolo si vuole presentare ogni aspetto del progetto, si avrà quindi una prima visione a larga scala analizzando il masterplan che coinvolge l'intera area sino ad ora studiata. Successivamente avverrà una discesa di scala andando a chiarire ogni singola area, il suo funzionamento, la composizione alla base di questo progetto intrecciando tutti i concetti fino ad ora presi in considerazione per lo sviluppo di questo parco

Obiettivi:

definire una visione tramite masterplan, planimetrie, schemi, dettagli costruttivi e immagini delle azioni progettuali

5.1 *Il masterplan*

L'architetto e paesaggista Garret Eckbo si è interrogato sul significato di paesaggio e la sua connessione con l'architettura.

Nel saggio "Is landscape architecture?" Eckbo si interroga su tale relazione. L'architetto si interessa solo alla costruzione dell'edificio e il paesaggista solo del paesaggio? No. Di fatto trova un'unione in comune tra le due discipline, differenti ma strettamente correlate tra loro. Non esiste quindi un margine tangibile che separi le due materie. La risposta, secondo Eckbo, risiede nel termine stesso: la materia dell'architettura del paesaggio integra il paesaggio con l'architettura. Una risposta che può sembrare banale, ma non lo è. Spesso ci si interroga sul contesto e sul territorio per poter comprendere le dinamiche in atto a fini compositivi, in tal modo allora non può diventare il paesaggio stesso e quindi l'elemento naturale strumento per impostare e gestire nuovi spazi ai confini e non solo del costruito? A tal fine, si pongono le cave della Val di Cembra sotto un'ottica del "costruito", di un elemento antropico dal futuro incerto. Si vuole quindi integrare l'elemento naturale, ecologico e l'elemento architettonico per poter dare una nuova vita a questi luoghi.

Le aree del parco

L'intero progetto ricopre una vasta area la quale comprende sia le cave di camparta che le zone limitrofe. Come è già stato anticipato dai primi capitoli di questa tesi l'area di progetto può essere suddivisa in più zone. Questa suddivisione è stata utilizzata per categorizzare e quindi identificare i vari punti di forza e debolezza, ma riemerge nel fase di progettazione e soprattutto diventano evidenti nel progetto. Si pone attenzione sul fatto che queste zone, seppur diversificate, non presentano dei confini invalicabili anzi la possibilità di spostarsi dall'una all'altra in maniera ordinare è alla base della riscoperta della cava stessa.

Come evidenziato nel masterplan l'intero parco presenta due punti d'accesso: il primo, e anche il principale, è a sud del complesso. Accesso il quale è immerso nella campagna e nel bosco; di fatto la strada per arrivare al parco risulta una strada di campagna relativamente stretta la quale permette in ogni caso il passaggio di due auto nei due sensi di marcia. Giunti al parcò lo spazio si allarga in un luogo molto ampio, zona della cava. In questa zona viene posto il parcheggio. Parcheggio dal quale inizia il percorso della cava. Il secondo accesso è posto sulla Strada Provinciale 76, in direzione Albiano.

Le aree interne vengono suddivise sulla base della loro funzione. Gli spazi superiori della cava vengono riconvertiti a zone di ricezione del turista. Verrà quindi introdotto un parcheggio e delle strutture ricettive quali un bare e dei servizi igienici. Le pareti della cava, vista la loro duplice composizione: naturale in quanto formate dal materiale del porfido in stato grezzo e antropico in quanto la forma di queste pareti è ovviamente generata dall'azione dell'uomo, subiscono due diverse vite. Le pareti ad est della cava vengono sfruttate per conferire uno spirito legato all'impiego sportivo. Di fatto vengono adoperate come pareti d'arrampicata all'aperto. Le pareti nel versante ad ovest della cava

vengono lasciate intatte così come sono. Elementi commemorativi della storia dell'estrazione del porfido. L'accesso a tali spazi risulta quindi essere impossibilitato ed esse possono essere ammirate dal fondo della cava.

Giunti quindi nello spazio più grande: il fondo cava, la sua nuova vita rimane ad ora incerta. La sistemazione e pulizia di questa zona ne permettono la piena libertà del visitatore di passeggiare e girare nei fondi della cava addentrandosi sempre più in profondità nei meandri di questa imponente cava. Il punto più basso, che risulta essere un vero e proprio buco nel terreno permette, vista la sua conformazione ad anfiteatro, l'utilizzo a scopo ludico.

Addentrandosi invece oltre questo ultimo foro nel terreno si giunge ad uno spiazzo, ad uno slargo che con la sua distanza dai gradoni della cava ne permette la perfetta vista sull'intero complesso. Quest'area rimane libera e gli unici confini che vengono posti sono il bosco stesso che ne impedisce la impossibilità di valicare questi luoghi.

La seconda cava, così definita a "cratere", è quella che subisce la trasformazione maggiore. Con l'utilizzo dell'ingegneria ambientale è possibile creare un lago artificiale. Un nuovo spazio di sinergia tra l'uomo e la natura. Spazio d'incontro tra la vegetazione e la fauna dei laghi montani e la vivibilità dell'uomo.

Il punto d'arrivo dell'intero parco è il maestoso torrente Avisio. Questo luogo rappresenta la zona di progetto che meno subisce trasformazioni. Di fatto l'azione progettuale di questo luogo è quella di non agire affatto. Garantito l'accesso al visitatore e alla visitatrice, questi e queste si ritrovano immersi in un luogo completamente naturale. Un luogo che non appartiene all'uomo e che deve quindi rimanere incontaminato.

I percorsi

La viabilità interna è suddivisa in tre tipologie di percorsi; il primo, che è la via principale, è l'anima del progetto. Un unico tratto che collega tutti gli spazi della cava dal punto più alto fino ad addentrarsi nella naturalità del torrente. Questo elemento è completamente ricoperto in corten, difatto la matericità degli elementi vanno a creare una gerarchia tra i vari percorsi. Questo percorso, in particolare il tratto che segue i gradoni della cava, per via della conformazione naturale del terreno, rendono impossibile la percorrenza da parte di persone con disabilità nonostante l'intero tratto sia una pedana con una pendenza massima del 9%, non è possibile, per forze maggiori, rispettare le lunghezze minime da normativa per rendere una rampa accessibile. In tal senso si è voluto mantenere e sottolineare il tema dell'inclusività. Per questo la vecchia strada principale, sita ad est del complesso di cava. I sistemi di percorsi all'interno del parco, seppur molto semplici, mirano ad un'inclusività totale.

masterplan di progetto

Legenda

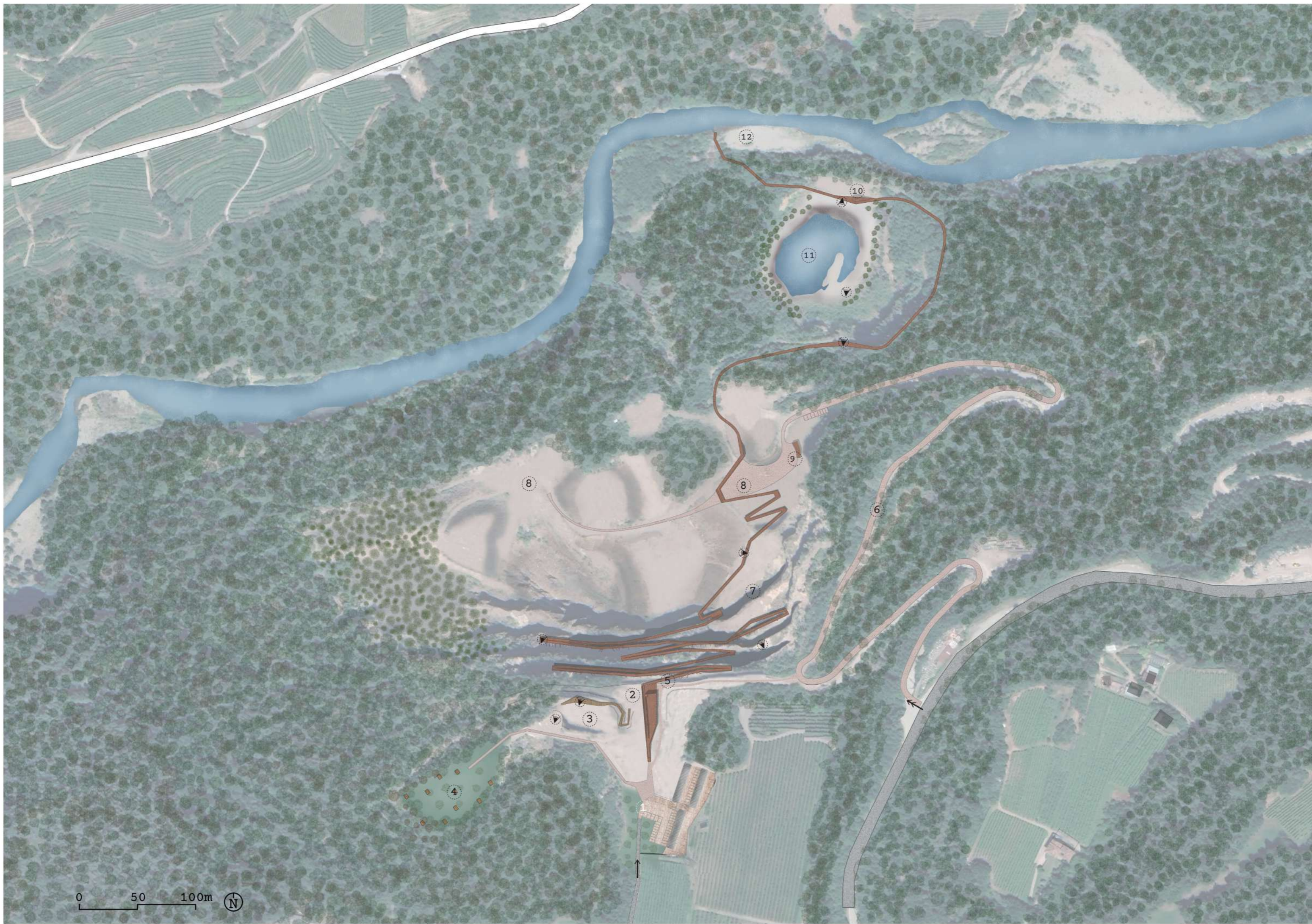
Area ricettiva

- accesso principale
- accesso secondario
- ① parcheggio
- ② struttura ricettiva
- ③ playground
- ④ frutteto
- ⑤ accesso passerella
sospesa

La cava

- ⑥ percorso ciclabile/carrabile
- ⑦ parete d'arrampicata
- ⑧ fondo cava
- ⑨ parcheggio
- ⑩ chiosco del lago
- ⑪ lago della cava
- ⑫ spiagge dell'Avisio

- 📍 punti panoramici



0 50 100m N

le aree

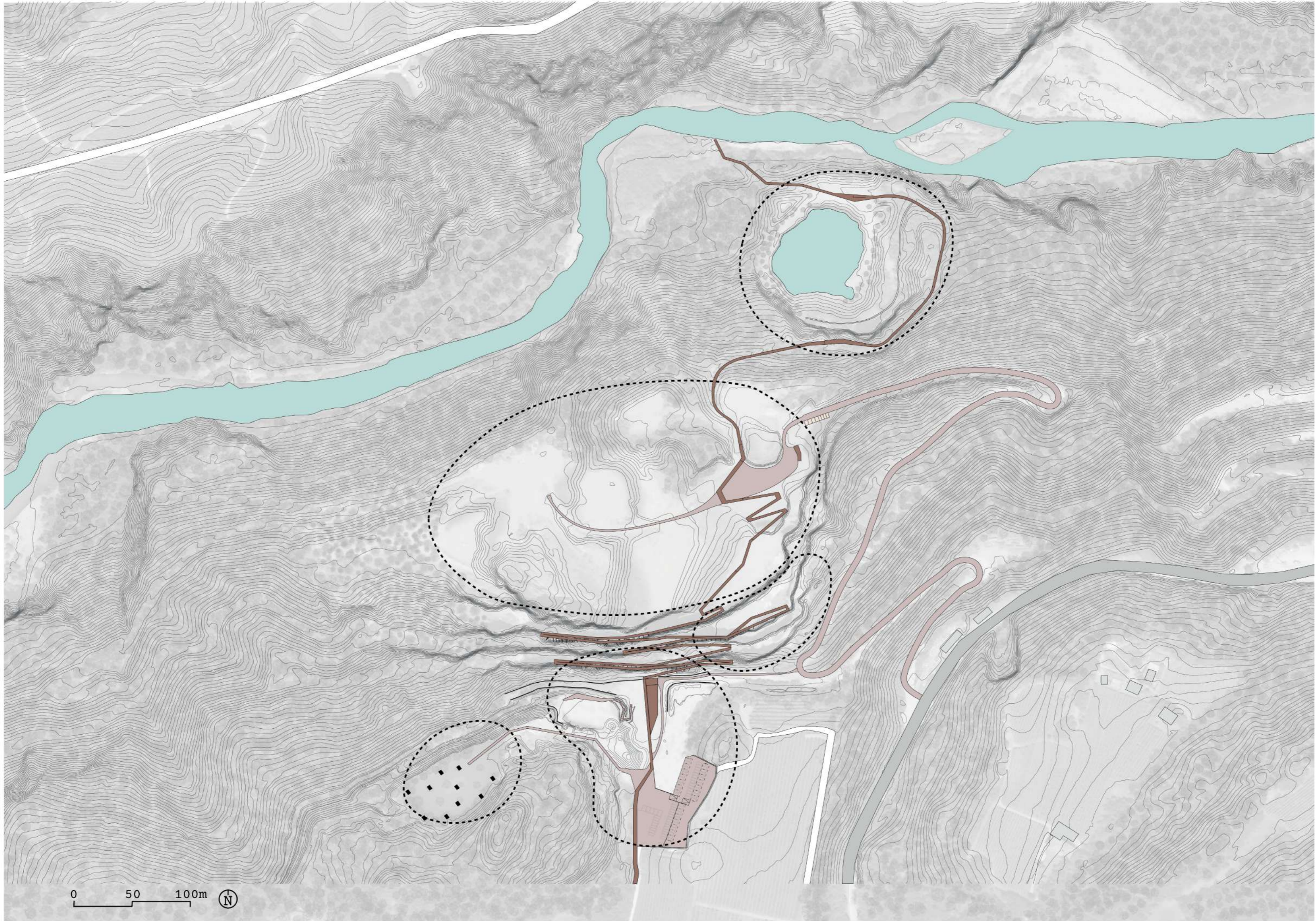
Il sistema di percorsi della cava è stato studiato e pensato con una gerarchia ben precisa. Il percorso principale è guidato dalla passerella in corten, suddivisa in alcuni tratti contro terra che permetteranno l'accesso agli spazi del parco e in alcuni tratti sospesi. In particolare la zona dei gradoni della cava prevede un percorso sospeso in quota "aggrappato" al porfido.

Un percorso secondario, che segue le vecchie strade camionabili, permette l'accesso ciclabile e carrabile per utenti portatori di disabilità, in modo da garantire la massima accessibilità ad ogni luogo della cava.

Legenda

I percorsi

- percorso principale pedonale
- accesso secondario carrabile e ciclabile
- percorsi ciclopedonali interni al parco



0 50 100m N

i percorsi

Il sistema di percorsi della cava è stato studiato e pensato con una gerarchia ben precisa. Il percorso principale è guidato dalla passerella in corten, suddivisa in alcuni tratti contro terra che permetteranno l'accesso agli spazi del parco e in alcuni tratti sospesi. In particolare la zona dei gradoni della cava prevede un percorso sospeso in quota "aggrappato" al porfido.

Un percorso secondario, che segue le vecchie strade camionabili, permette l'accesso ciclabile e carrabile per utenti portatori di disabilità, in modo da garantire la massima accessibilità ad ogni luogo della cava.

Legenda

I percorsi

- percorso principale pedonale
- accesso secondario carrabile e ciclabile
- percorsi ciclopedonali interni al parco



0 50 100m N

111

5.2 *La sommità della cava*

Il primo luogo in cui ci si imbatte quando si raggiunge il complesso della cava di Camparta è ovviamente la sommità della cava, lo spazio sovrastante la cava.

Diversamente da altri complessi di cave presenti nella valle, il fronte cava di Camparta risulta essere particolarmente ampio e spazioso. Come già emerso dalle analisi svolte nei capitoli precedenti ci sono due accessi; il principale, il quale è raggiungibile tramite una strada relativamente stretta immersa nel bosco e nei vigneti locali. Il primo luogo che si trova ovviamente è il parcheggio, essenziale vista la posizione isolata e quasi nascosta della cava. Il parcheggio conta 84 posti auto ordinari e 6 posti auto adibiti a disabili. Vengono qui sfruttate le vecchie strutture per garantire protezione, sia dagli agenti atmosferici sia dal sole, a gran parte dei posti auto. Il parcheggio viene realizzato in cubetti di porfido richiamando la natura stessa del luogo e ricordano la tradizionalità di questo materiale. Inoltre sfruttando il corretto impiego dei materiali di riempimento delle fughe è possibile rendere la pavimentazione permeabile.

Passato il parcheggio si giunge su di una piccola piazza che è punto di ritrovo e di accesso all'intero complesso del parco. Il materiale sfruttato per questo luogo è il calcestruzzo grossolano ad alta porosità sempre per garantire permeabilità al suolo.

Dalla piazza d'accesso si svincolano due percorsi; il primo si innalza di quota e si dirige ad ovest nel bosco con alcuni punti che garantiscono una veduta sull'intera valle. Questo percorso secondario conduce ad un luogo volutamente nascosto: l'albergo nel frutteto. Questo spazio subisce una riqualifica a livello naturalistico in quanto si vuole fertilizzare il suolo ora sabbioso e crescere un frutteto. Immerso in questo frutteto sono presenti delle stanze adibite al pernottamento e non solo.

Il secondo percorso che inizia dalla piazza, il quale rappresenta il percorso principale del parco, si dirige verso la cava.



fig. 1: veduta sui gradoni della cava, foto da sopralluogo eseguito in data

Ci si imbatte subito nella struttura ricettiva principale, la quale presenta servizi di ristorazione e servizi igienici. Attorno a questa struttura si sviluppa il parco il quale è formato da un terreno sabbioso, segno della lavorazione che ha modificato questo luogo.

In direzione ovest della struttura ricettiva è presente una zona collinare sulla quale appare un playground. Una zona gioco con vista panoramica sulla cava e sulla valle raggiungibili tramite dei piccoli terrazzamenti realizzati modificando la morfologia del terreno sfruttando gli inerti della lavorazione del porfido.

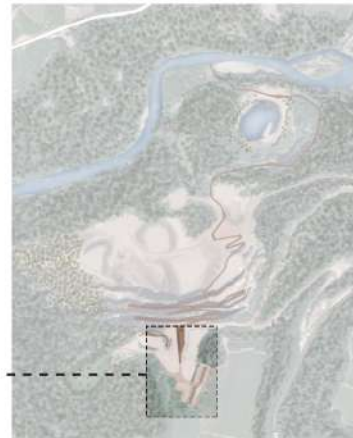
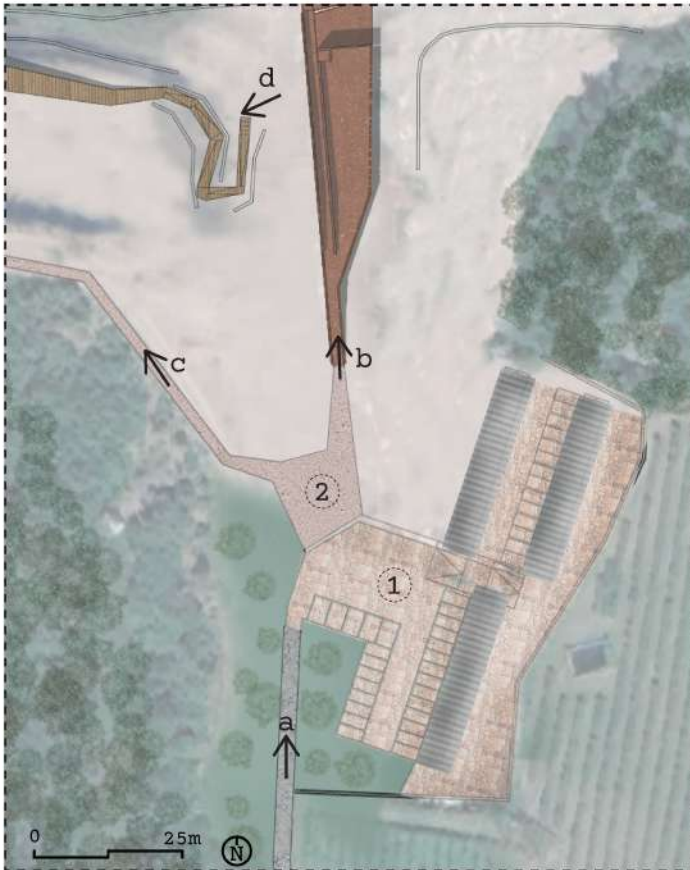
Nella zona est dell'edificio prosegue un sentiero secondario. Sentiero pensato per il ciclista che permette il raggiungimento del fondo cava altresì impossibili proseguendo per il percorso principale. Tale via si incrocia con il secondo accesso alla cava. Accesso dalla strada provinciale 76, reso carrabile per permettere la visita il più inclusiva possibile sia a persone anziane che portatrici di disabilità.

vengono di seguito esposte le varie aree e zone del progetto facenti parti della parte superiore della cava, partendo dal parcheggio fino a giungere all'estremità della parete di porfido della cava.



*fig. 2: veduta sulla valle
dal fronte cava, foto da
sopralluogo eseguito in data*

l'accesso al parco



① Parcheggio



84 posti auto



6 dei quali adibiti a disabili



Pavimentazione in
Cubetti di porfido


② Piazza d'accesso la parco




Pavimentazione in cls
poroso permeabile


Aree - legenda

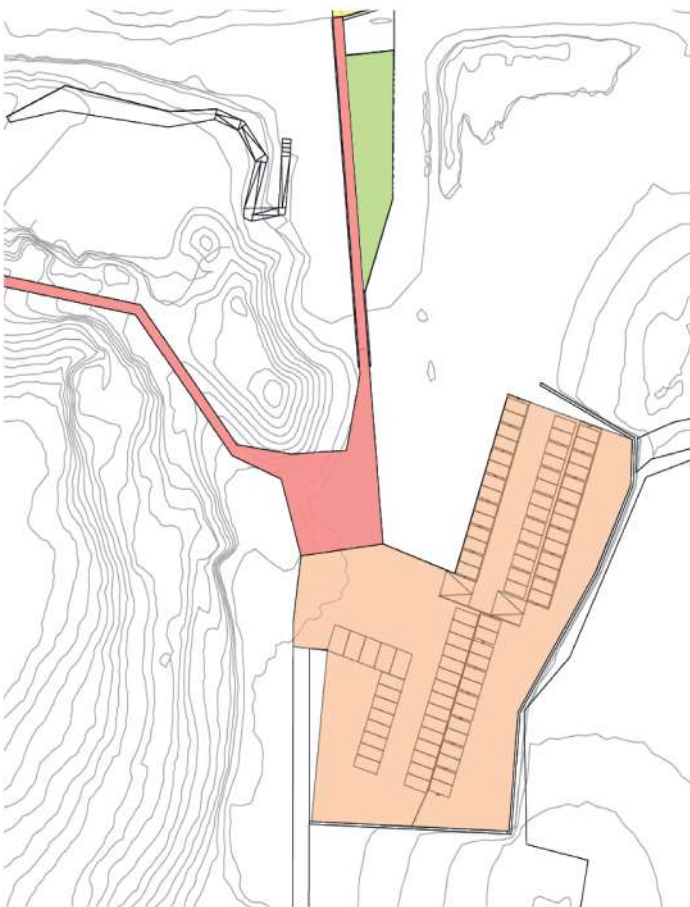
- a** → Accesso principale al parco
- b** → Inizio del percorso principale
- c** → Sentiero per il frutteto
- d** → Camminamento per il playground

 Parcheggio

 Percorso contro terra

 Percorso a sospeso

 Strutture ricettive



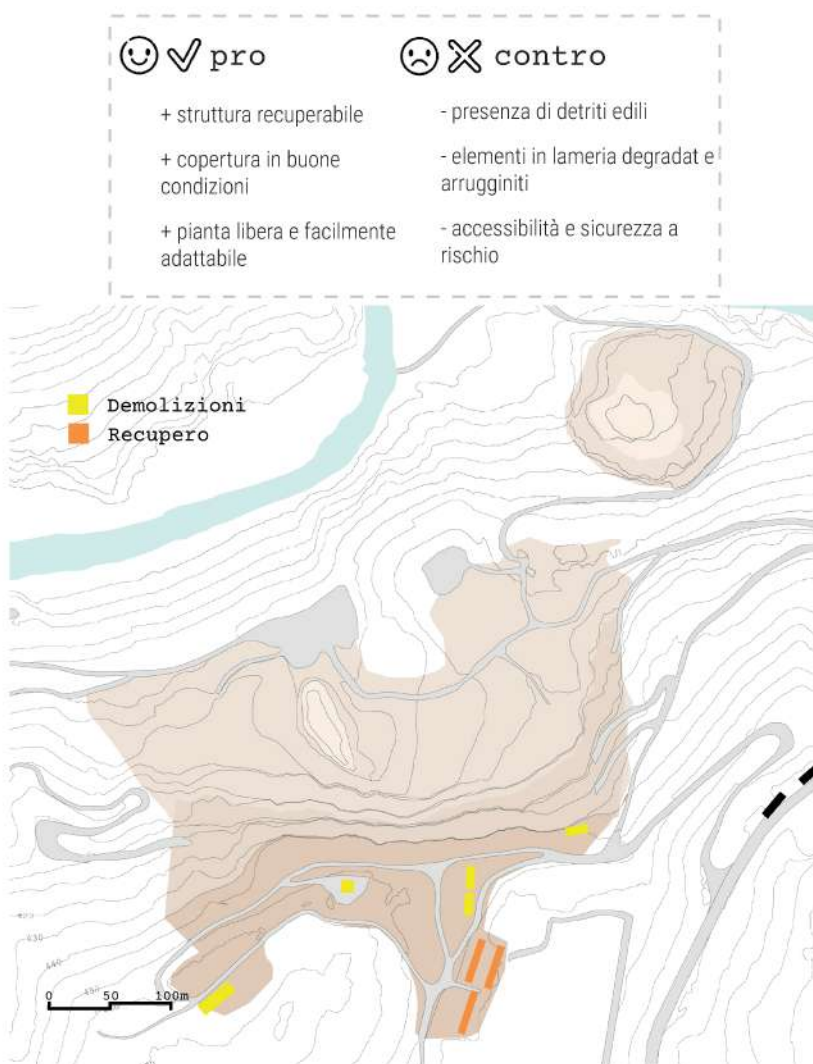
Gli edifici industriali - il tema dell'abbandono

Un tema importante che emerge nei pressi dell'accesso al parco è quello dell'*architettura industriale*. Sono presenti nel fronte cave dei ruderi di baracche una volta utilizzate per lo stoccaggio e la lavorazione del porfido. Ad ora la maggior parte di queste baracche vertono in uno stato di totale abbandono.

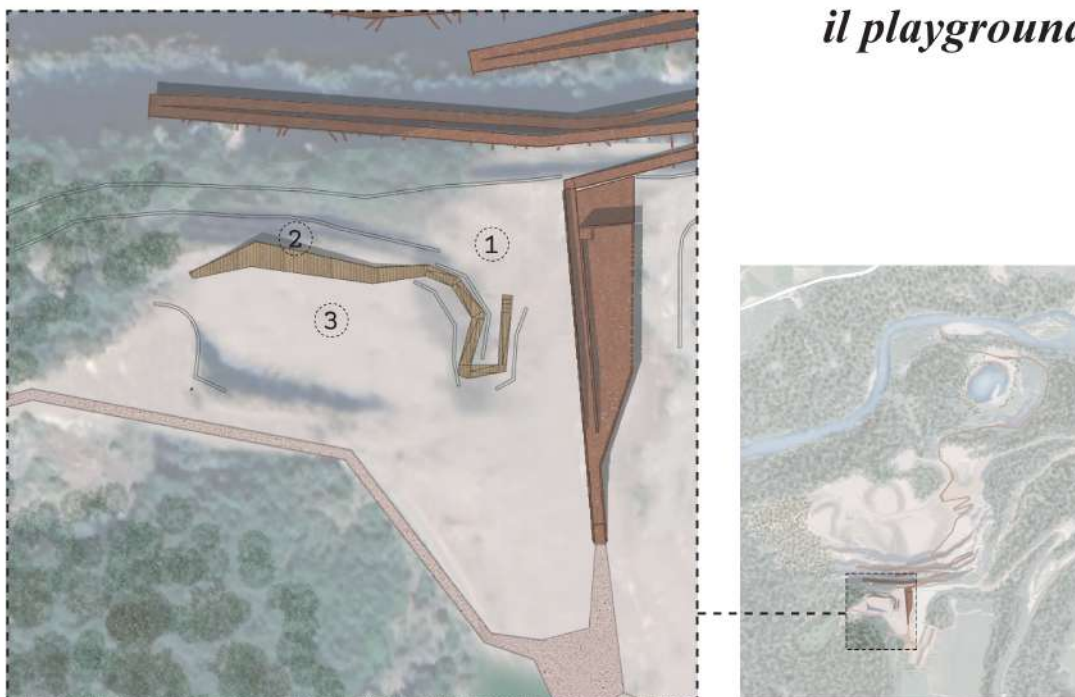
Viene quindi svolta un'analisi e valutazione di questi elementi. Si vuole definire il loro livello di degrado e di conseguenza le loro potenzialità, inoltre valutarne il valore sia architettonico che storico.

Il recupero delle baracche è destinato a diventare parcheggio. In tal modo la zona ad ora cementata viene riconvertita a pavimentazione porosa in ciottoli di porfido, perfetti per il transito di veicoli viste le importanti proprietà meccaniche del porfido, e le strutture esistenti permettono una copertura e ombreggiatura per i posti auto.




Gli elementi industriali all'interno del parco verranno invece demoliti e smantellati in quanto presentano uno stato di degrado tale per cui risulta difficile garantire la sicurezza. Inoltre tale scelta è dettata dalla volontà e dall'azione di rinaturalizzazione della cava.



il playground



AZIONI

-  inserimento di elementi ludici per bambini e bambine
-  piantumazione di alberi da frutto - castagni
-  punto panoramico sulla cava e sulla valle

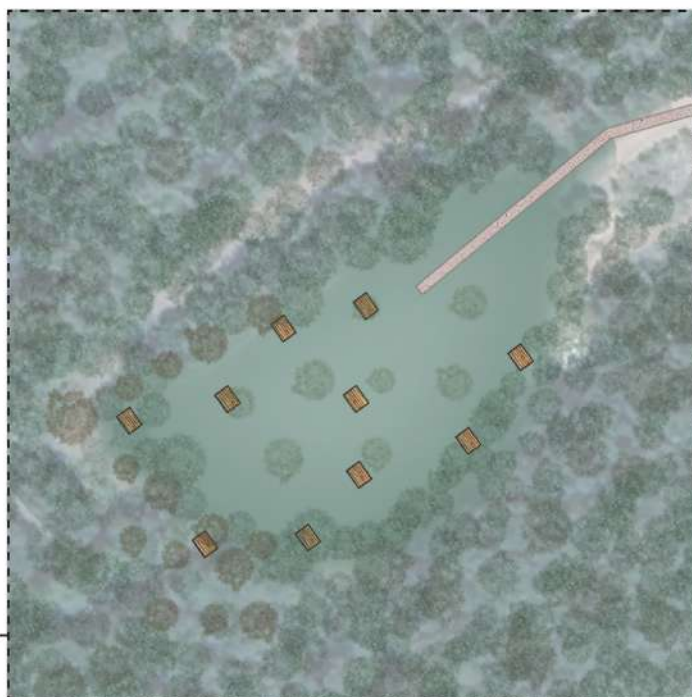
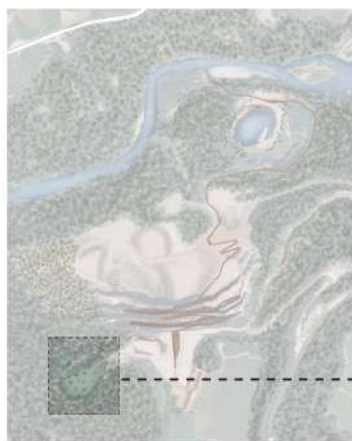
Ad ovest della struttura ricettiva è presente un terrazzamento rialzato ad un quanto di 6m superiore al piano del percorso. Si è voluto rivitalizzare questo spazio rendendolo accessibile tramite un collegamento garantito da una serie di scalini e rampe.

Raggiunto questo spazio una semplice struttura permette la messa in sicurezza del luogo e la possibilità di godere della vista panoramica sulla valle

Gli elementi da gioco

Questo spazio viene pensato per i visitatori e le visitatrici più giovani. È stato creato un luogo dove la naturalità del bosco incontra una zona adibita al gioco. Una parte verrà implementata quindi con elementi di corredo per un parco giochi e in parte verrà incentivata una rinaturalizzazione e piantumazione di elementi naturali per permettere lo sviluppo di un habitat dinamico per insetti di vario tipo. In tal modo si vuole promuovere la volontà di coltivare in maniera intelligente, accostando tra loro elementi floristici che rappresentano il primo passo per ristabilire un ecosistema vivo.

il villaggio nel frutteto



AZIONI



Ristabilire la fertilità del suolo



piantumazione di alberi da frutto - castagni



area dedicata al campeggio con struttura tipo
albergo diffuso

il castagneto

In quest'area che diviene un frutteto, quindi un luogo estremamente naturale ma allo stesso tempo dall'impronta fortemente antropica in quanto generato dall'uomo - così come i vitigni tipici della valle - è stato scelto di inserire il Castagno per svariate motivazioni.

1) Prima fra tutte è il richiamo alla produttività agricola, e quindi alle tematiche legate alla produzione

2) la seconda motivazione è legata alla storia della Val di Cembra; essa infatti ha un forte legame con il castagno e il frutto da esso prodotto, una volta coltivato e usato come merce di scambio, ora ha conquistato i boschi e non di rado si trovano castagni selvatici inoltre esso è presente in molti stemmi comunali locali¹

3) l'esposizione e la composizione del terreno, con qualche intervento, ne permettono la piantumazione

Il castagno - *Castanea sativa* - in Italia è presente su tutto il piano medio

montano. Le problematiche maggiori sono dai dalle basse temperature e i periodi di siccità. È quindi una specie termofila (adatta a vivere in ambienti caldi e temperato-caldi) e piuttosto mesofila (adatta a vivere in a temperature medio-calde).

È una specie acidoclina adatta per i terreni acidi e subacidi, per questo spesso la si incontra nella val di Cembra. Predilige i terreni sciolti, freschi e ricchi di nutrienti soprattutto di potassio e fosforo.

La sua densità e presenza nella valle è principalmente di origine antropica confrontabile ai querceti caducifogli e alle faggete nelle zone più fresche.²

In conclusione si vuole rievocare questo elemento sia naturale che produttivo che in passato rappresentava parte dell'economia locale.

Il villaggio

Questo spazio vuole essere, così come il playground, una zona di raccordo tra elementi naturali ed elementi antropici. Per questo si è voluto inserire degli spazi architettonici atti al riposo, alla sosta e volendo pure al pernottamento.

Prendendo ispirazione dai bivacchi montani, tipico archetipo delle Alpi, si programma la progettazione di elementi sparsi all'interno del frutteto a gestione autonoma i quali possono essere sfruttati sia dalla popolazione locale e dal turista, in particolare collegandosi agli elementi sportivi caratterizzanti della cava che verranno introdotti nei capitoli a seguire.¹

1 <https://www.comune.albiano.tn.it/Territorio/Il-paese-di-Albiano/La-storia-di-Albiano>

2 <https://www.actaplantarum.org/forum/viewtopic.php?t=614>

5.3 *La cava, il lago e il torrente*

Elementi caratterizzanti ed estremamente importanti sono quelli riportati nel titolo di questo capitolo. Ovviamente la cava non ha bisogno di grandi spiegazioni in merito. Essa rappresenta il punto di partenza dell'intero progetto. La sua natura antropica ha generato uno spazio dalle potenzialità immense.

Il lago, elemento fuorviante, in quanto la sua natura antropica potrebbe essere ignorata. La seconda cava con conformazione a cratere che viene convertita a lago rappresenta un nuovo luogo per generare vita, per riequilibrare l'ecosistema che e generarne uno nuovo.

Il torrente invece rappresenta lo spazio più incontaminato dell'intero progetto. L'Avisio, noto per le sue acque torbide e la sua forte dinamicità, genera dei luoghi naturali difficilmente raggiungibili a causa della conformazione morfologica della valle. A tal scopo si è voluto riscoprire questo luogo e renderlo accessibile.

Affiora ora più che mai l'importanza che assume il percorso stesso all'interno del complesso per poter connettere questi luoghi tra loro, in questo climax che dal punto più alto della cava fino a raggiungere il fondo della valle e le sponde del torrente Avisio vede la metamorfosi dapprima in un paesaggio industriale e a completa disposizione delle esigenze dell'uomo, quale la cava, per poi addentrarsi nel bosco e raggiungere il lago della cava; elemento naturale ma dall'origine antropica. Esso rappresenta un punto di incontro tra il concetto di natura e il tema dell'industrializzazione. Fino a giungere nell'ambiente più integro di tutti: il torrente.

Naturalità, produttività e fruibilità

L'elemento dell'acqua è uno dei primi emersi in fase di analisi. Diviene quasi naturale quindi riportare nel progetto dell'intero parco questo tema. Attraverso il lago sarà possibile quindi generare un nuovo spazio, un nuovo specchio che contempla la cava stessa. A corredo di questo bacino rimangono le pareti di porfido che, con il loro colore rossastro, sono simbolo identitario della valle stessa, le quali si riflettono e sull'acqua stessa generando così un rapporto e una relazione tra i due elementi.

Il torrente è il secondo rappresentate di questa tematica. Seppur non è un'azione progettuale in sé si vuole rievocare la sua essenza e, così come un tempo il fondo valle veniva sfruttato per trasportare il porfido lavorato per essere commercializzato, ricollegare questi spazi e renderli in parte accessibili.

Entrambi questi luoghi quindi vanno a collegare le strategie preposte; essi infatti diverranno luogo di aggregazione. In particolare il lago della cava con la possibilità di accedere alle sue acque, la formazione di "spiagge" e di attività lacustri. Inoltre la presenza del castagno vuole sottolineare e richiamare la natura produttiva, a tale scopo esso viene reintrodotta nei dintorni del lago.

Le sponde dell'Avisio, pur divenendo accessibili, sono luogo dove la presenza dell'uomo è paragonabile a quella di un ospite. Qui la natura è predominante e tale deve rimanere. Per questo l'intervento architettonico in questo luogo deve e sarà il minimo necessario per permettere la visitabilità

In tal senso questi spazi naturalizzati diventano il perfetto luogo per lo sviluppo di una nuova biodiversità. L'integrazione e lo sviluppo della flora locale, la presenza di acqua elemento vitale, generano una reazione a catena che porterà alla ripopolazione della cava. Insetti e piccoli animali inizieranno a vivere questi luoghi che ad ora risultano essere morti e abbandonati. I volatili potranno sfruttare l'espansione del bosco per vivere e riprodursi. Così viene valorizzato il concetto ecologico alla base dell'intero progetto.

Lo spazio della cava principale ha come valore intrinseco la produttività. tematica che emerge evidenziando e creando una simbiosi tra il visitatore e gli elementi caratterizzanti della cava. Il percorso crea un contatto, sia fisico che emotivo, con la materia del porfido attraverso il percorso stesso. In particolare la zona del percorso che scivola dolcemente da un gradone della cava all'altro permettendo di raggiungere punti della cava che sarebbero irraggiungibili altrimenti. Dal fondo della cava invece è possibile ammirare l'immensa grandezza di questo luogo che fino ad ora era possibile osservare solo da lontano. Inoltre, i percorsi secondari che attraversano il bosco come quello ciclo-carrabile, permettono di avere e godere di particolari scorci sulla cava. Inoltre, il tema legato alla produttività, vuole emergere tramite la componente agricola.

Nel capitolo dedicato alla lettura ed analisi del contesto sua locale che territoriale è emerso il "paesaggio industriale" composto sia dalla produzione di porfido sia dalla produzione agricola. In tal senso si vuole richiamare la produttività in ambito produttivo inserendo nell'intero contesto della cava, dove possibile e dove il suolo rende possibile, la piantumazione di elementi naturali a tema produttivo. Così come è stato fatto per la zona del villaggio nel frutteto.

Sul fondo cava sarà presente una piazza racchiusa dal percorso principale. Luogo di incontro e punto di partenza dei sentieri interni. In particolare questa piazza assume pure uno scopo inclusivo in quanto presenta dei parcheggi per disabili. Per garantire la visitabilità, come già descritto nel paragrafo dedicato ai percorsi del parco, la strada principale che permette la discesa nel fondo cava viene resa carrabile.

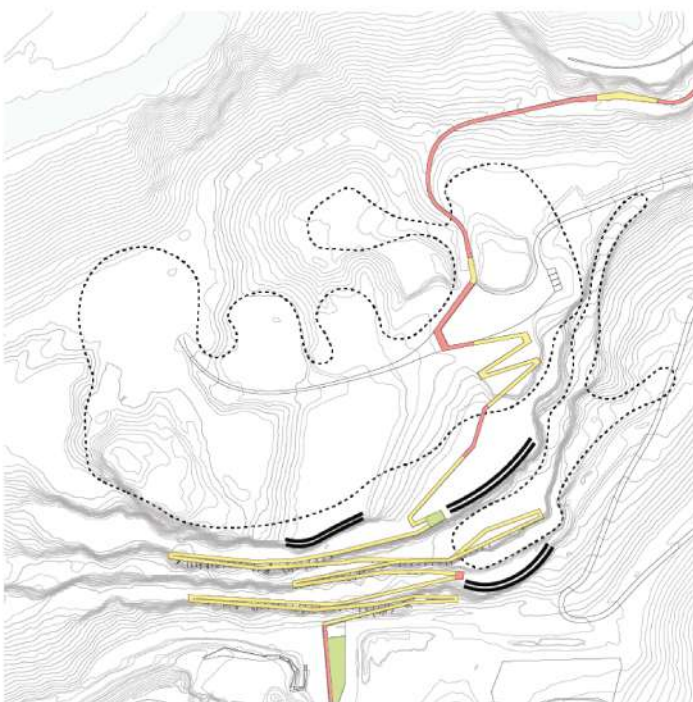
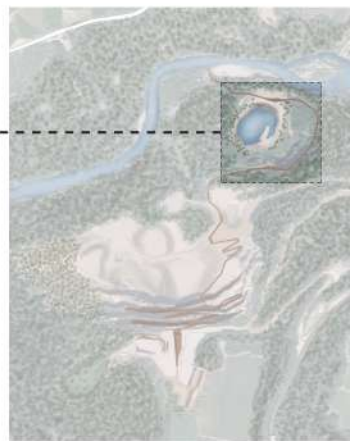
Il percorso che permette l'accesso in direzione ovest agli spazi della cava rimarca quello che era la viabilità antistante a questo progetto. Questo sentiero scende di quota e permette l'accesso ai "fori" generati dagli scavi. Interessante raggiungere il punto più basso della cava che risulta quasi essere in depressione rispetto al resto del fondo cava. Questo luogo permette di ammirare i gradoni della cava da un'angolazione particolare, sottolineando l'imponenza e la grandezza dei gradoni di porfido.

Nel punto più ad ovest è presente una spianata. Essa viene volutamente lasciata libera.

Unico elemento che delimita i confini della cava è il bosco stesso, che diventa strumento dell'architettura del paesaggio per generare spazi e luoghi.

Ad alimentare e sostenere la strategia dell'attrattività e fruibilità della cava viene introdotto il tema dello sport. A tal scopo alcune delle pareti sul fronte cava sono dedicate all'attività sportiva della scalata. Ciò è stato introdotto per dare un nuovo senso ai gradoni.

il fondo cava



AZIONI



pulizia dai materiali di scarto dove necessario



sistemazione delle pareti dedicate all'arrampicata



sistemazione della viabilità e dei sentieri interni

I gradoni della cava

Il fondo cava diviene raggiungibile in due modi: tramite la passerella sospesa lungo il fronte cava e tramite la sistemazione della vecchia strada camionabile della quale si è già discusso all'inizio di questo capitolo.

Il percorso sospeso, inoltre, rappresenta l'unico modo per poter accedere ai gradoni della cava. Il primo gradone, iniziando il conteggio dall'alto quindi nel senso di percorrenza della passerella, è in parte accessibile permettendo al visitatore di mettere direttamente i piedi su quello che una volta era il vero e proprio luogo di estrazione del porfido. Ci si trova quindi ai piedi della parete di porfido, parete di porfido alla quale si vuole dare una nuova vita.

Nel paragrafo precedente si è parlato di introdurre il tema dell'arrampicata sportiva e per questo sono state selezionate alcune zone dedicate. La volontà di introdurre questa attività, oltre che al raggiungimento dell'obiettivo di fruibilità, è mossa dalla natura stessa della cava. Il porfido presenta una morfologia molto particolare la quale permette una tipologia di scalata che si differenzia particolarmente da altre pareti sportive di natura differente (come la scalata su dolomia o calcare, molto più comune in Trentino Alto Adige). L'arrampicata su porfido richiede una tecnica differente distaccandosi quindi dalle altre falesie presenti sul territorio.

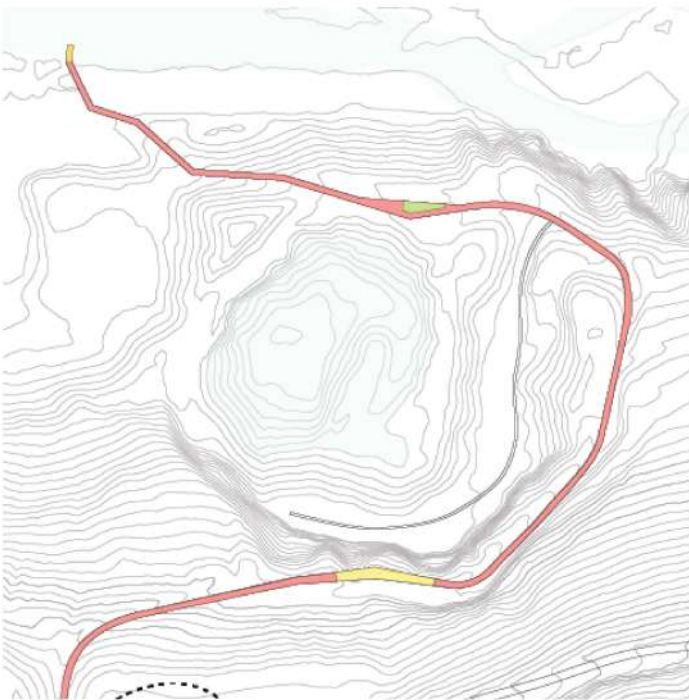
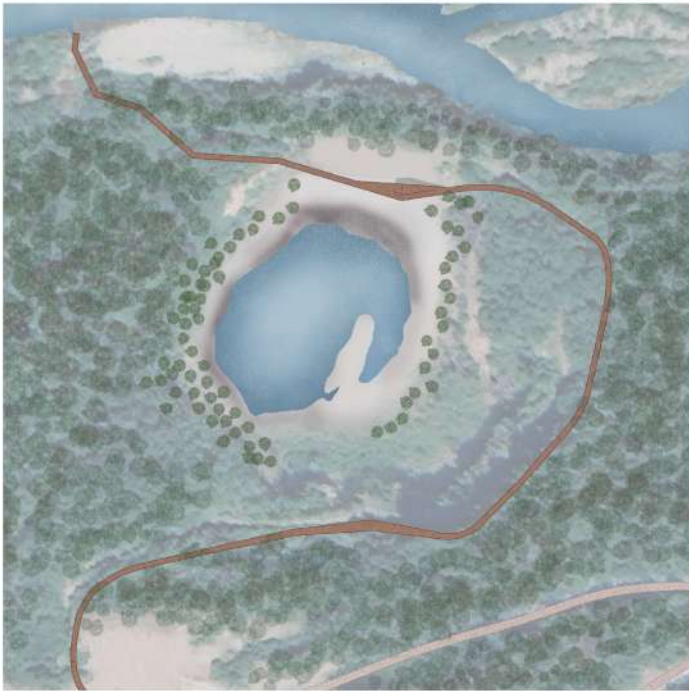
La piazza nel fondo cava

Nell'introduzione di questo capitolo è stato anticipato la presenza di un luogo di ritrovo e aggregazione nel fondo cava. Questo spazio è la zona dove si riuniscono tutti i sentieri di viabilità interni alla cava, la passerella in acciaio corten, l'accesso secondario ciclabile e carrabile e i sentieri interni.




I materiali che vengono sfruttati ed utilizzati per realizzare questo spazio aggregativo è un manto in terreno stabilizzato. Questa particolare tecnica permette di creare superfici omogenee nel pieno rispetto dell'ecosistema. I vantaggi principali sono due: il primo risiede nel materiale stesso con cui si va a creare la miscela di stabilizzato; una delle problematiche emerse nelle fasi di analisi era lo smaltimento dei materiali di scarto derivanti dall'estrazione del porfido e proprio per via di questa problematica le aziende locali si sono impegnate nel cercare metodi di ri-uso degli scarti una tra le quali la produzione di porfido frantumato. Tale prodotto viene quindi selezionato per creare la pavimentazione della piazza. Il secondo vantaggio risiede nella permeabilità di questa stratigrafia, in tal modo si ha la possibilità di creare una piazza delimitata da un fattore materico il quale però non va a contribuire a problemi di impermeabilizzazione del suolo.

A livello paesaggistico l'utilizzo di porfido frantumato permette di integrare cromaticamente la piazza nel contesto della cava.

il lago della cava



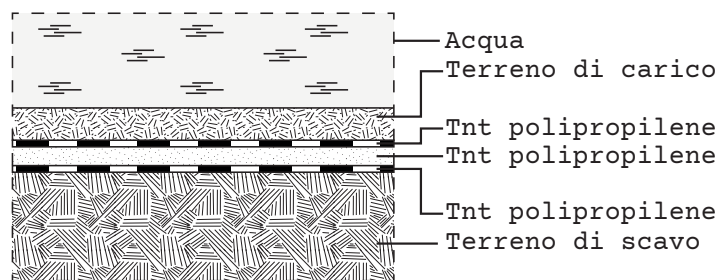
AZIONI

-  pulizia dai materiali di scarto dove necessario
-  ripopolazione di vegetazione locale
-  accesso al lago

Per quanto riguarda la formazione del lago sono stati analizzati, a livello programmatico, delle metodologie per la realizzazione di quest'ultimo. In primo luogo si è pensato all'impermeabilizzazione del substrato.

Ad ora il fondo della seconda cava non presenta accumuli di acqua, ciò indica che il terreno permette una discreta permeabilità. A tal scopo si vuole sfruttare il sistema di impermeabilizzazione "jakisub".

Tale tecnologia prevede una stratigrafia del terreno composta da un primo strato di terreno di carico dallo spessore minimo di 30cm, una membrana tnt in polipropilene, uno strato di bentonite granulare sfusa, posizionamento di una seconda membrana tnt in polipropilene. Questa stratigrafia permette un'impermeabilizzazione senza avere impatti di carattere ambientale.

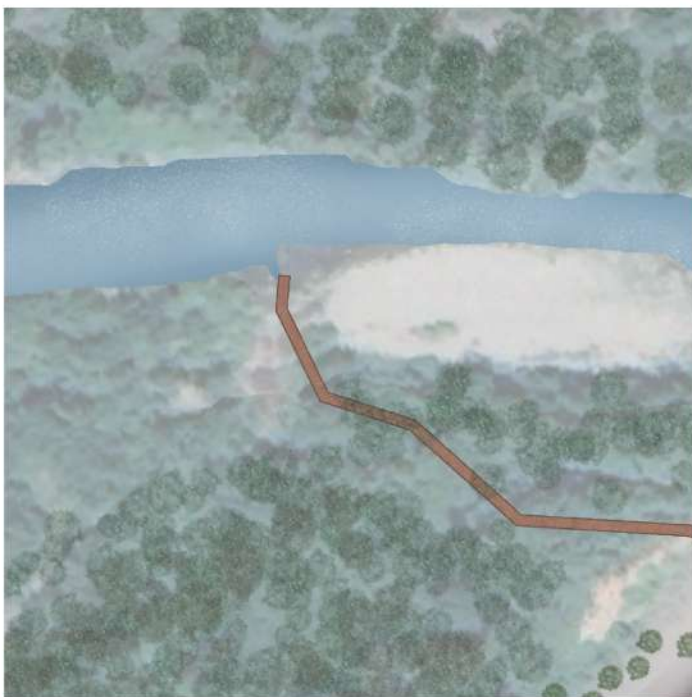


Per quanto riguarda la raccolta delle acque sono state valutate tre ipotesi: la prima riguarda la presenza di fonti sorgive nelle vicinanze. Purtroppo i dati a disposizione della provincia sono datati agli anni '80 e quindi non considerati attendibili ai giorni nostri. La seconda vuole valutare la quantità e le intensità delle piogge per poter poi sfruttare quest'ultime per la raccolta dell'acqua. L'ultima e la più onerosa prevede la raccolta e l'accumulo delle acque del torrente. Ciò prevederebbe un'opera di ingegneria idraulica che andrebbe a forare il terreno per poter canalizzare parte dell'acqua del torrente nel lago nonché l'introduzione di una pompa per ovviare al problema del dislivello, seppur quest'ultimo risulti essere minimo (circa 1-2 metri).

Inoltre è necessaria l'introduzione di un sistema di scolo delle acque per poterne garantire il ricambio e quindi evitare una situazione di acqua stagnante.

il torrente

Avisio



 AZIONI

 ripopolazione naturale ed autonoma della vegetazione locale

 accessibilità tramite il percorso principale

Oramai è evidente e chiaro che le sponde dell'Avisio sono elemento portante del concetto di ecosistema. Questo luogo difatti vuole rappresentare la natura come elemento dinamico, movimentato e in continuo mutamento, a tratti selvaggio. Vuole essere esempio di un equilibrio dell'ecosistema e di diversità biologica. Un sistema naturale che, nonostante le modifiche e variazioni succedute nel tempo, rimane integro.

L'unico intervento che si vuole attuare in questo luogo è di accessibilità. Il percorso vuole quindi giungere sulle sponde del torrente creando quindi un diretto contatto tra il fruitore e il torrente, il quale potrà godere ed ammirare questo mutevole luogo.

Il percorso permetterà l'accesso al bosco e alle sponde dell'Avisio, scesi dalla passarella il visitatore dovrà tener conto di diventare un ospite di questo luogo. Questo già esistente ecosistema include e rende partecipe la presenza dell'uomo nella sua essenza più pura, deve quindi essere un visitatore che osserva le dinamiche biologiche che in autonomia si regolano e si riarrangiano ai continui cambiamenti.

5.4 *il percorso e la passerella*

Tutte le aree del progetto che sono state sopra introdotte vengono tra loro collegate tramite i percorsi sopracitati. In particolare però il percorso principale della passerella diventa caratterizzante di tutta la cava. Esso rappresenta il filo conduttore che collega ogni singola area, un segno sul territorio che unisce zone industriali e zone naturali tra loro rigenerando un luogo che ad ora risulta essere in via di degrado.

Ci si è interrogati molto sulla forma di questo tratto. Le basi di partenza erano i punti di partenza e arrivo. Dal fronte cava bisognava garantire la discesa nella cava fino a raggiungere il torrente Avisio.

La prima linea che è stata tracciata, in maniera quasi naturale, portava a ripercorrere per intero le vecchie strade camionabili. Probabilmente questa sarebbe stata la via progettuale più semplice, ma sicuramente non rappresentava un intervento, il quale avrebbe posto luce sulle potenzialità della cava, anzi le avrebbe probabilmente mascherate.

Si è quindi iniziato a studiare un percorso che valorizzasse i gradoni della cava in porfido. La volontà è quindi quella di far percorrere ai visitatori e alle visitatrici la maestosità e grandezza della cava camminando e discendendo la cava a contatto con il porfido stesso. Si è quindi giunti ad una linea arzigogolata che permette la discesa fino al fondo della cava.



Giunti al fondo della cava il percorso si ricongiunge con le strade già esistenti e conduce alla seconda cava, al lago e al torrente.

Il percorso vuole far vivere al visitatore e alla visitatrice le anime della cava. Vuole ricordare la natura industriale e come l'azione dell'uomo sia impattante sulla morfologia del territorio ma anche come questa modifica comporti delle variazioni impercettibili nel breve termine quali la distruzione di un ecosistema. In tal modo la cava principale che rimane a disposizione dell'uomo rimane spoglia, a ricordare sé stessa e i lavori d'estrazione, senza la presenza di vegetazione e di fauna locale, mentre la cava del lago vuole rievocare la natura del bosco e del lago montano attraverso la sua intensa vegetazione e la ripopolazione di insetti e fauna. Diventano quindi due luoghi in contrapposizione.

il percorso sospeso

Il percorso, lasciata alle spalle la zona ricettiva dei servizi principali, raggiunge il punto più alto della cava. Esso si dirama e scende accanto ai versanti della cava, aggrappandosi con degli esili pilastri alla parete di porfido.

La forma di questa passerella risulta essere molto semplice; con una pendenza che oscilla dal'8 a 9 per cento è stata studiata in modo tale da permettere la veduta di più punti panoramici, sulla valle nei punti più in quota della cava, e mano a mano che il percorso scende di quota gode di più viste sulla cava stessa.

Studiando il progetto in pianta emerge immediatamente la natura geometrica ed arzigogolata, come a richiamare la roccia stessa del porfido e la sua conformazione generatasi tramite il processo di estrazione. Questa particolare forma permette, pur mantenendo sempre la struttura uguale, di generare dei luoghi diversificati tra loro a partire dalla differenza di quota tra il punto più alto e il punto più basso della cava i quali suscitano sensazione completamente diverse. La partenza della passerella risulta quindi essere come sollevata la quale galleggia accanto alla cava. Man mano che si percorre e si scende la struttura diventa più evidente. I pilastri ed il sistema strutturale non sono più nascosti come nel primo tratto. In alcuni punti la struttura poggia direttamente sulla roccia dei gradoni permettendo la discesa e quindi il diretto contatto con la cava stessa. Raggiunto il gradone più basso vi è uno spazio che guarda direttamente su una parete di roccia che viene utilizzata come palestra di scalata a cielo aperto. Giunti nel fondo cava una grande area permette ai visitatori di passeggiare e godere di tutti gli spazi della cava.

Il percorso a terra

Da questo punto il percorso risulta essere completamente a livello del terreno e ripercorre quelle che un tempo erano le strade camionabili della cava.

Per un tratto si immerge nella naturalità del bosco per poi, tutto d'un tratto, aprire la vista sulla seconda cava del complesso. È qui stato

pensato un luogo di sosta a sbalzo sulla cava e sul lago che essa genera, sfruttando la posizione in quota rispetto alla cava. Attraversato questa zona il percorso accerchia la cava creando un momento di contatto tra il bosco, accompagna il percorso sul suo lato destro, e il lago della cava che rimane un punto fisso sempre visibile.

Giunti quasi sul lago, ma rimanendo ancora leggermente ad una quota superiore a quest'ultimo è stato destinato un piccolo chiosco per permettere ai visitatori di sostare e godere della nuova vita di questo luogo.

Il percorso ora si immerge nel bosco fino a raggiungere le sponde del torrente Avisio.

Il prospetto

Caratterizzante diventa anche il prospetto, il quale rispetta le dinamiche geometriche e formali riportate in pianta. Si contraddistingue in quanto la passerelle diventa un'unica fascia che oscilla da un'estremo all'altro della cava, arrampicandosi sulle pareti di porfido.

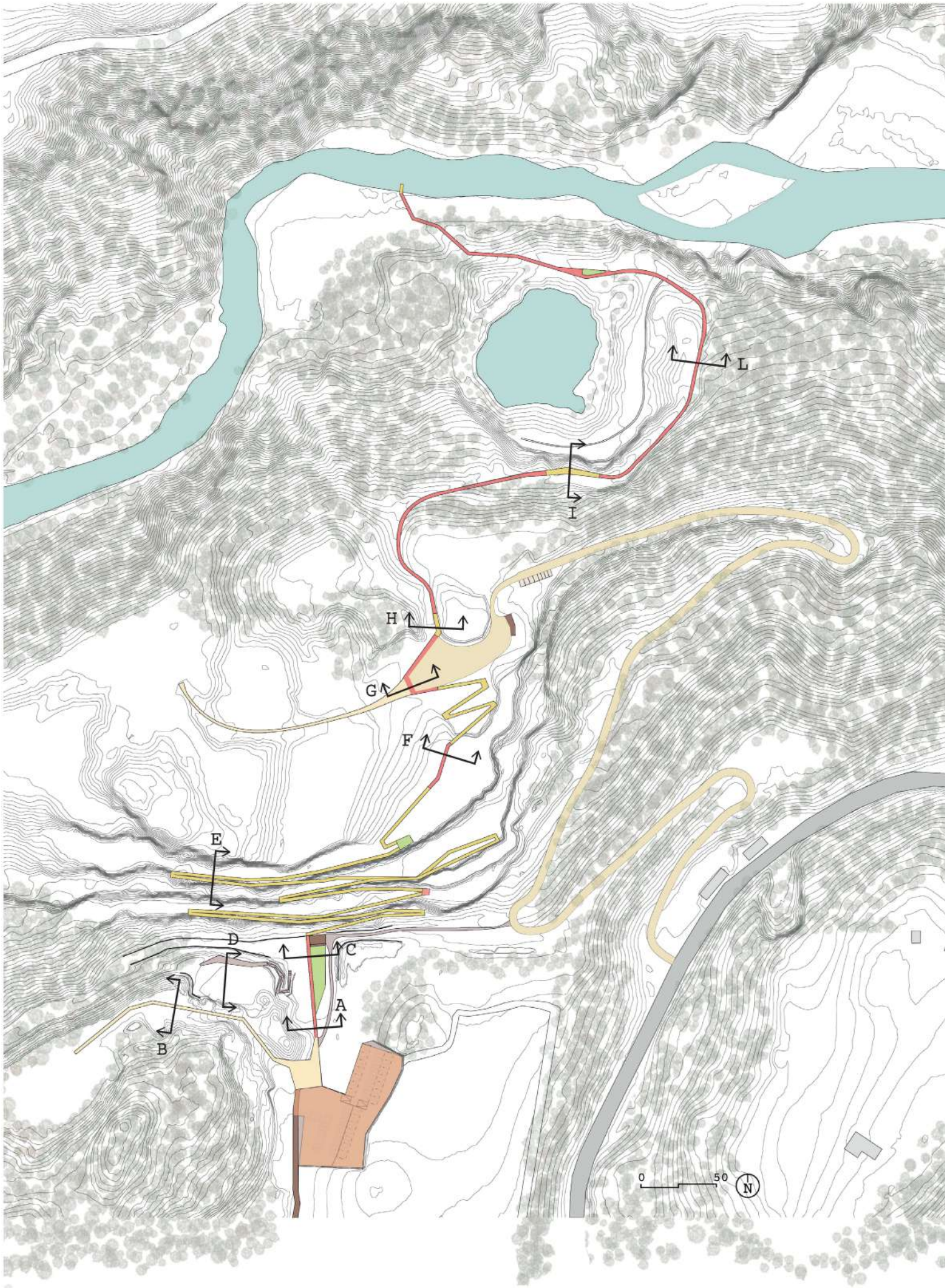
Nei punti di snodo e in mezzaria ad ogni rampa sono presenti delle pedane pianeggianti e di sosta. Esse sono pensate per poter creare delle zone specifiche in cui i visitatori e visitatrici possano fermarsi, riposare e contemplare il luogo. Inoltre la particolarità di questo progetto è posta nella sua posizione particolare; da un lato la passerella si apre sul vuoto della cava, suscitando una sensazione di apertura, dall'altro la passerella è a ridosso dei gradoni della cava. L'altezza di questi elementi creati dall'azione dello scavo genera una sensazione di chiusura sottolineando le considerevoli dimensioni della cava, la quale osservata da lontano non viene percepita.

i materiali

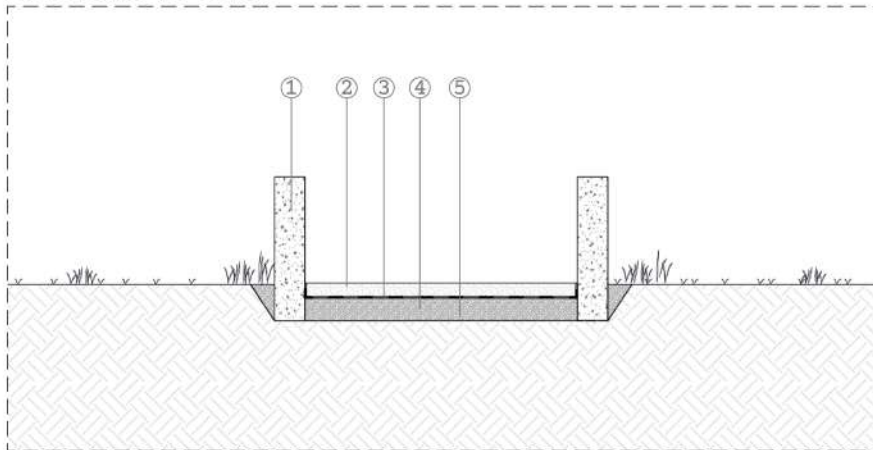
I materiali scelti e studiati per questo progetto sono principalmente due, come già anticipato nelle pagine precedenti. Gli elementi a diretto contatto con il terreno sono progettati in calcestruzzo pigmentato in modo da avere una sintonia cromatica tra la roccia e il cls.

Gli elementi di rifinitura del percorso sospeso invece, quindi il piano di calpestio e i parapetti dove presenti, sono pensati in acciaio corten. Ciò è dettato sia dalla volontà in parte di rendere il progetto armonioso a livello paesaggistico sia per una questione prettamente pragmatica in quanto l'acciaio corten è uno dei materiali più resistenti agli agenti atmosferici.



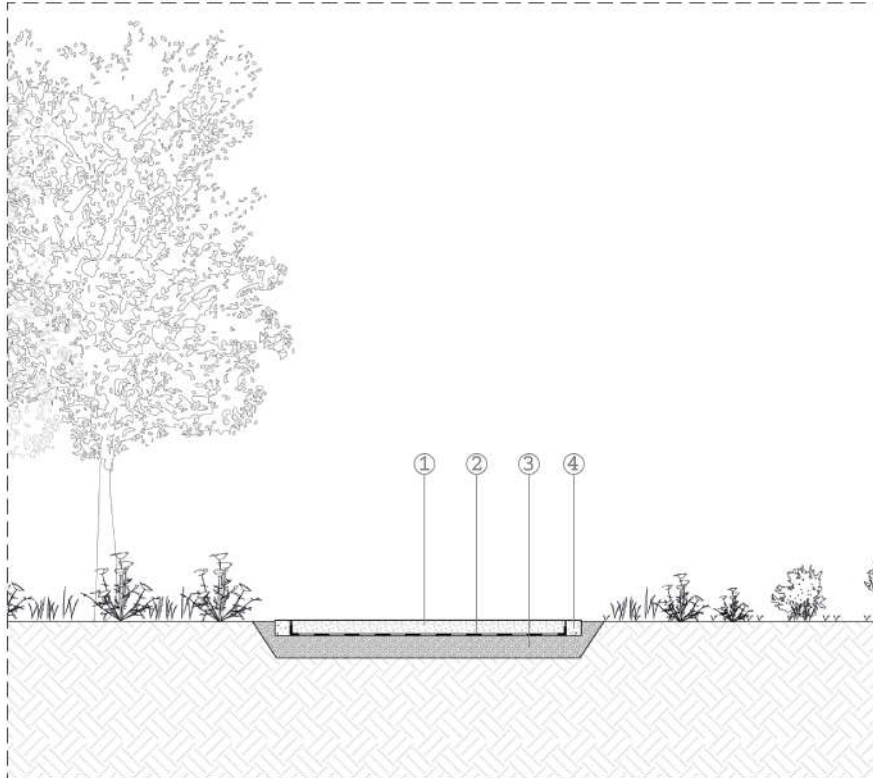


Sezione A 1:50



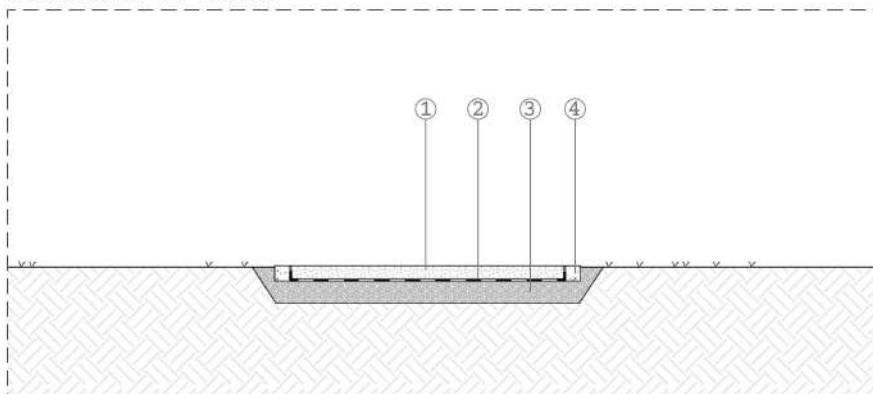
- ① muretto in cls pigmentato rosso
- ② massetto in cls con rete elettrosaldata e pittura della superficie di colore rossastro, spessore 10 cm
- ③ guaina impermeabile
- ④ strato drenante in pietrisco fine

Sezione B 1:50



- ① massetto in cls con rete elettrosaldata e pittura della superficie di colore rossastro, spessore 10 cm
- ② guaina impermeabile
- ③ strato drenante in pietrisco fine
- ④ cordolo in cls pigmentato rosso

Sezione C 1:50



- ① massetto in cls con rete elettrosaldata e pittura della superficie di colore sabbia, spessore 10 cm
- ② guaina impermeabile
- ③ strato drenante in pietrisco fine
- ④ cordolo in cls

Sezione D 1:50

① parapetto in corten

② plinto in cls

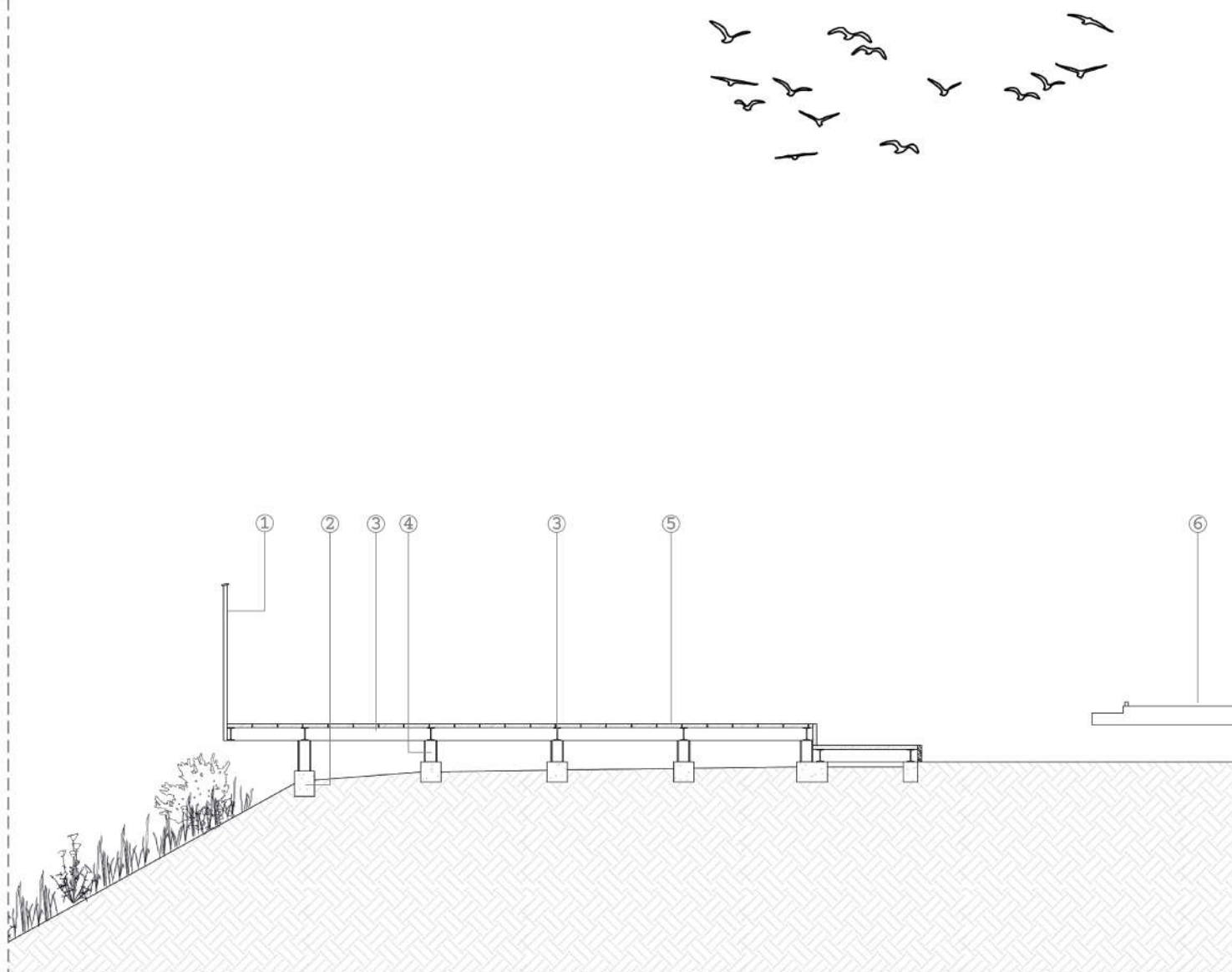
③ IPE100

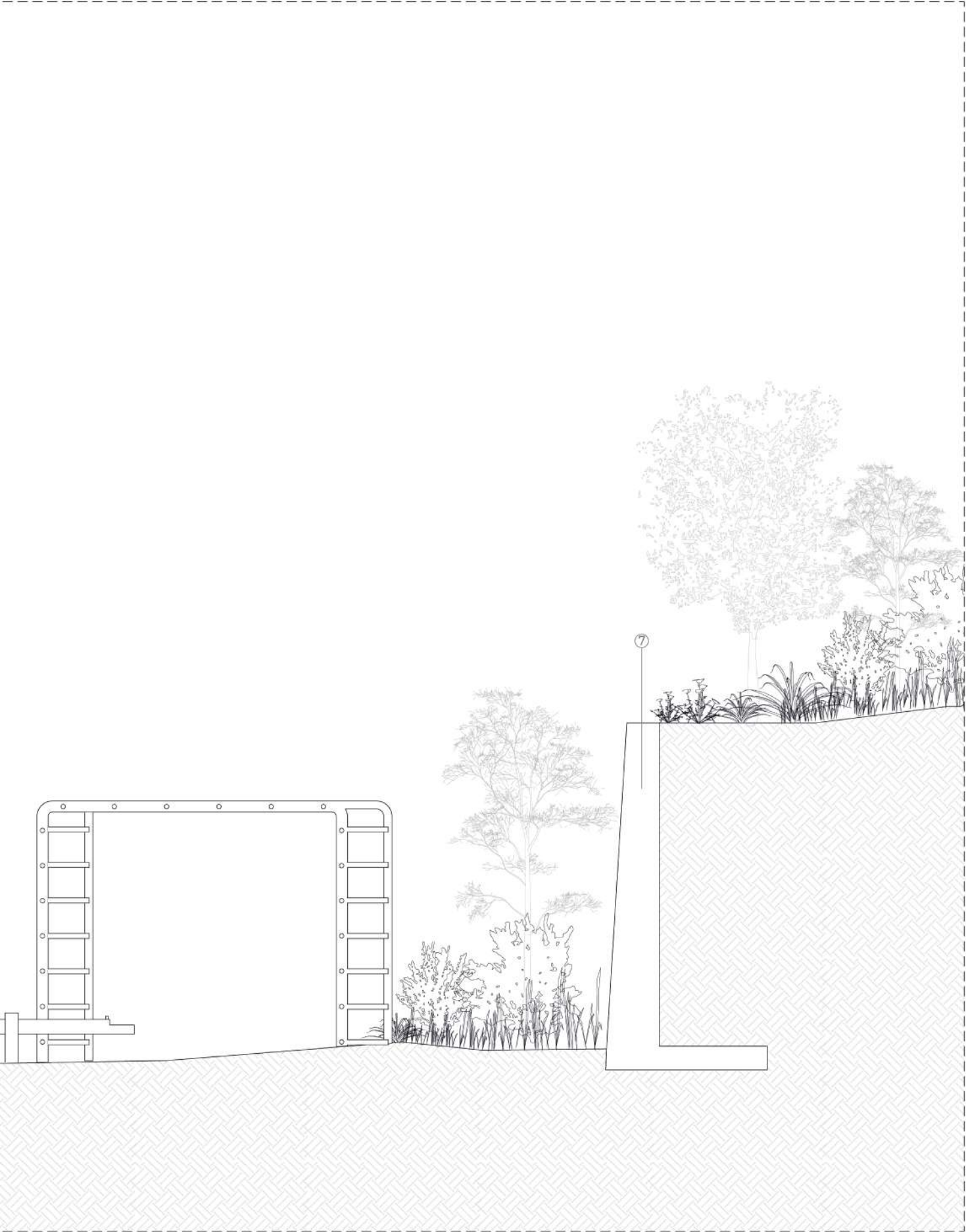
④ HE100

① finitura in assi di legno di larice

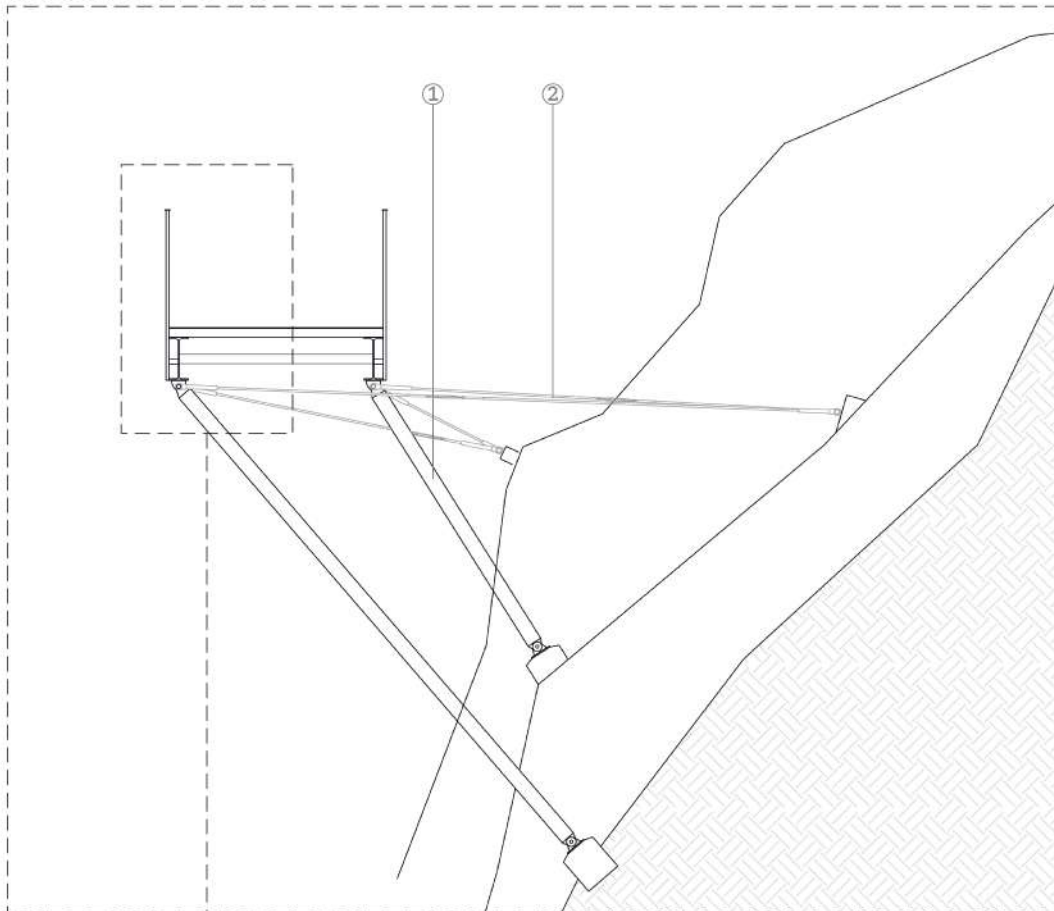
② elementi da gioco

③ muro di sostegno esistente in cls

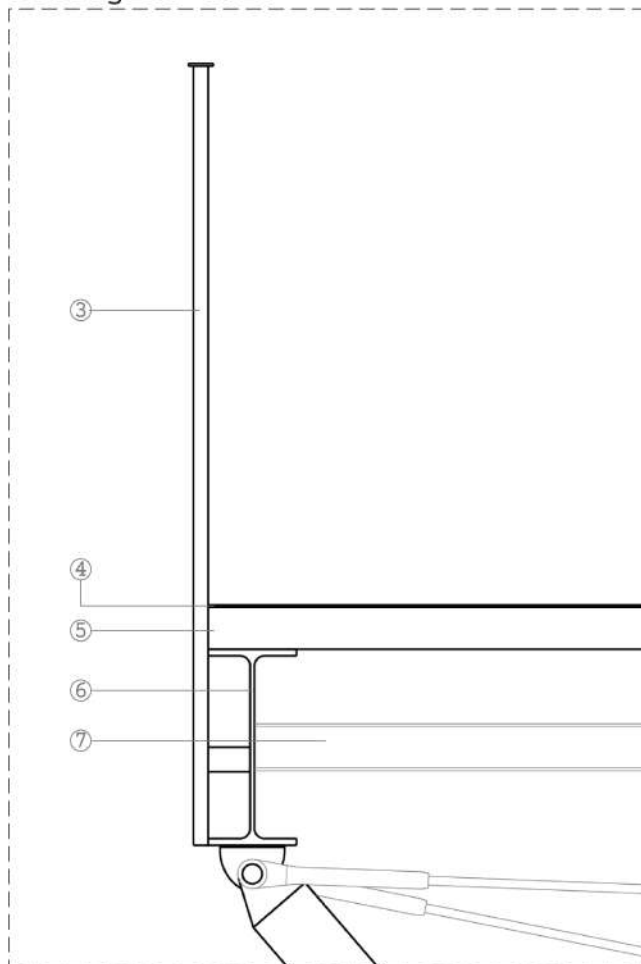




Sezione E 1:50

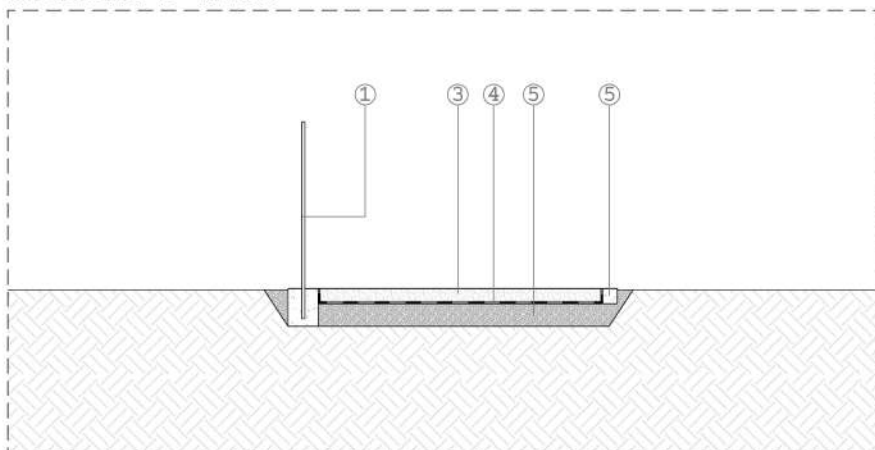


Dettaglio 1:20



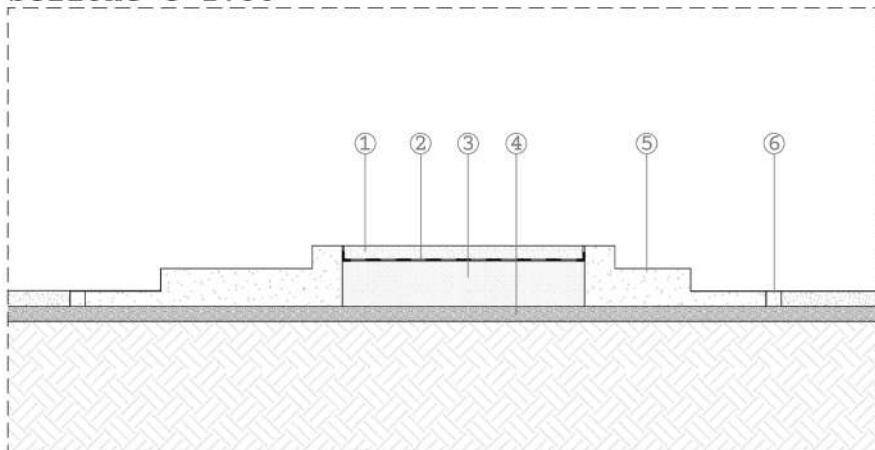
- ① pilastro in sezione circolare CHS 168.3x5mm
- ② tiranti in acciaio dal diametro di 24 mm
- ③ parapetto in corten strato di pietrisco fine
- ④ lamiera bugnata in acciaio tinto color rosso-porfido
- ⑤ lamiera grecata h85 mm
- ⑥ parapetto in corten
- ⑦ trave IPE330
- ⑧ trave d'irrigidimento IPE100

Sezione F 1:50



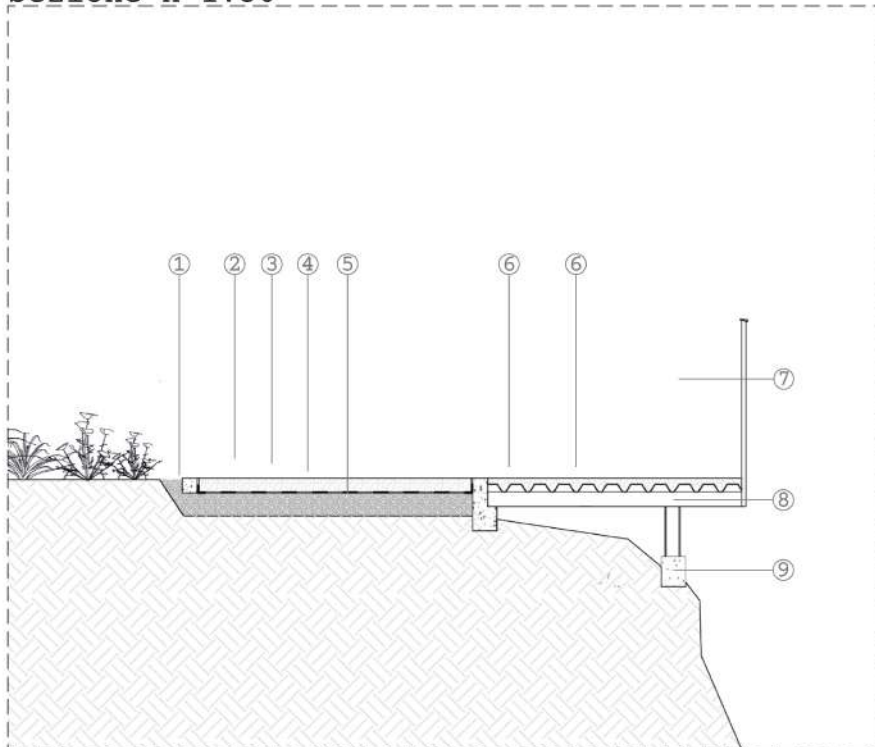
- ① parapetto in corten
- ② massetto in cls con rete elettrosaldata e pittura della superficie di colore rossastro, spessore 10 cm
- ③ guaina impermeabile
- ④ strato d'ernante in pietrisco fine
- ⑤ cordolo in cls pigmentato rosso

Sezione G 1:50

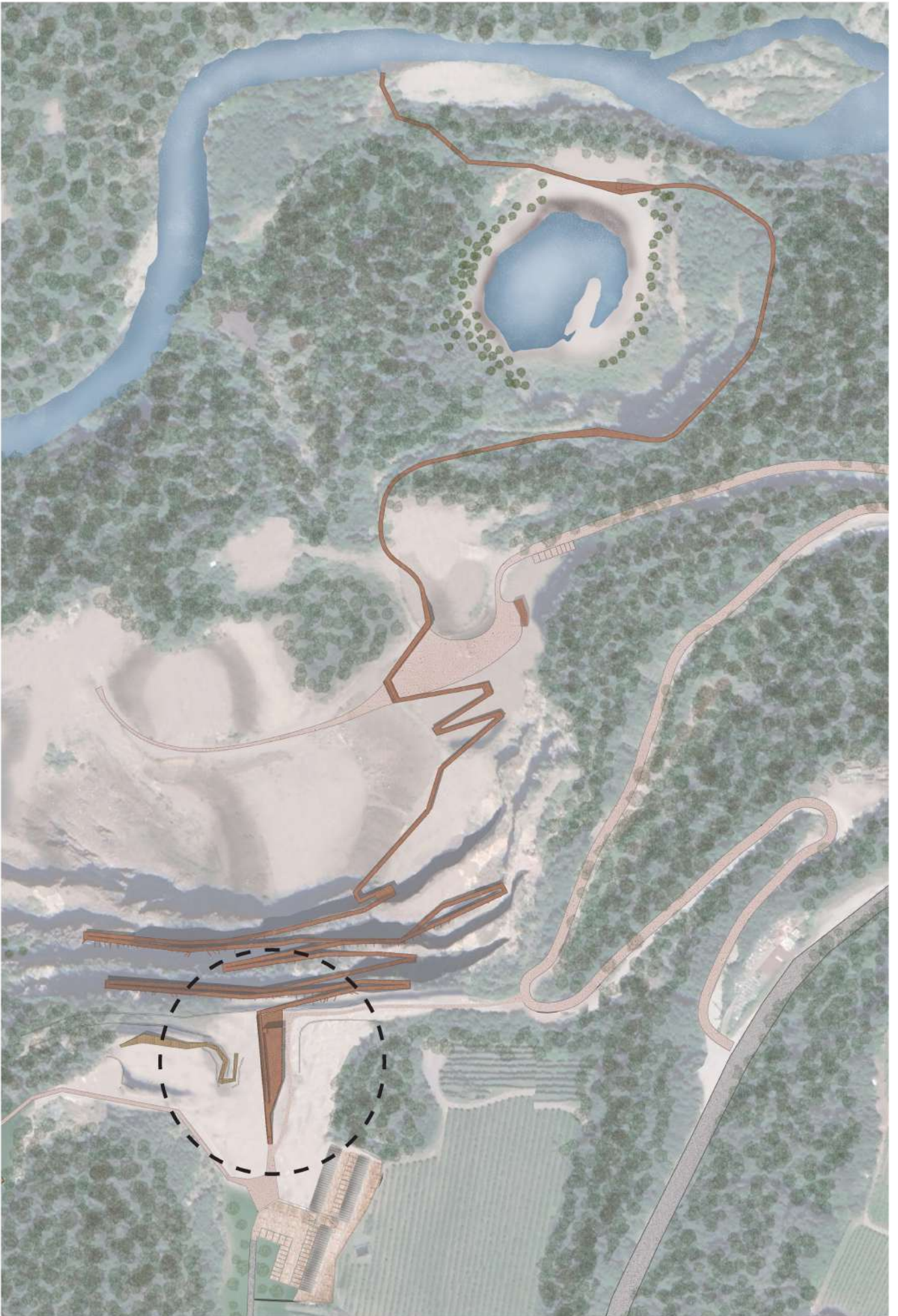


- ① massetto in cls con rete elettrosaldata e pittura della superficie di colore rossastro, spessore 10 cm
- ② guaina impermeabile
- ③ guaina impermeabile
- ④ strato d'ernante in pietrisco fine
- ⑤ cordolo in cls pigmentato rosso
- ⑥ parapetto in corten

Sezione H 1:50



- ① cordolo in cls pigmentato rosso
- ② lamiera bugnata in acciaio corten
- ③ massetto in cls strato di pietrisco fine
- ④ strato di pietrisco grossolano
- ⑤ trave IPE100
- ⑥ parapetto in corten
- ⑦ pilastro HE100
- ⑧ plinto in cls



5.6 *La struttura ricettiva*

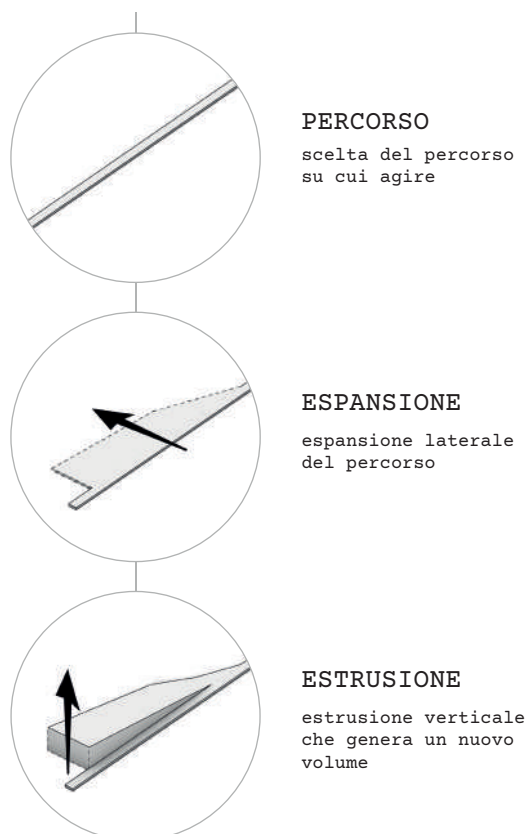
La struttura di servizio del parco si pone come parte integrante del percorso. Diventa quindi un volume accorpato al percorso stesso, un'espansione, un'estrusione che genera nuovi spazi sia chiusi che all'aperto. Il concetto della forma risulta essere quindi molto semplice. In una prima fase viene scelto il punto all'interno del percorso più adatto ad ospitare la struttura, in funzione del contesto locale della cava.

Inizialmente avviene un'azione di ESPANSIONE laterale e bidimensionale del percorso, segue quindi un'ESTRUSIONE. Ciò permette di ottenere un volume interamente fruibile dal visitatore.

Ciò permette di ottenere un nuovo volume che, come le pareti di porfido della cava, si erge e emerge dal terreno. Questo elemento monolitico vuole mimare e richiamare il materiale del porfido stesso, per questo motivo si vuole sfruttare il materiale del calcestruzzo pigmentato di una tonalità rossa, sulle sfumature della roccia locale.

L'edificio si inserisce armoniosamente nel contesto naturale della valle che riprende il colore del porfido, tipico della zona. Questo materiale, oltre a conferire una tonalità calda e terrosa che si integra visivamente con il paesaggio circostante, dona alla struttura un aspetto robusto e solido, richiamando le formazioni rocciose.

La composizione dell'edificio è semplice e lineare, con una volumetria essenziale che si sviluppa orizzontalmente. Una rampa che è parte integrante della passerella invita i visitatori a salire fino al tetto, concepito come una terrazza panoramica. Da qui, lo sguardo si apre su un'ampia



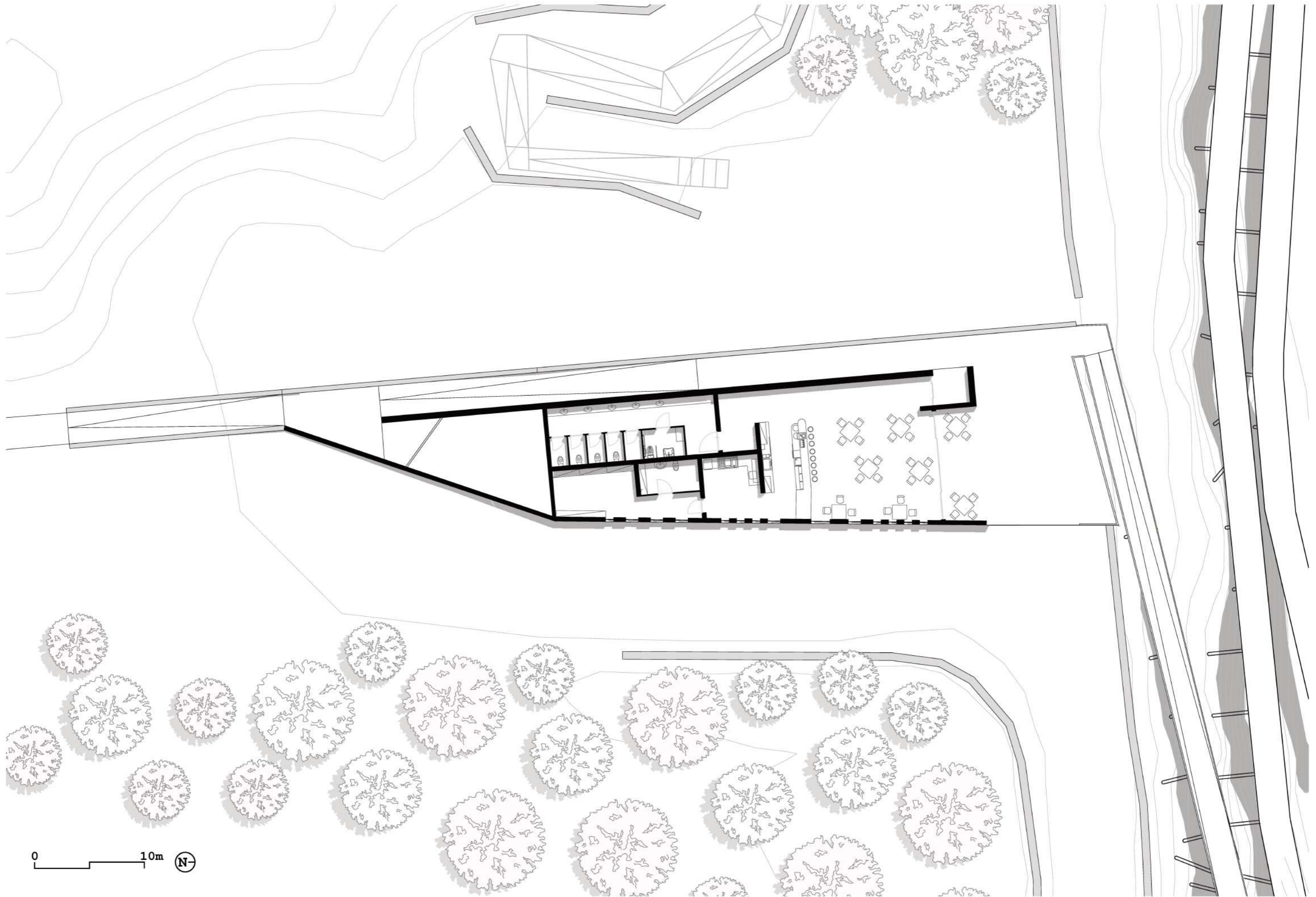
vista della valle e della cava sottostante, offrendo un'esperienza sensoriale immersiva che unisce architettura e paesaggio. La rampa, oltre a fungere da elemento funzionale, diventa un percorso simbolico che guida il visitatore attraverso il tema del recupero paesaggistico e della memoria industriale del luogo.

Il tetto-terrazza, è uno spazio aperto e multifunzionale, pensato per offrire momenti di pausa e contemplazione. La sua posizione elevata permette di osservare da una prospettiva privilegiata sia il percorso ecologico che la cava di porfido, recuperata e valorizzata attraverso un percorso che intreccia natura e storia.

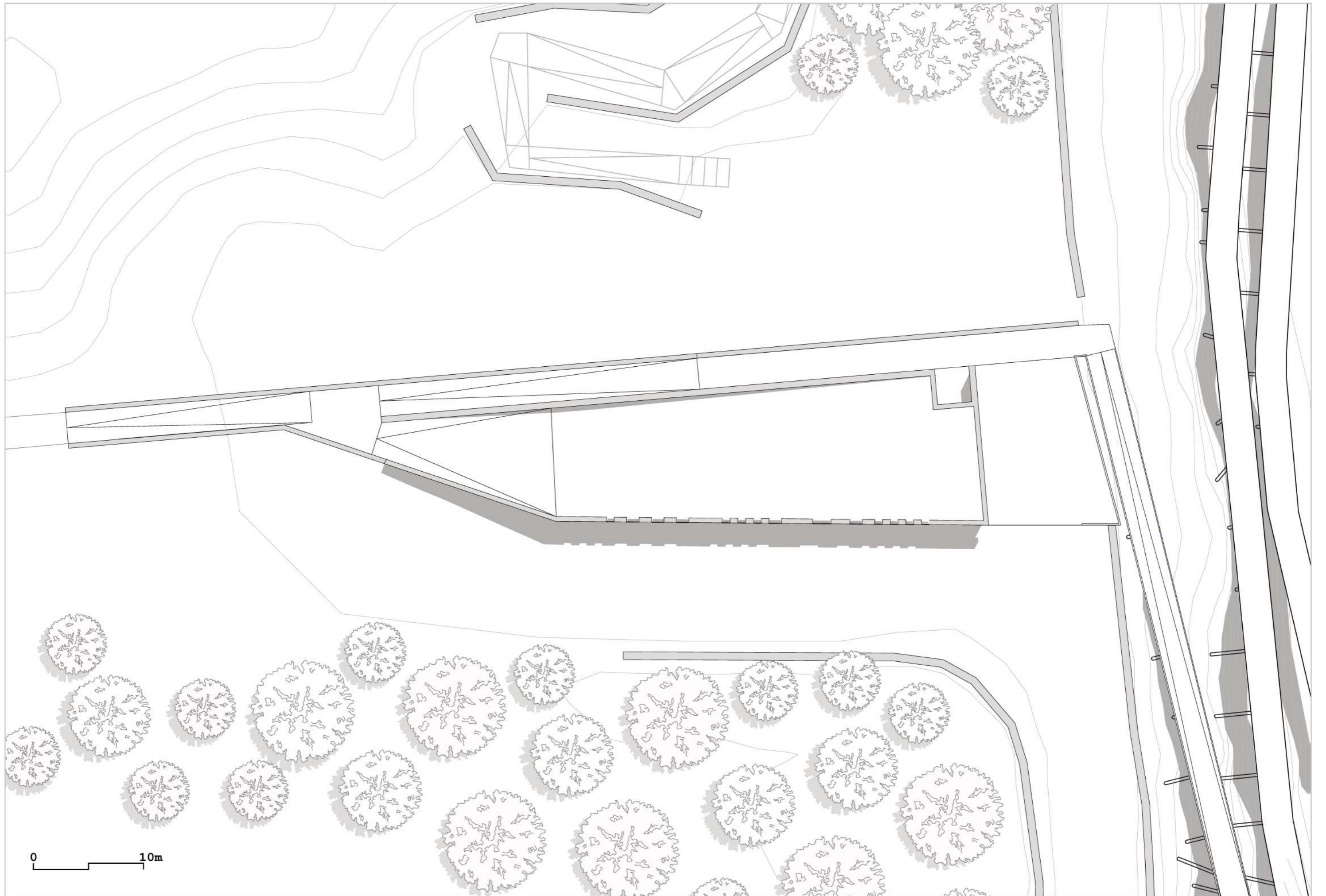
Una parete completamente cieca separa il percorso dall'edificio, il quale si pone come un elemento monolitico sulla cava.

All'interno dell'edificio, un'area ristoro accoglie i visitatori, offrendo la possibilità di rilassarsi. L'ambiente è caratterizzato da un'ampia vetrata, apribile nei mesi estivi, che lascia entrare luce naturale e permettono di mantenere un contatto visivo continuo con il paesaggio circostante.. Accanto alla zona ristoro sono presenti servizi igienici accessibili a tutti, pensati per garantire il massimo comfort ai visitatori.

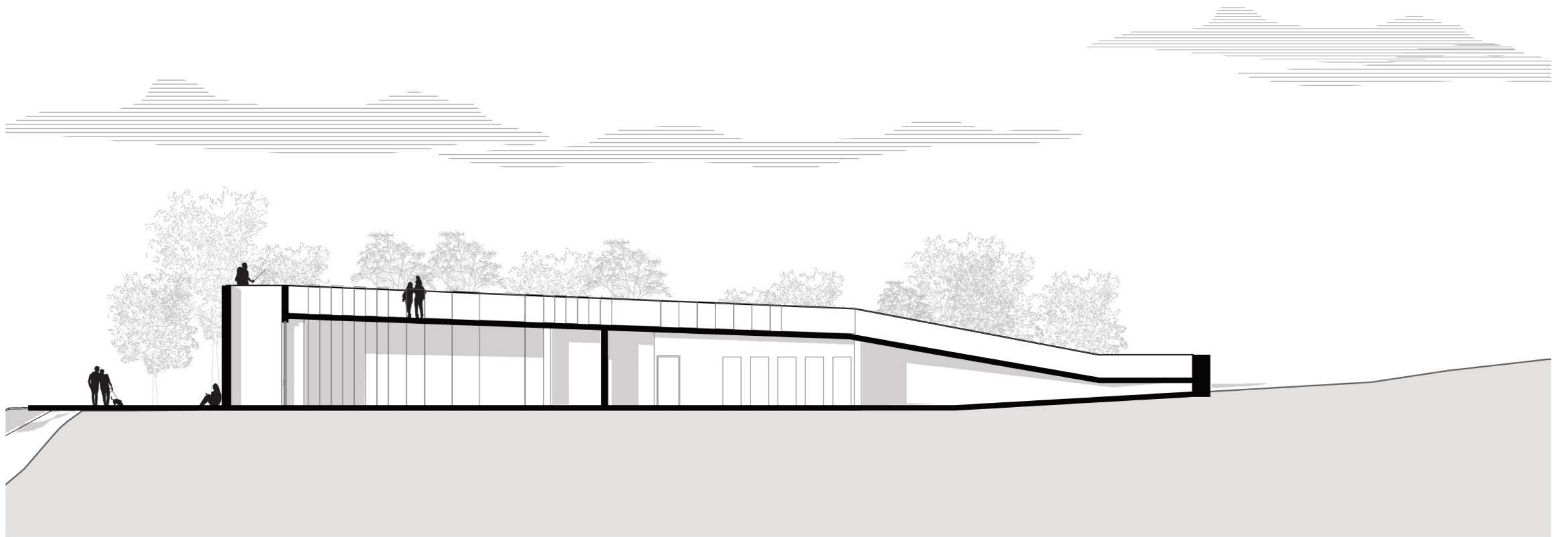
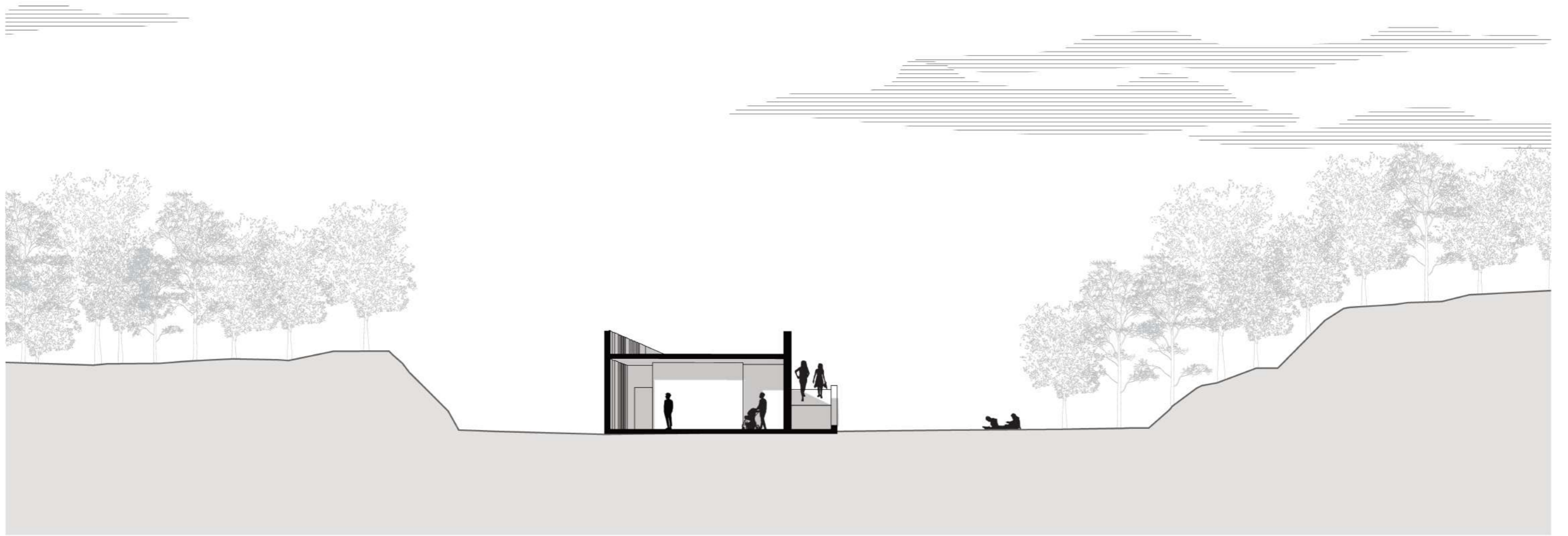
L'accesso all'edificio è stato progettato in modo discreto ma funzionale, situato adiacente al percorso principale del parco, che funge da collegamento tra la cava e le altre aree di interesse del progetto. Questo consente una transizione fluida tra il paesaggio naturale e gli spazi architettonici, rafforzando l'idea di un intervento rispettoso dell'ambiente e della storia del luogo.



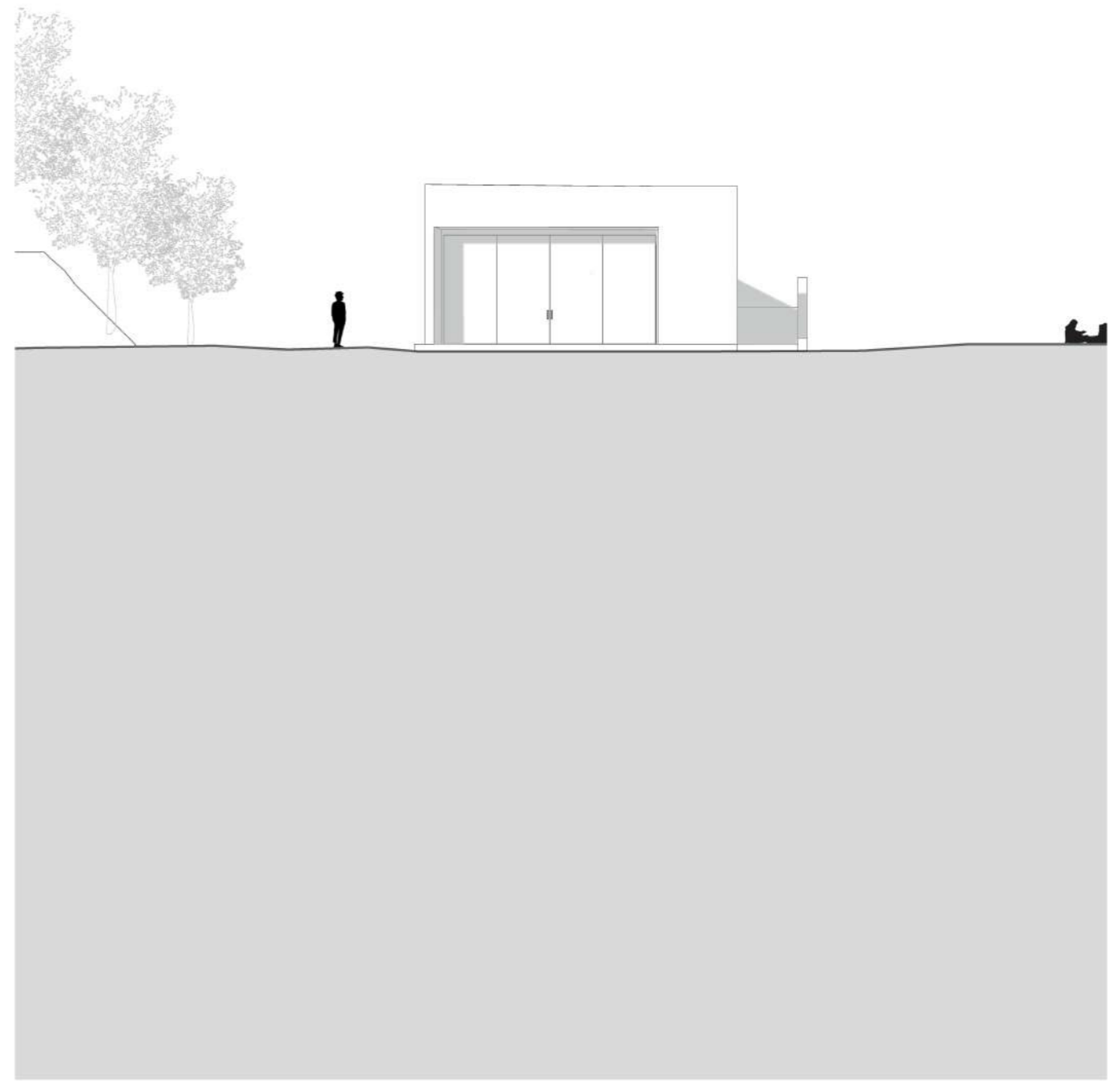
0 10m N

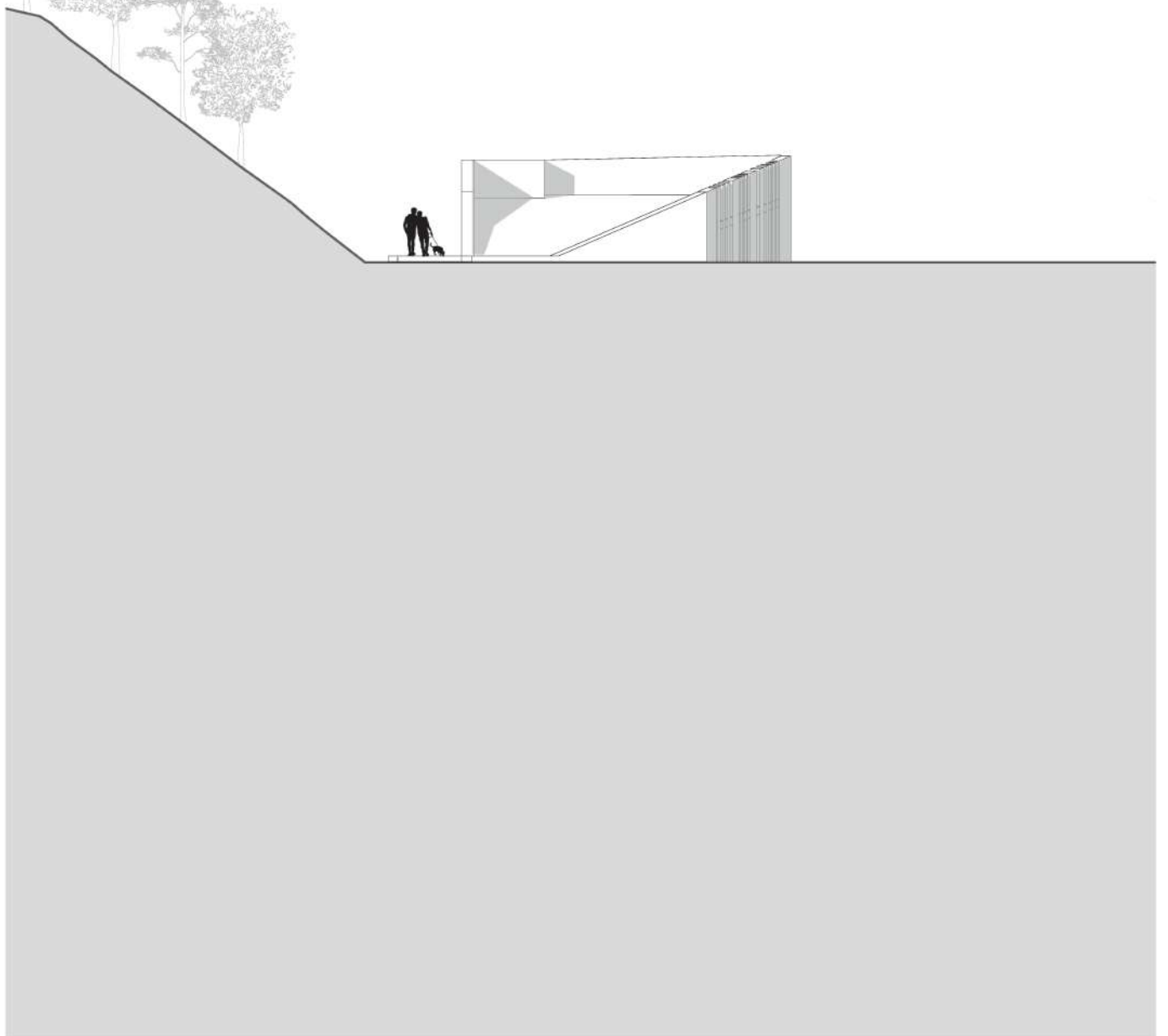
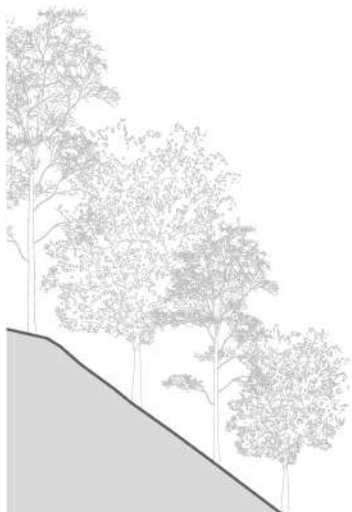


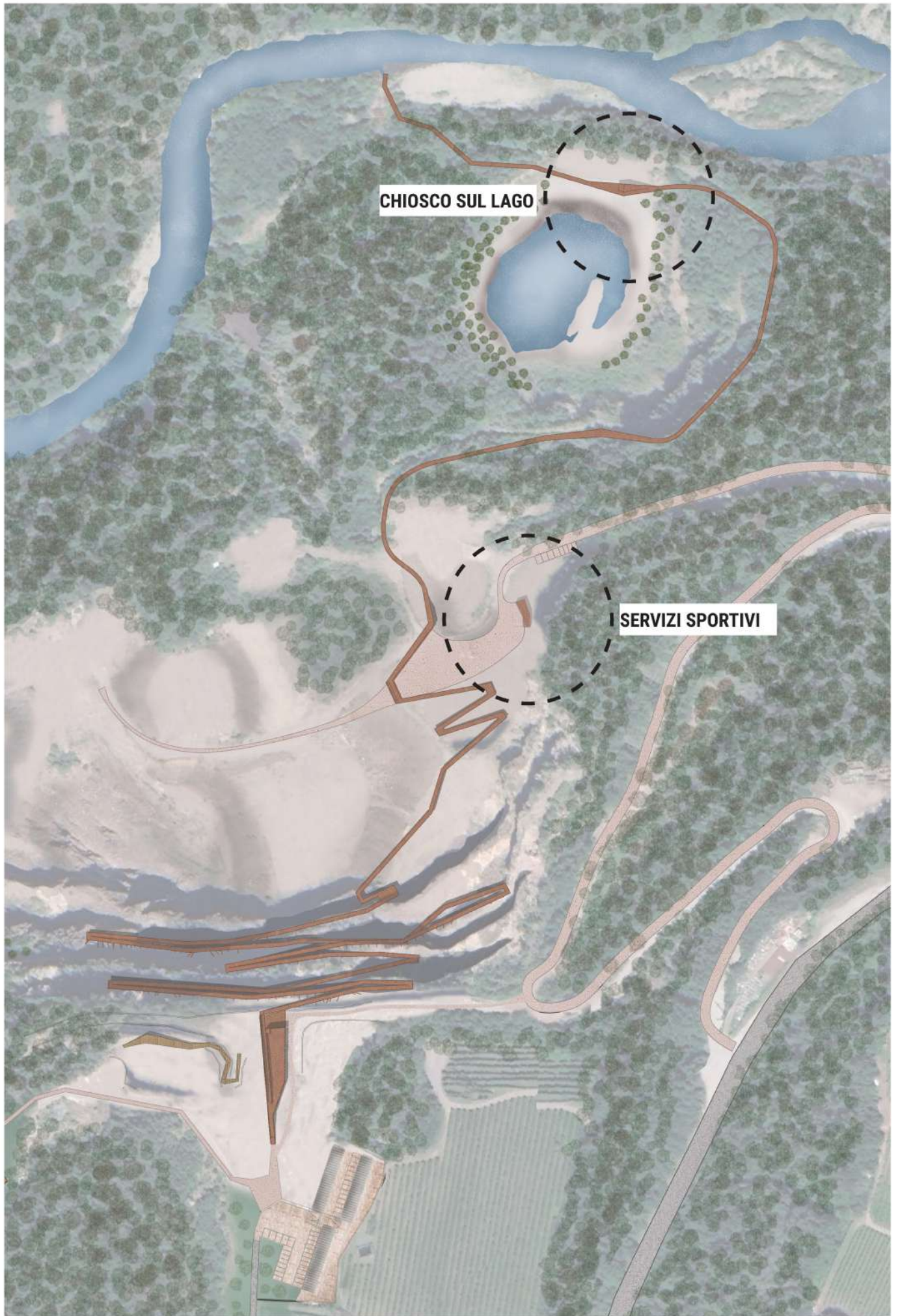
0 10m











CHIOSCO SUL LAGO

SERVIZI SPORTIVI

5.6 *Le strutture accessorie*

Il progetto di riqualificazione della cava di porfido in Val di Cembra si arricchisce della presenza di due strutture accessorie che accompagnano il visitatore lungo il percorso, contribuendo a rendere l'esperienza non solo più completa. Questi interventi, pur di piccole dimensioni, offrono al tempo stesso spazi per la sosta e per il ristoro.

Le due strutture rispondono a esigenze ben precise. La prima è legata alla volontà di creare un supporto per l'arrampicata, attività che richiama l'asprezza e la verticalità delle pareti della cava, integrando un aspetto sportivo ed esperienziale al percorso. La seconda, invece, è concepita come un punto di ritrovo e aggragazione, situato nelle vicinanze del lago che si è formato all'interno della cava, elemento simbolico e tangibile del nuovo equilibrio ecologico del sito. Il lago, frutto della rigenerazione naturale della cava, rappresenta un importante punto di riferimento per la fauna e la flora, e la struttura ad esso collegata permette al visitatore di vivere questo ambiente in maniera più intima e diretta, creando una connessione profonda con la natura circostante.

Nonostante siano elementi accessori, questi interventi rivestono un ruolo rilevante nel migliorare la fruibilità del sito per il visitatore. Pur non costituendo le attrazioni principali del percorso, esse arricchiscono l'esperienza complessiva, offrendo spazi secondari che migliorano il comfort e l'interazione con il paesaggio. Pensate per non disturbare l'equilibrio ecosistemico del contesto, le strutture si inseriscono con discrezione, quasi a voler essere scoperte passo dopo passo, seguendo il ritmo del cammino e invitando alla scoperta lenta e consapevole.

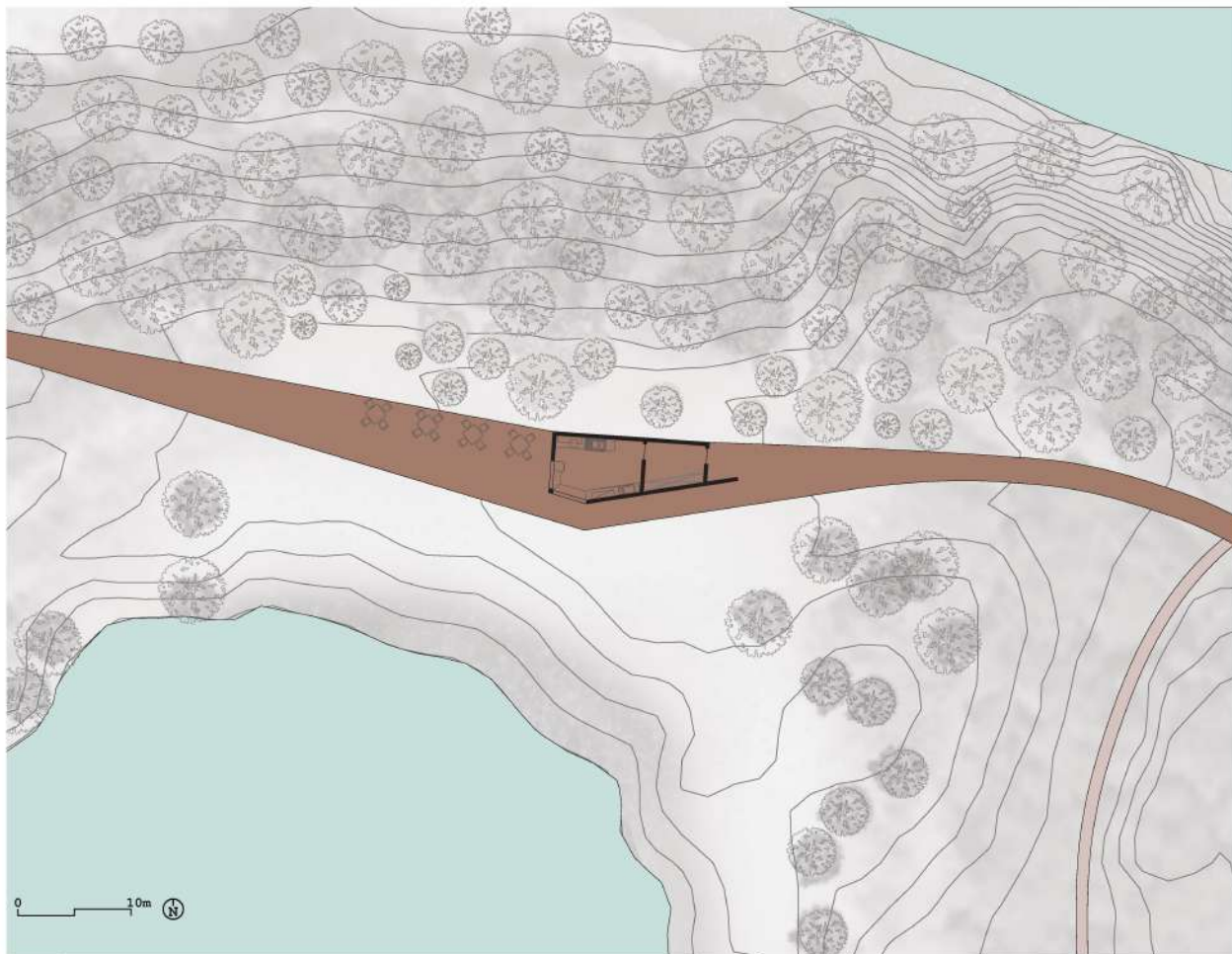


Struttura dei servizi d'arrampicata

L'edificio situato nel fondo della cava di porfido è pensato come un elemento essenziale per supportare l'attività dell'arrampicata, integrandosi perfettamente fondo cava e rispondendo alle necessità pratiche legate all'attività dell'arrampicata. Di dimensioni ridotte, l'edificio si sviluppa su un unico livello e presenta una struttura semplice, in armonia con l'aspetto delle pareti circostanti, creando un dialogo visivo con il porfido della cava. Le linee architettoniche essenziali e l'uso di colori neutri consentono alla struttura di fondersi nel contesto, evitando di distogliere l'attenzione dall'imponente paesaggio circostante.

All'interno, l'edificio è organizzato per garantire funzionalità e praticità. Un unico spazio dedicato agli arrampicatori, con un piccolo spogliatoio dotato di armadietti dove possono riporre l'attrezzatura. La luce naturale illumina lo spazio interno senza creare un contrasto eccessivo con l'esterno, mantenendo un'atmosfera raccolta e intima.

L'edificio, pur nella sua semplicità, offre un punto di riferimento funzionale per gli sportivi, migliorando la qualità dell'esperienza e fornendo un rifugio sicuro e ben organizzato all'interno del paesaggio della cava.



Il chiosco sul lago

La seconda struttura, posta in prossimità del lago nella cava, si presenta come un chiosco sopraelevato, pensato per offrire una pausa e un punto panoramico privilegiato sul paesaggio circostante. Questa struttura rappresenta un'espansione del percorso principale, invitando i visitatori a fermarsi per apprezzare la bellezza del lago e dell'ecosistema rinato. La posizione sopraelevata permette di osservare dall'alto il bacino d'acqua, le pareti di porfido e il verde che gradualmente ha riconquistato lo spazio della cava, dando al luogo un senso di pace e rigenerazione.

Questo spazio, pur semplice, diventa un punto di riferimento simbolico e funzionale all'interno del percorso, un luogo in cui la natura e l'intervento architettonico dialogano armoniosamente, offrendo un'esperienza e uno luogo di socialità immerso nella natura della cava.





Capitolo 6

Progettare la struttura

Concezione strutturale

In questo capitolo si affronta la progettazione della passerella sospesa in termini strutturali. Si definisce lo schema statico più consono e vengono determinati i carichi agenti e si esegue un dimensionamento preliminare degli elementi strutturali principali.

Viene inoltre affrontata la tematica legata alla stabilità delle pareti di porfido della cava.

Obiettivi:

definire lo schema statico e i carichi agenti e svolgere il predimensionamento

In un'ottica di multidisciplinarietà e di integrazione delle varie discipline scientifiche che governano un progetto di architettura del paesaggio, la tesi prosegue la sua ricerca nelle materie legate all'ingegneria. Ciò che maggiormente attira l'attenzione, come già più volte suggerito nei capitoli precedenti, è la presenza di quest'importante impronta architettonica data dal percorso. Questo elemento ha rappresentato una sfida anche dal punto di vista ingegneristico. Il progetto architettonico del percorso pedonale viene quindi accompagnato dal progetto geotecnico e strutturale della passerella sospesa a ridosso dei gradoni della cava. Il progetto geotecnico e strutturale parte dall'analisi e dalla caratterizzazione del terreno e delle rocce, nonché dei materiali da costruzione scelti, per poi passare alla definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo da utilizzare assieme ai modelli strutturali per pervenire alla progettazione delle opere di fondazione e di ancoraggio e di tutti gli elementi strutturali che compongono il percorso pedonale.

6.1 *La stabilità del fronte cava*

L'identificazione e la caratterizzazione di materiali costituisce il primo passo per il progetto geotecnico dell'opera. L'obiettivo è quello di garantire il livello minimo di sicurezza e le prestazioni allo stato attuale

e allo stato di progetto sia per le singole costruzioni che per l'intero complesso, andando a definire la fattibilità dell'opera e le caratteristiche finali. Il porfido presente allo stato naturale nella cava tende a staccarsi come un insieme di lastre verticali. In virtù di questa disposizione naturale (ovvero la presenza di discontinuità lungo piani verticali) e la conseguente modalità di rottura sono state sviluppate varie tecniche di estrazione del porfido per scopi commerciali.

Allo scopo di valutarne la situazione odierna si procede alla raccolta di dati sul terreno e sulle rocce. Il servizio geologico¹ della provincia detiene una banca dati sulla qualità del porfido che viene estratto in val di Cembra. In particolare, si analizza il porfido estratto nel monte Gaggio – Camparta nei pressi delle cave di Monte Gaggio - Camparta, nel comune di Albiano.

Nome petrografico: Ignimbrite riolitica

Tipo: Rocca magmatica effusiva

Descrizione macroscopica: Rocca di colore grigio verdastro scuro, struttura porfirica generalmente fluidale, con fenocristalli di grana media (0.5-6mm) di plagioclasio, quarzo e biotite in una pasta di fondo vetrosa.

Formazione Geologica: Vulcaniti atesine appartenenti alla Formazione di Ora.

Ambiente di formazione: Questa roccia deriva da un rapido raffreddamento di magma, di composizione acida. Questo evento

1. <https://www.provincia.tn.it/Documenti-e-dati/Documenti-di-supporto/Porfido-di-Monte-Gaggio-Camparta-Albiano>

vulcanico, datato 260-280 milioni di anni fa, ha costituito una imponente successione di ignimbriti, duomi e colate laviche dello spessore massimo pari a 2000 metri e nota come Piattaforma Vulcanica Atesina (o Distretto Vulcanico Atesino).

Età Geologica: Permiano

Sono disponibili i risultati delle prove di caratterizzazione fisico-meccanica eseguite sui provini estratti nella zona Monte Gaggio-Camparta indicata.

| Risultati prove di caratterizzazione fisico - meccanica | | | | |
|--|--------------|---------------|----------------|----------------|
| Prove di laboratorio eseguite | valore medio | valore minimo | valore massimo | minimo atteso* |
| Assorbimento d'acqua a pressione atmosferica (% massa) | 0,5 | 0,48 | 0,54 | |
| Resistenza a compressione monoassiale (MPa) | 223 | 180 | 262 | 152 |
| Resistenza alla compressione dopo 48 cicli gelo-disgelo (MPa) | 232 | 182 | 250 | 173 |
| Resistenza alla flessione (MPa) | 24,8 | 19,2 | 29,1 | 17,8 |
| Resistenza alla flessione dopo 48 cicli gelo-disgelo (MPa) | 24,6 | 19 | 31,6 | 18 |
| Resistenza all'abrasione (mm) | 13,7 | 12,6 | 15,1 | |
| Resistenza allo scivolamento (su superficie sottoposta a fiammatura) | 73,9 | 59,8 | | |

I dati a disposizione fanno riferimento a un limitato numero di provini che non copre l'intera zona di interesse. Pertanto, per poter studiare in dettaglio la sicurezza del sito sarebbe necessario avere una quantità di dati maggiore, sia per caratterizzare in maniera più precisa i vari materiali, sia per determinare eventuali disomogeneità all'interno del sito

Per sopperire a questa mancanza di dati si è cercato la presenza di sondaggi nel terreno nei dintorni della cava di Camparta, accedendo ai dati sui sondaggi pubblici reperibili sui portali cartografici della provincia.

I risultati di queste ricerche si sono verificati inconcludenti. I pochi sondaggi a disposizione risultano essere posizionati geograficamente troppo lontani dalle zone d'interesse per poter risalire anche solo in maniera approssimata alla stratigrafia del terreno.

Sulla base delle ricerche bibliografiche svolte non è stato possibile definire in alcun modo un quadro delle fratture interne alla roccia. La mancata conoscenza della posizione geometrica, delle dimensioni, dell'inclinazione, della scabrosità delle possibili fratture presenti all'interno della roccia rendono ogni possibile speculazione fine a se

stessa, poiché i dati a disposizione non possono essere considerati sufficientemente validi per affrontare con un minimo di rigore le verifiche geotecniche.

Allo stato attuale non sono proprio disponibili altre fonti per poter sopperire alla carenza di dati sul terreno e sulle rocce del sito. Di conseguenza non è possibile procedere con la definizione della stratigrafia, delle proprietà dei materiali e infine del modello geotecnico del sottosuolo. Purtroppo questo comporta l'abbandono della proposta del progetto geotecnico delle opere previste dagli interventi di riqualifica e riuso del sito. In particolare, oltre alla stabilità globale della cava non è possibile definire il progetto degli ancoraggi e delle fondazioni per le opere previste.

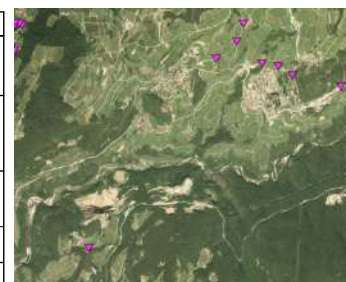
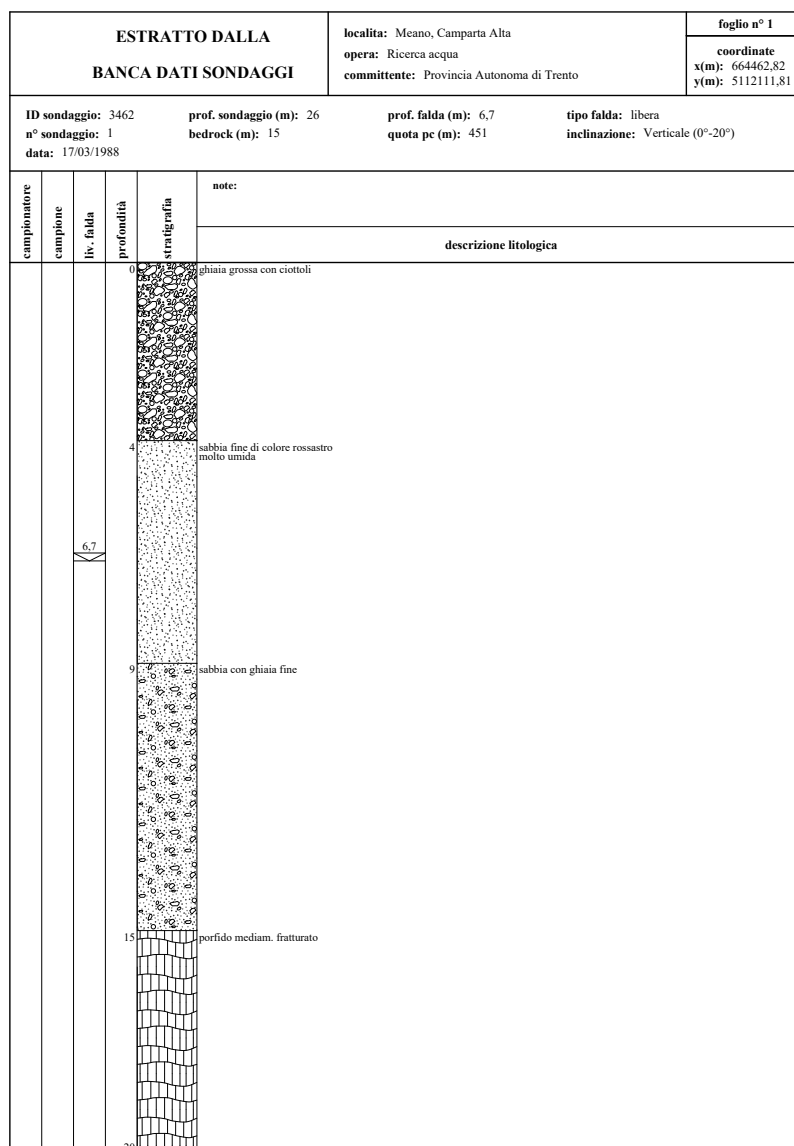


fig 1: scheda e mappa del sondaggio eseguito dalla provincia <https://webgis.provincia.tn.it/>

6.2 *Concezione strutturale della passerella*

Sino ad ora si è sempre parlato del percorso sospeso all'interno del parco inteso come quel tratto il quale risulta essere appeso alle pareti della cava. Si tratta quindi di una sola parte dell'intero percorso che risulta essere rialzato da terra, ad una metratura piuttosto importante – considerando che i gradoni presentano un'altezza variabile tra i 20 e i 25 metri l'uno – il punto più alto della passerella, e quindi anche il punto di partenza, risulta essere ad una quota di 26 metri dal gradone inferiore e ad un'altezza di 90 metri dal fondo della cava.

Il sistema strutturale, in concordanza con i concetti che fino ad ora hanno guidato la stesura di questo progetto, è pensato in acciaio.

In tal modo si è voluto pensare questo percorso dandogli un senso di leggerezza, quindi una struttura il più snella possibile. Sono state quindi vagliate più ipotesi a partire da una struttura con trave a cassone, la quale permette di coprire luci notevoli dell'ordine dei 20-25 metri o una travatura reticolare che anch'essa permette luci importanti in modo tale da avere una presenza di pilastri limitati.

Una seconda ipotesi considerava una struttura più semplice: un impalcato formato da una coppia di travi, le quali sono sostenute da coppie di pilastri. Ovviamente questa opzione comporta una presenza maggiore di colonne a sostegno della struttura.

Per la scelta del sistema statico si considerano vari fattori:

- L'Ottimizzazione statica
- La costruzione e messa in opera della struttura
- Il trasporto dei materiali in loco
- L'Ottimizzazione economica
- La gestione del cantiere

Attraverso queste ipotesi di base si sceglie uno schema statico con impalcato a doppia travatura. Considerando che risulta quindi essere una tipologia di portale, a prima ipotesi sono stati pensati tutti i nodi a terra come degli incastri.

La maggior parte della struttura appoggia direttamente sulle pareti verticali della cava, presentando delle colonne inclinate. Solo nelle zone a quota più bassa le colonne poggiano direttamente sul suolo a piano orizzontale.

Come si può notare dall'immagine, seppur lo schema in sé risulta essere molto semplice, la conformazione geometrica dell'intera struttura genera uno schema di una certa complessità.

Questa rappresenta la prima ipotesi di schema statico; considerando l'inclinazione della struttura dovuta alla condizione della morfologia del terreno ci si aspettano delle deformazioni rilevanti considerando uno spostamento rotazionale in direzione opposta alla parete della cava. Si è voluto procedere a creare un modello agli Elementi Finiti per valutare

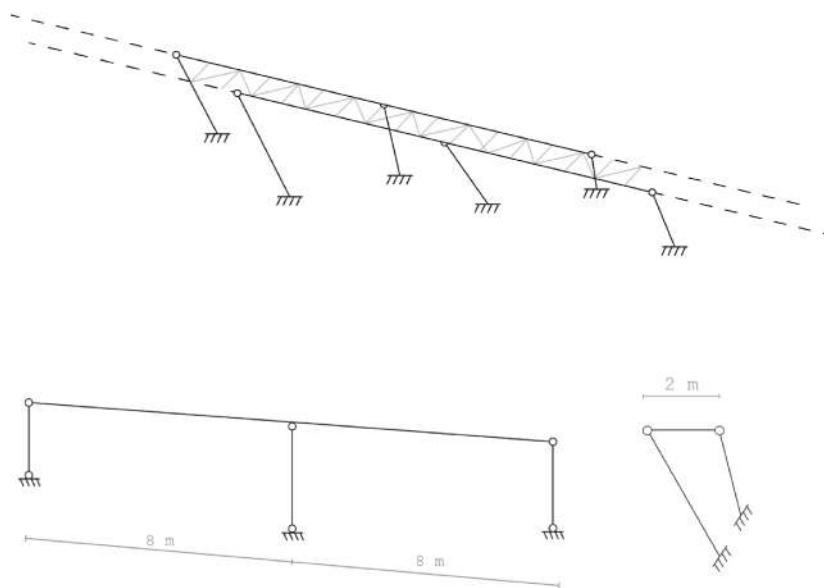


fig 2: schema statico con incastri alla base

l'entità di questi spostamenti e conseguentemente avanzare con lo stato del progetto. La modellazione e la gestione dell'analisi FEM è trattata nel capitolo successivo.

Una seconda proposta è stata avanzata per sopperire alle possibili problematiche sopra evidenziate. Per questo secondo schema è stata studiata un'opera scultorea del rinomato architetto spagnolo Santiago Calatrava. Tale scultura, nominata "head", presenta una forma cuboide sorretta da un unico pilastro estremamente esile posto ad un'inclinazione di rilevante importanza. La stabilità dell'intera scultura è garantita da un sistema di cavi. Questa combinazione di un unico pilastro combinata ad un insieme di tiranti permette la perfetta stabilità dell'intera struttura.



fig 3: Scultura "Head", Calatrava

Si vuole quindi prendere spunto da questa scultura per poter impostare un secondo schema statico in tal modo: i pilastri alla base non presenteranno più un incastro, come nello schema statico precedente, ma delle cerniere. All'estremità superiore dei pilastri saranno agganciati tre tiranti che, in funzione della conformità della parete di porfido, si agganceranno al terreno e alla parete di porfido per garantire stabilità.

Questa nuova struttura presenta dei notevoli vantaggi rispetto alla precedente; per prima cosa tutte le colonne sono delle bielle e che per definizione non presentano problemi di flessione lavorando quindi solo a compressione, sarà dunque possibile dimensionare tali elementi sulla base delle sole azioni assiali N. Ciò comporta una richiesta di una sezione di dimensione molto minore rispetto agli elementi che lavorano a sforzi flessionali. Avere dei pilastri più snelli rappresenta un vantaggio sia dal punto di vista economico e ambientale, in quanto è richiesto un minor consumo di acciaio, sia dal punto di vista architettonico e paesaggistico rimanendo fedeli al concetto iniziale di creare una struttura "leggera". Il secondo vantaggio, puramente tecnico, è dato dalla presenza di elementi tenditori sulle funi che agiscono da tiranti. A tal scopo se dovessero verificarsi nel lungo termine degli spostamenti, i tiranti possono essere ricalibrati attraverso e riportare la struttura alle condizioni iniziali.

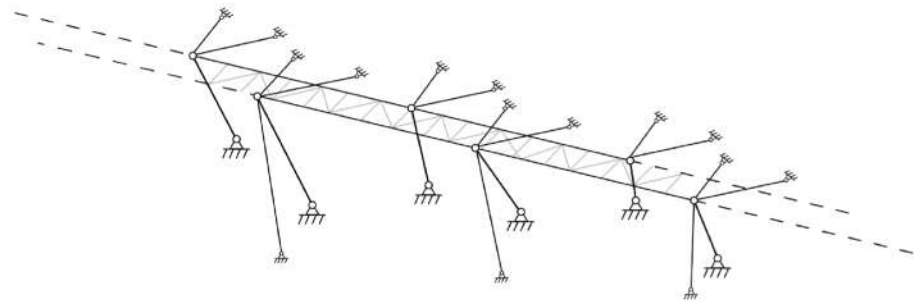
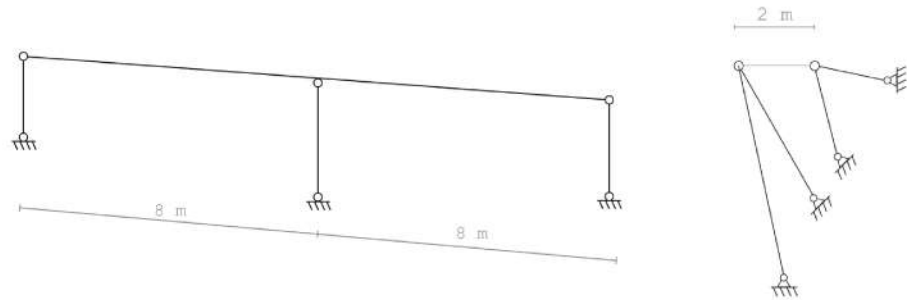


fig 4: Schema statico con bielle e tiranti



Le travi principali sono pensate con un interasse, tra un appoggio e l'altro, di otto metri in modo da permetterne il trasporto in cantiere.

Considerando la lunghezza della luce e la volontà di scegliere una trave di dimensioni il più contenute possibili si vuole eseguire un giunto ad incastro. Agendo in questo modo lo schema statico diverrebbe una trave continua con un appoggio in mezzaria.

Questa azione comporta dei vantaggi soprattutto in quanto, con la presenza di un momento negativo all'incastro, i momenti positivi saranno minori, inoltre la deformata locale risulterà con una freccia più bassa in favore di sicurezza.

6.3 *Le normative vigenti*

Le normative prese in considerazione per la stesura di queste analisi sono:

- Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018
- Circolare Applicativa gennaio 2019
- Eurocodice 1: UNI EN 1991-1-1:2002 parte 1 (azioni generale) e parte 2 (azioni su ponti)
- Eurocodice 3: UNI EN 1993-1-1:2022 Parte 1-1
- Documento di comprovata validità: Technical Guide for Footbridges, Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading, SETRA
- Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni, CNR-DT207/2008

6.4 *Analisi dei carichi*

Per la definizione dei carichi agenti si fa riferimento alle NTC2018 e la relativa Circolare Applicativa 21 gennaio 2019, secondo il punto 2.5.1.3 Classificazione delle Azioni secondo la variazione della loro intensità i carichi vengono in tal modo suddivisi:

permanenti (G): Peso proprio degli elementi strutturali G1, peso proprio degli elementi non strutturali (G2), spostamenti e deformazioni impresses e presollecitazione (P);

variabili (Q): azioni che agiscono con valori istantanei quali sovraccarichi, azione del vento, della neve e della temperatura. Sono dette di lunga o breve durata se agiscono per una lunga o breve durata in funzione della vita nominale dell'edificio;

Eccezionali (A): di natura eccezionale, come per incendi, esplosioni, urti ed impatti;

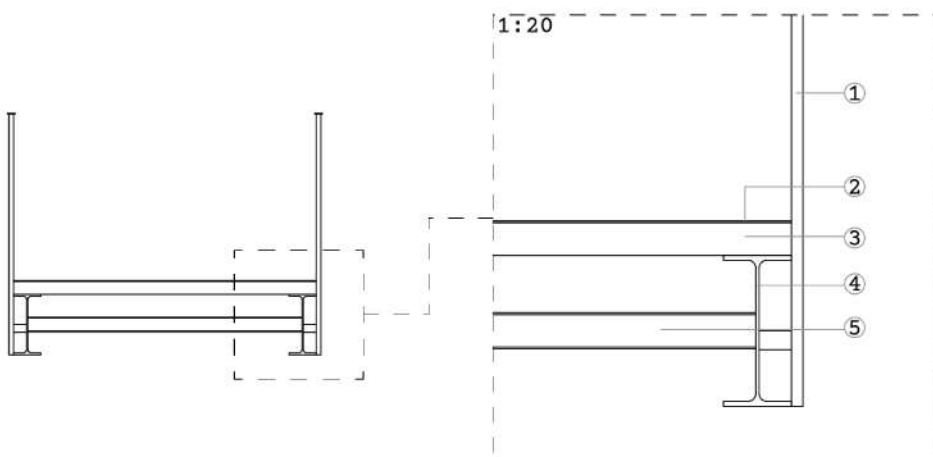
Sismiche (E): azioni derivanti da terremoti;

Tale identificazione dei carichi risulta essere in accordo con ciò che viene riportato al punto 5.1.3 Azioni su ponti stradali delle NTC2018.

Carichi permanenti

Sotto questa categoria sono stati inseriti tutti gli elementi che concorrono alla stabilità statica della struttura, quindi le travi principali e i travetti di irrigidimento. Per quanto riguarda invece gli elementi non strutturali permanenti si intende gli elementi di completamento (lamiera grecata, pavimentazione, parapetto). Viene di seguito riportato un dettaglio del pacchetto.

fig 5: stratigrafia della passerella



1. parapetto con montanti in acciaio e chiusura piena in acciaio corten
2. lamiera bugnata antiscivolo in acciaio corten
3. lamiera grecata strutturale in acciaio inox (85mm)
4. trave IPE300
5. trave HEA100

In questa prima fase gli elementi strutturali vengono ipotizzati. Ad analisi dei carichi completati seguirà una fase di calcolo per definire il corretto predimensionamento degli elementi.

| Elementi strutturali | Profilo | Massa [kg/m] | G1k [kN/m] |
|-------------------------|---------|--------------|------------|
| Travi longitudinali | IPE300 | 42,2 | 0,422 |
| Travi per irrigidimento | HEA100 | 16,7 | 0,167 |

Carichi variabili:

Folla secondo NTC2018 cap 5.1.3.3.3

Il carico folla di passerelle pedonali viene presentato nel suddetto capitolo. Le norme vigenti riportano 5 schemi di carico per ponti, nel caso di questo progetto si fa riferimento allo schema di carico numero cinque, il quale viene sotto riportato:

“costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,0 kN/m². Il valore di combinazione è invece di 2,5 kN/m². Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante”

| SOVRACCARICO Q | | |
|-----------------|---|-------------------|
| Q _{ks} | 5 | kN/m ² |

Carico neve

Il carico neve viene calcolato secondo il punto 3.4 delle NTC2018, con la seguente formula:

$$q_s = q_{sk} \times \mu \times C_E \times C_t$$

dove:

q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo

μ_i è il coefficiente di forma della copertura

C_E è il coefficiente di esposizione

C_t è il coefficiente termico

Il valore di riferimento del carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali del clima e dall'esposizione. La normativa vigente propone una zonizzazione del suolo nazionale per identificare questi valori.

Il progetto studiato rientra nella Zona 1 – Alpina ad una quota variabile tra i 350 e 450 mslm, la formula adottata è quindi:

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (as/728)^2]$$

Il coefficiente di forma μ_i , secondo il capitolo C3.4.3.1 della Circolare Applicativa indica come calcolare il fattore di cui sopra in funzione

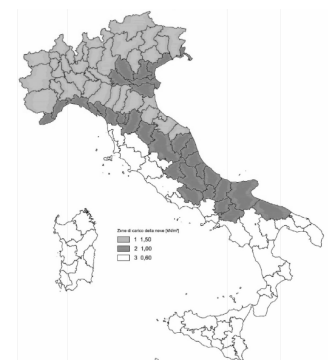


fig. 6: Zone di carico della neve secondo le NTC2018

dell'inclinazione della copertura. Nel caso di una passerella il piano di calpestio rappresenta la superficie sulla quale andrà a gravare il carico neve, ne segue un'inclinazione pari a 8 gradi.

Il coefficiente di esposizione considera le caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera; sono esposti nella tabella seguente (da NTC2018 Tab. 3.4.I)

| Coefficiente di forma | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| μ_1 | 0,8 | $0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$ | 0,0 |

Il coefficiente termico, non essendoci una riduzione del carico dovuta alla perdita di calore della struttura, viene assunto pari ad 1.

Segue una tabella riassuntiva per determinare il carico neve.

| CARICO NEVE | (NTC18) | | |
|-----------------------|---------|-------|-------------------|
| valore di riferimento | qk | 1,926 | KN/m ² |
| quota | as | 452 | m |
| coeff. Forma | μ | 0,8 | - |
| coeff. Di esposizione | Ce | 1 | - |
| coeff. Termico | Ct | 1 | - |
| carico neve | qs | 1,54 | KN/m ² |

Risulta un carico neve pari a $q_{sk}=1,54 \text{ kN/m}^2$

Carico vento

Il vento viene generalmente considerato una forza a direzione orizzontale che esercita azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando effetti dinamici. Date le caratteristiche di leggerezza e flessibilità della struttura, potrebbe essere opportuno fare un'analisi che consideri anche gli effetti dinamici. Tuttavia, date le finalità del nostro progetto preliminare, questa non è stata eseguita

La velocità base di riferimento secondo le NTC2018 è il valore medio su 10 minuti a 10 metri di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione Il riferito ad un tempo di ritorno di 50 anni.

$$V_b = v_{b,0} \times c_a$$

Dove $v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata dalla seguente tabella:

c_a è il coefficiente di altitudine.

Considerando la quota del progetto a_s pari a 450m e che secondo le NTC2018 Tab. 3.3.I la regione Trentino-Alto Adige è riconosciuta nella zona una si ha un valore del parametro a_0 pari a 1000m, si applica la seguente relazione:

per $a_s < a_0$ allora $c_a = 1$

| Zona | Descrizione | $v_{b,0}$ [m/s] | a_0 [m] | k_s |
|------|---|-----------------|-----------|-------|
| 1 | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25 | 1000 | 0,40 |

La velocità di riferimento, secondo la circolare applicativa (C3.3.2), viene fornita dalla seguente espressione:

$$v_b(T_R) = \alpha_R v_b$$

Dove v_b è la velocità base di riferimento di cui sopra, e α_R è un coefficiente corrispondente alla seguente espressione

$$\alpha_R = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Considerando un tempo di ritorno T_R pari a 50 anni la suddetta espressione riporterà un risultato unitario.

Viene di seguito riportata l'espressione per determinare la pressione del vento:

$$p = q_r \times c_e \times c_p \times c_d$$

dove

q_r è la pressione cinetica di riferimento

c_e è il coefficiente di esposizione

c_p è il coefficiente di pressione

c_d il coefficiente dinamico

la pressione cinetica di riferimento viene valutata secondo la mediante espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

dove v_r è la velocità di riferimento del vento e ρ è la densità dell'aria pari a 1,25 kg/m³

Il **coefficiente di esposizione** dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze del suolo non maggiori di 200 metri la normativa consiglia di sfruttare le seguenti formule:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

K_r , z_0 , z_{\min} sono assegnati dalla seguente tabella, in funzione della categoria di esposizione:

| Categoria di esposizione del sito | K_r | z_0 [m] | z_{\min} [m] |
|-----------------------------------|-------|-----------|----------------|
| I | 0,17 | 0,01 | 2 |
| II | 0,19 | 0,05 | 4 |
| III | 0,20 | 0,10 | 5 |
| IV | 0,22 | 0,30 | 8 |
| V | 0,23 | 0,70 | 12 |

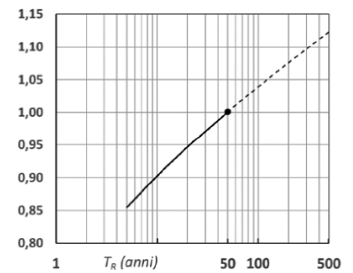


fig. 7: Valori del coefficiente α_R in funzione del tempo di ritorno T_R secondo la Circolare Applicativa Gennaio 2019

| ZONE 1,2,3,4,5 | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-----|------|----|
| | costa | | 500m | | 750m | |
| | mare | | | | | |
| | 2 km | 10 km | 30 km | | | |
| A | -- | IV | IV | V | V | V |
| B | -- | III | III | IV | IV | IV |
| C | -- | * | III | III | IV | IV |
| D | I | II | II | II | III | ** |
| * Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5 | | | | | | |
| ** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1 | | | | | | |

1. Appendice G.6 Tettoie,
Istruzione pe la valutazione
delle azioni e degli effetti del
vento sulle costruzioni, CNR
2008

La categoria di esposizione è definita dalla classe di rugosità del suolo. Interpolando questo dato nelle seguenti tabelle si estrapola la categoria designata. In particolare il progetto studiato ricade nella classe di rugosità C. La tabella della normativa presa in considerazione considera una distanza dalla costa superiore ai 30 km e una quota sul livello del mare inferiore ai 500m. Ne risulta che la categoria d'esposizione considerata è la categoria III.

| Classe di rugosità del terreno | Descrizione |
|--------------------------------|--|
| A | Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m |
| B | Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive |
| C | Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D |
| D | a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...) |

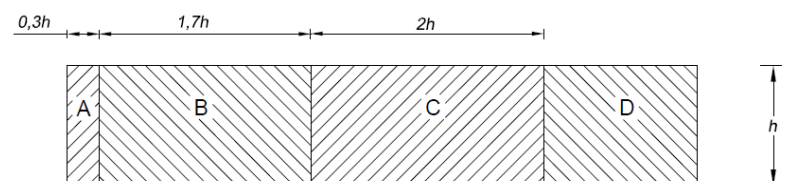
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Per quanto riguarda il **coefficiente di pressione in direzione orizzontale** e i coefficienti aerodinamici le NTC 2018 non contemplano una situazione adeguata e simile al progetto di questo elaborato. In tal senso vengono adoperate le indicazioni del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) tratte dal documento "Istruzione per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni", appendice G la quale tratta i coefficienti aerodinamici globali.

Considerando che l'azione del vento agirà prevalentemente sul parapetto della passerella si seguono le indicazioni della sezione G.5 "muri e parapetti".

Il coefficiente di pressione complessiva su parapetti è influenzato dalla porosità di questo, nel caso studiato il parapetto è progettato pieno viene quindi identificato un fattore di densità ϕ pari al 0%.

Tali coefficienti, inoltre, assumono valori differenti in funzione della distanza dalle estremità dell'elemento, quindi il parapetto viene suddiviso in fasce come riportato in figura.



L'altezza del parapetto è pari a 1,1m e la lunghezza dello stesso super di gran lunga la sua altezza, si considera quindi la fascia D.

Un'ulteriore caratteristica che definisce il suddetto coefficiente è la presenza di elementi di chiusura laterale in direzione del flusso d'aria. Considerando che gli unici elementi di chiusura nel progetto sono presenti nei punti di svincolo del percorso e valutando il loro posizionamento in funzione dell'intera lunghezza del percorso essi vengono considerati assenti.

Viene di seguito riportata la tabella dei coefficienti di pressione aerodinamica:

| φ | Chiusura laterale | l/h | A | B | C | D |
|-----------|-------------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| 1,0 | no | <3 | 2,3 | 1,4 | 1,2 | 1,2 |
| | | 5 | 2,9 | 1,8 | 1,4 | |
| | | >10 | 3,4 | 2,1 | 1,7 | |
| | si | tutti | 2,1 | 1,8 | 1,4 | |
| 0,8 | si/no | tutti | 1,2 | | | |

Considerando di essere in fascia D con densità pari al 0%, le indicazioni del CNR suggeriscono di adottare un coefficiente C_p pari a 1,2.

In funzione della particolare geometria del luogo su cui viene costruita la passerella vengono anche valutate le **azioni verticali del vento**, quindi azione che porterebbe ad un possibile sollevamento dell'intera struttura. A tal scopo la passerella viene associata, per similitudine di comportamento ad una tettoia, in quanto l'appendice G.6 definisce quest'ultime come "coperture che non si collocano permanentemente al di sopra di pareti verticali, ossia in cui lo spazio sottostante non sia delimitato in maniera permanente da pareti"¹.

Il documento a cui si fa riferimento introduce il grado di bloccaggio φ . Con esso si esprime il rapporto tra l'area esposta al vento di un'eventuale ostruzione presente al di sotto della tettoia e l'area totale della superficie ortogonale alla direzione del vento al di sotto della tettoia. Vengono identificate due situazioni limite:

$\varphi = 0$ corrisponde all'assenza di ostruzioni al di sotto della tettoia (tettoia libera);

$\varphi = 1$ corrisponde alla situazione in cui lo spazio al di sotto della tettoia risulti completamente ostruito.

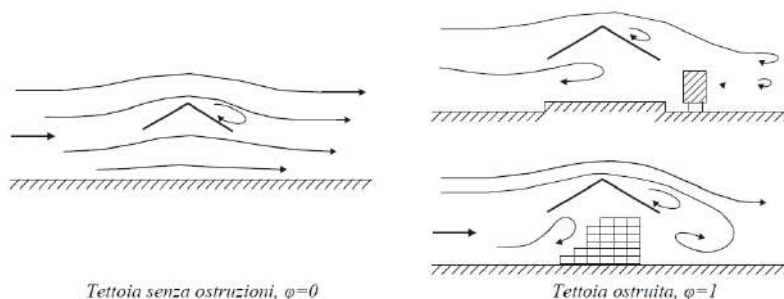


fig. 8: tipologie di tettoie e grado di bloccaggio, secondo CNR

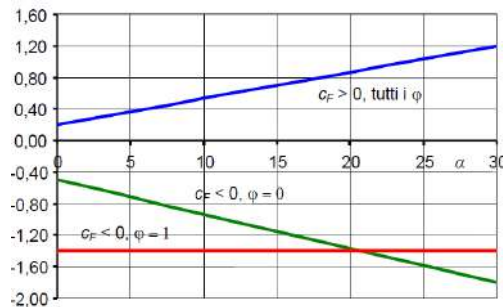
Siccome a monte della struttura nella maggior parte dei casi è presenta

la parete verticale della cava, viene assunto un grado di bloccaggio pari a 1. Il documento schematizza l'azione del vento sulle tettoie attraverso forze F ortogonali al piano di ciascuna falda della tettoia in funzione della tipologia di falda, quantificate mediante un coefficiente di forza (C_f). Il progetto della passerella viene quindi inserito nella tipologia "tettoie a semplice falda" (appendice G.6.1).

Vengono di seguito riportate le tabelle della documento di riferimento

| | | |
|-----------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Valori positivi | Tutti i valori di φ | $c_F = +0,2 + \alpha/30$ |
| Valori negativi | $\varphi = 0$ | $c_F = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$ |
| | $\varphi = 1$ | $c_F = -1,4$ |

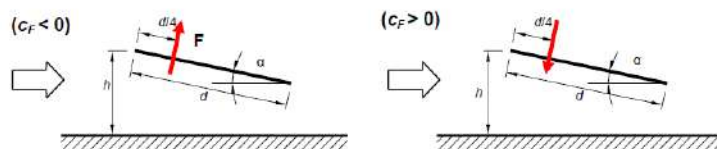
fig. 9: schema con i valori dei coefficienti di forza



Considerando un grado di bloccaggio φ pari a 1 e un inclinazione della passerella in funzione della direzione del vento α pari a 0, i coefficienti scelti corrispondono a +0,2 e -1,4.

La tabella per valori positivi indica pressioni del vento che tendono ad abbassare la passerella, quindi azioni direzionate verso il basso, e per valori negativi indica pressioni di sollevamento, quindi azioni dirette verso l'alto.

fig. 10: schema di applicazione delle forze



Vengono presi in considerazione due valori del coefficiente di pressione aerodinamica, sia positivo che negativo, in modo da avere sia azione di sollevamento che di abbassamento della struttura studiata.

Il calcolo dell'azione del vento viene determinato dalla seguente formula, la quale permette di determinare la forza agente:

$$F = q_p(\bar{z}) \cdot L^2 \cdot c_F$$

Con L^2 si identifica l'area di riferimento della passerella. Nel caso studio si vuole definire la pressione del vento, viene conseguentemente considerato unitario in modo tale da ottenere l'azione del vento come pressione agente su metro quadro.

Seguono le tabelle con i risultati delle pressioni relative all'azione del vento.

| | | | |
|-------------------------|------------|------------|------|
| Velocità di riferimento | v_r | 25,0183445 | m/s |
| | α_R | 1,0 | - |
| | v_b | 25 | m/s |
| | T_r | 50 | anni |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|-------------------|
| Pressione cinetica di riferimento | q_R | 391,20 | N/m ² |
| | ρ | 1,25 | kg/m ³ |

| | | | |
|-----------------------------|-----------|------|---|
| Coefficiente di Esposizione | $C_e(z)$ | 3,76 | - |
| | K_r | 0,2 | - |
| | z_0 | 0,1 | m |
| | z_{min} | 5 | m |
| | z | 90 | m |
| | c_t | 1 | |

| Coefficiente di Pressione secondo CNR | | | |
|---------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Capitolo G5 MURI E PARAPETTI | | Capitolo G6.1 TETTOIE FALDA SINGOLA | |
| ϕ | 1 | ϕ | 0 |
| l/h | 0,91 | $C_f +$ | 0,2 |
| Area | D | $C_f -$ | -1,4 |
| C_p | 1,2 | L^2 | 1 |

| | | | | |
|---------------------|-------------------------|-----------|-----------|-------------------|
| Pressione del vento | sopravento su parapetto | $Q_{w,h}$ | 1,76301 | kN/m ² |
| | sollevamento passerella | $Q_{w,v}$ | 0,293835 | kN/m ² |
| | | $Q_{w,v}$ | -2,056844 | kN/m ² |

Area d'influenza

Vista la natura architettonica della struttura studiata e la sua conformazione strutturale, le aree di influenza che entrano in gioco sono due; la struttura della passerella viene quindi suddivisa a metà, la prima metà scarica i pesi sulla prima trave longitudinale e la seconda metà della struttura lavorerà medesimamente sulla seconda trave longitudinale

Considerando che la lunghezza dell'intero percorso è di circa 1,5 km (VERIFICARE) e che la configurazione della passerella rimane pressoché invariata lungo l'intera struttura – ne fanno solo eccezione il posizionamento dei pilastri in quanto questi si adatteranno alla conformazione della cava – l'area d'influenza verrà definita su di una porzione di un metro di lunghezza della passerella.

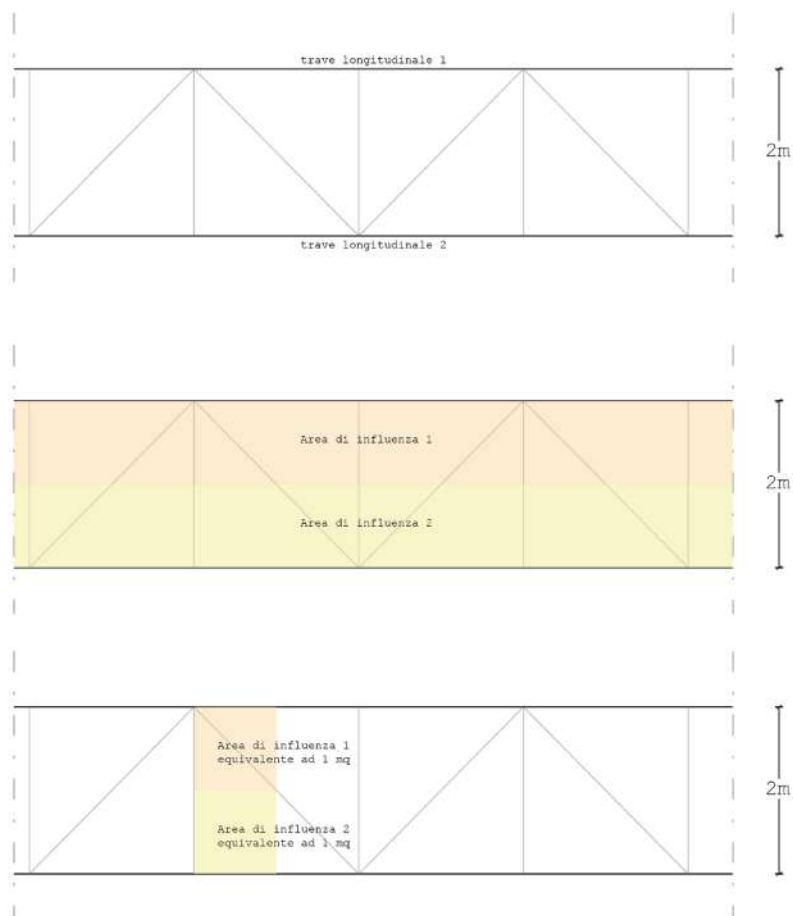


fig. 11: schema delle aree di influenza

6.5 *Combinazione delle azioni e predimensionamento*

Ora che sono stati definiti i carichi agenti si calcolano la combinazione delle azioni. Queste servono per poter calcolare le azioni interne e quindi predimensionare gli elementi principali.

I valori dei coefficienti di combinazione ψ sono presi dalla tabella 5.1.VI del capitolo 5.1.2.14 delle NTC2018, sezione dedicata a ponti stradali e pedonali. Viene di seguito riportata la suddetta tabella

| Azioni | Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV) | Coefficiente Ψ_0 di combinazione | Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti) | Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti) |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV) | Schema 1 (carichi tandem) | 0,75 | 0,75 | 0,0 |
| | Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti) | 0,40 | 0,40 | 0,0 |
| | Schemi 3 e 4 (carichi concentrati) | 0,40 | 0,40 | 0,0 |
| | Schema 2 | 0,0 | 0,75 | 0,0 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 4 (folla) | -- | 0,75 | 0,0 |
| Vento | a ponte scarico SLU e SLE | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| | in esecuzione | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| | a ponte carico SLU e SLE | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| Neve | SLU e SLE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | in esecuzione | 0,8 | 0,6 | 0,5 |
| Temperatura | SLU e SLE | 0,6 | 0,6 | 0,5 |

Lo stesso capitolo è riferimento per i coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU:

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 | A2 |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti g_1 e g_3 | favorevoli | γ_{G1} e γ_{G3} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2 | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,35 | 1,35 | 1,15 |
| Azioni variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto | favorevoli | $\gamma_{\epsilon 1}$ | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,00 ⁽³⁾ | 1,00 ⁽⁴⁾ | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari | favorevoli | $\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

Le combinazioni delle azioni sono definite nel capitolo 2.5.3 delle NTC2018.

| | | | |
|------------------|--------------|-------|------|
| rara | neve | 8,27 | KN/m |
| | folla | 12,96 | KN/m |
| | vento | 8,79 | KN/m |
| frequente | neve | 6,42 | KN/m |
| | folla | 10,02 | KN/m |
| | vento | 6,68 | KN/m |
| quasi permanente | neve | 6,27 | KN/m |
| | folla | 6,27 | KN/m |
| | vento | 6,27 | KN/m |

Combinazione fondamentale agli SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) agli SLE irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente agli SLE reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente agli SLE reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Applicando le combinazioni sopra riportate, si va a ricerca il carico più gravoso sia per gli stati limite di esercizio che gli stati limite ultimi. In questa prima fase, a scopo semplificato e per il solo fine di avere un predimensionamento, verrà quindi ignorato il carico del vento che tende a ribaltare verso l'alto la passerella in quanto di valore esigua rispetto alle altre azioni.

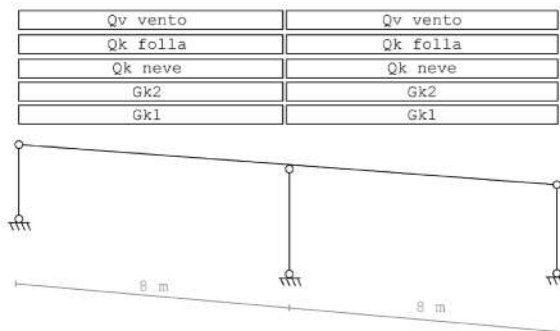


fig. 12: schema dei carichi agenti

| | | |
|--------|------|------|
| Gk1 | 0,42 | kN/m |
| Gk2 | 5,08 | kN/m |
| Qneve | 1,54 | kN/m |
| Qfolla | 5,00 | kN/m |
| Qvento | 2,06 | kN/m |

Vengono di seguito riportate le tre combinazioni calcolate agli SLU, della quale la combinazione che considera il carico folla come principale risulta essere la più gravosa con una carico di 19,38 kN/m.

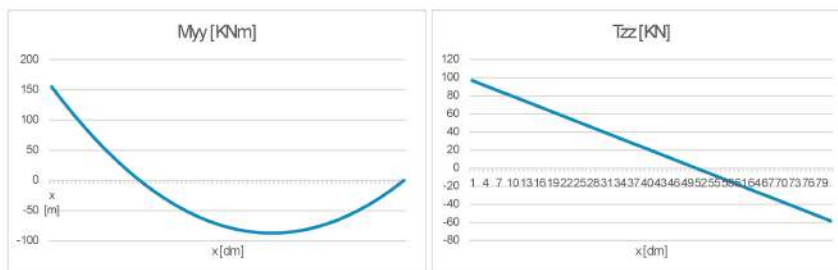
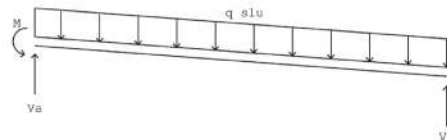
| | | |
|-------------|-----------|------|
| neve princ | 12,345004 | KN/m |
| folla princ | 19,382804 | KN/m |
| vento princ | 13,116911 | KN/m |

Segue invece la tabella riassuntiva che riporta i carichi per le tre combinazioni agli SLE. La più gravosa risulta essere la combinazione rara con il carico folla come carico principale, con un valore di 12,96 kN/m.

Si sottolinea inoltre che i calcoli delle azioni interne e del predimensionamento è stato eseguito per lo schema di carico di tipo 1.

Azioni interne trave principale

Definiti i carichi si calcolano le azioni interne. La trave considerata, secondo lo schema di carico 1, presenta una lunghezza di 8 metri incastrata ad un estremo e incernierata all'estremo opposto. Segue il diagramma di momento e taglio:



Il momento M_{yy} massimo negativo, corrispondente al nodo ($z=0m$), equivale a 155 kNm. Il momento M_{yy} massimo positivo, corrispondente al punto $x=5$ metri, equivale a 87,22 kNm.

Il taglio massimo raggiunge un valore di 96,91 kN.

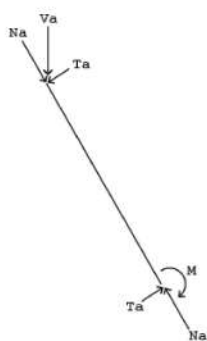


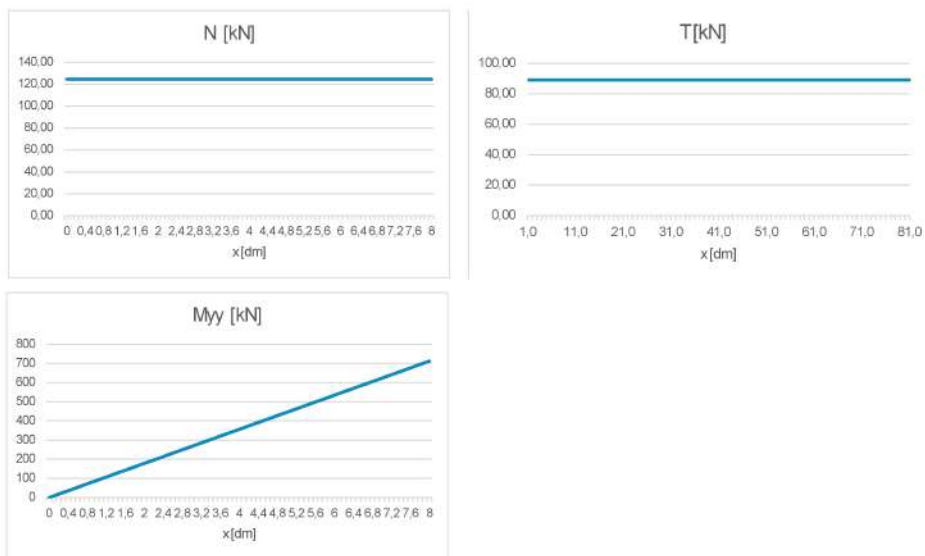
fig. 12: schema delle azioni interne del pilastro

Azioni interne pilastro

Il pilastro in conformità con lo schema statico 1 presenta un estremo libero e l'estremo opposto incastrato.

Le forze agente verticale che agisce sul nodo libero viene scomposta in un'azione di taglio e una assiale, come mostrato in figura.

Vengono di seguito riportati i grafici con le azioni interne



i valori che emergono corrispondono ad un'azione di compressione N pari a 124,59 kN, ad un'azione di taglio costante e pari a 89,09 kN. Il valore del momento, crescente, raggiunge il picco nell'incastro alla base con un valore pari a 712,71 kNm.

predimensionamento trave principale e pilastro

Gli elementi strutturali sono formati da sezioni di acciaio S275 secondo le normative UNI EN 10025-2. I dati riguardanti le sezioni con profilo aperto laminate a caldo per spessore t minore di 40mm presentano i seguenti dati:

| | | | |
|--------------|----------|-----------|-------------------|
| Acciaio S275 | f_{yk} | 275,00 | N/mm ² |
| | f_{tk} | 430,00 | N/mm ² |
| | E | 210000,00 | N/mm ² |
| | G | 80769,23 | N/mm ² |
| | v | 0,30 | - |

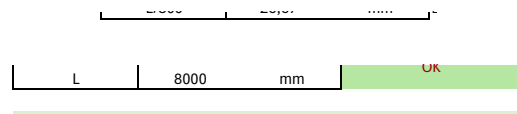
Sulla base della resistenza a flessione plastica minima, ricavata dalla tensione flessionale agente sull'elemento strutturale considerando una sezione di classe 1/2 quindi, è possibile identificare una sezione potenzialmente funzionale per quanto riguarda gli Stati Limite Ultimi. Per il calcolo della resistenza a flessione si considera un coefficiente per la resistenza del materiale acciaio γ_M pari a 1,05 in accordo con le NTC2018..

| | | |
|-----------|----------|-----------------|
| M_{max} | 1,55E+08 | Nmm |
| W_{pl} | 5,92E+05 | mm ³ |

Conseguentemente al $W_{pl,min}$ richiesto, il quale presenta un valore di $5,29 \times 10^5 \text{ mm}^3$, è possibile scegliere una trave di tipo IPE330 in quanto essa, con un valore W_{pl} pari a $8,04 \times 10^5 \text{ mm}^3$, rispetta il minimo richiesto.

| | | | | | |
|---------|------------|----------|-----------------|----------|-----------------|
| IPE 330 | I_y | 11770,00 | cm ⁴ | 1,18E+08 | mm ⁴ |
| | $W_{el,y}$ | 713,10 | cm ³ | 7,13E+05 | mm ³ |
| | $W_{pl,y}$ | 804,30 | cm ³ | 8,04E+05 | mm ³ |
| | A_{yz} | 30,81 | cm ² | 3081,00 | mm ² |
| | A | 62,61 | cm ² | 6261,00 | mm ² |

Vista l'importanza dimensionale della luce che entra in gioco si vuole, in fase di predimensionamento, valutare che vengano rispettati anche i limiti di deformazione verticale secondo la combinazione di carico degli Stati Limite di Esercizio.



Viene quindi scelta, per la trave principale, una sezione IPE300.

Il pilastro viene predimensionato in funzione dell'azione assiale. Viene quindi definita l'area minima necessaria per resistere a tale sforzo.

| | | |
|------|--------|-----------------|
| Amin | 475,71 | mm ² |
| | 9,55 | cm ² |

Come introdotto nei capitoli precedenti il pilastro è progettato per essere di forma circolare; data l'area minima necessaria si sceglie quindi una sezione cava circolare 219,1x16 (si vuole rimanere ampiamente in fascia di sicurezza in funzione dell'importante azione di momento presente al nodo d'incastro).

In conclusione la struttura portante sarà formata da due travi IPE330 di luce L pari a 8 metri. Queste poggeranno su colonne di sezione circolare cava dalla dimensione di 219,1x16 e lunghezza variabile in funzione della posizionamento dello stesso.

Capitolo 7

La modellazione FEM come processo relizzativo

Nel seguente capitolo viene trattata la progettazione, modellazione verifica e conseguente ottimizzazione della struttura. Sono illustrati i passaggi ed i ragionamenti eseguiti per giungere alla definizione strutturale della struttura e presentate le problematiche che hanno sviluppato e modificato la struttura stessa.

Vengono inoltre predimensionati due nodi di giunto delle travature principali e si conclude il capitolo con alcune proposte di dettagli costruttivi

Obiettivi:

progettazione strutturale in acciaio e ottimizzazione statica della struttura

La progettazione strutturale viene, in questo lavoro di tesi, eseguita secondo l'approccio dell'analisi agli elementi finiti più comunemente abbreviato con la dicitura FEM.

La scelta è ricaduta sull'utilizzo di questo metodo in modo da poter ricreare un modello tale da predire in modo più accurato le principali caratteristiche della risposta strutturale. La progettazione e verifica manuale, seppur minuziosamente e attentamente eseguita, comporterebbe delle approssimazioni che attraverso un'analisi FEM non sarebbero ammesse, in particolare per quanto riguarda verifiche che richiedono un onere computazionale elevato - ne è un chiaro esempio l'analisi modale.

7.1 la modellazione agli elementi finiti

introduzione sull'analisi FEM

Il metodo di analisi agli elementi finiti è basato sulla risoluzione di sistemi di equazioni, tali sistemi vengono rappresentati come matrici. Una matrice è una tabella ordinata di elementi suddivisa in righe e colonne. Un esempio di matrici sono descritte dalla matrice delle forze "F" agenti su dei nodi o punti della struttura e la matrice dei corrispettivi spostamenti "d"

$$\{F\} = \underline{F} = \begin{Bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \\ F_{1z} \\ F_{2x} \\ F_{2y} \\ F_{2z} \\ \vdots \\ F_{nx} \\ F_{ny} \\ F_{nz} \end{Bmatrix} \quad \{d\} = \underline{d} = \begin{Bmatrix} d_{1x} \\ d_{1y} \\ d_{1z} \\ d_{2x} \\ d_{2y} \\ d_{2z} \\ \vdots \\ d_{nx} \\ d_{ny} \\ d_{nz} \end{Bmatrix}$$

Queste sono un esempio di matrice ad una colonna $n \times 1$. La notazione con sottolineature indica che tale elemento è rappresentante di una matrice composta da m colonne e n righe. Il pedice indica il nodo e la direzione della forza o dello spostamento. Spesso viene utilizzata la notazione tramite parentesi quadrata per indicare una matrice rettangolare, ovvero una matrice con lo stesso numero di righe e colonne ($n=m$). Un esempio nel calcolo strutturale è la matrice quadrata di rigidità indicata dalla lettera $[k]$.

$$[k] = \underline{k} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}$$

Le tre matrici riportate - forza globale, spostamento globale e rigidità - sono correlati tra loro dalla seguente relazione:

$$\underline{F} = \underline{K} \underline{d}$$

comunemente detta equazione di rigidezza globale. In forma estesa viene così rappresentata:

$$\begin{Bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \\ \vdots \\ F_{nz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & \dots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & K_{2n} \\ \vdots & & & \\ K_{n1} & K_{n2} & \dots & K_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_{1x} \\ d_{1y} \\ \vdots \\ d_{nz} \end{Bmatrix}$$

la quale rappresenta l'equazione base del metodo degli spostamenti o metodo delle rigidezze.

L'autore e accademico Dary L. Logan nel libro "A First Course in the Finite Element Method" presenta sette passi da seguire per impostare e risolvere un problema attraverso l'analisi agli elementi finiti.

1. "discretizzazione e scelta degli elementi tipo;

Il primo passo da eseguire è la fase di modellazione e discretizzazione. Il modello verrà quindi semplificato dividendolo in un sistema equivalente di elementi finiti. Il numero e la dimensione degli elementi finiti è a discrezione del progettista, il quale deve valutare di creare un modello il più verosimile al comportamento reale della struttura studiata rapportandolo alla capacità computazionale necessaria e soprattutto in funzione alla qualità e precisione che si necessita dei risultati. Gli elementi primari si suddividono in linee, come per esempio travi e pilastri, in bidimensionali, i quali subiscono una discretizzazione tramite triangolazione o divisione in quadrilateri e per ultimi gli elementi tridimensionali, che vengono rappresentati da un'insieme di tetraedri ed esaedri. Un ultima tipologia di elemento base è l'elemento assialsimmetrico.

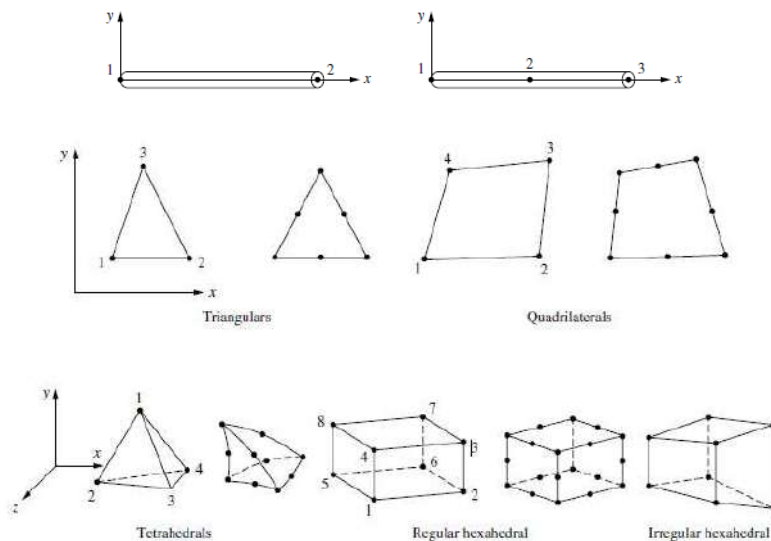


fig. 1: schema della discretizzazione degli elementi nella modellazione FEM

2. Selezione di una funzione di spostamento

La scelta delle funzioni può spaziare da polinomi lineari, quadrati, cubici e per elaborazioni più complesse anche serie trigonometriche. Le funzioni sono espresse in termini di incognite nodali e la stessa funzione può

essere usata ripetutamente per ogni elemento finito. Conseguentemente si ottiene una quantità continua, come possono essere gli spostamenti o le azioni interne di un elemento strutturale, approssimata da un modello discreto formato da un set di funzioni.

3. Definire le relazioni di deformazione, spostamento e sollecitazione

Nel caso di deformazioni monodimensionali la deformazione ϵ_x viene definita dalla seguente relazione

$$\epsilon_x = \frac{du}{dx}$$

du : spostamento

il rapporto tra sollecitazione e deformazione viene definito dalla legge costitutiva imposta, sfruttando la legge di Hook

$$\sigma_x = E\epsilon_x$$

σ_x : sollecitazione in direzione x
E: modulo elastico

4. Derivare la matrice di rigidezza e le equazioni degli elementi

Per definire la matrice sono possibili tre procedimenti. L'equilibrio diretto, attraverso i metodi energetici quindi il principio dei lavori virtuali e il metodo detto "weight residuals". Per entrare nei dettagli di tali operazioni si consiglia lo studio del libro citato in testa a questo paragrafo.

Indipendentemente dalla scelta del metodo si giungerà alla soluzione dell'equazione della rigidezza (in forma matriciale) $\{F\} = [K]\{d\}$

5. Assemblare le equazioni degli elementi per ottenere le equazioni globali o totali e introdurre le condizioni al contorno

Lo scopo di questo passaggio è quello di definire le forze globali che agiscono sul modello definito al punto 1 attraverso le equazioni di equilibrio globale. L'equazione finale in forma matriciale prenderà la seguente forma:

$$\{F\} = [K]\{d\}$$

dove:

$\{F\}$: vettore delle forze nodali globali

$[K]$: rigidezza totale

$\{d\}$: vettore degli spostamenti

In questa fase potrebbe risultare una matrice di rigidezza singolare, ovvero il suo determinante ha valore pari a zero. Ciò può essere risolto agendo sulle condizioni al contorno, quindi modificando i vincoli.

6. Risolvere e ottenere gli spostamenti incogniti

Per ottenere gli spostamenti bisogna risolvere l'equazione riportata al punto precedente, rappresentata da matrici ad n gradi di libertà in funzione della struttura stessa.

7. Risolvere le deformazioni e le sollecitazioni

Ottenute le deformazioni interne è possibile, tramite il legame costitutivo, ottenere le sollecitazioni degli elementi studiati.

8. Interpretazione dei risultati

L'ultimo passo consiste nell'analisi ed interpretazione dei risultati in modo da poter ottimizzare la struttura e valutarne l'efficienza sia da un punto di vista strutturale, sia da un punto di vista economico.

Va reso noto che la maggior parte di questi passi indicati viene fatta in maniera automatica dai software FEM. La maggiore difficoltà, oltre all'onore computazionale, risulta proprio nella scelta e nell'impostazione del modello e del metodo di risoluzione scelto per il problema statico

Questa analisi viene adottata per lo studio del progetto di questa tesi presenta dei vantaggi notevoli:

- semplicità di modellazione anche per elementi di geometrie particolari
- gestione semplificata di numerose condizioni di carico
- modellazione di strutture composte da materiali diversi
- gestione quasi illimitata di condizioni al contorno
- modificare il modello in maniera semplice
- studiare gli effetti dinamici e gestire il comportamento non-lineare dei materiali se necessario

Modellazione della passerella

Sulla base delle indicazioni che vengono esposte nel paragrafo precedente si decide quindi di iniziare a modellare tridimensionalmente la struttura. Per lo scopo di analisi e progettazione strutturale è stato scelto come software FEM il programma Dlubal RFEM 6.

A scopo architettonico e paesaggistico è stato sviluppato un modello tridimensionale, eseguito con il programma Rhinoceros 7, per poter indagare tutte le componenti formali legate alle dinamiche paesaggistiche e non solo. Si è quindi sfruttata l'interoperabilità tra i due programmi. Dal modello 3D di studio è stato generato il modello a filo di ferro sfruttando l'applicativo Rhinoceros - usando come elementi base la linea - per poi esportare e importare il file direttamente sul software fem in modo tale da avere già una struttura di base sulla quale lavorare.

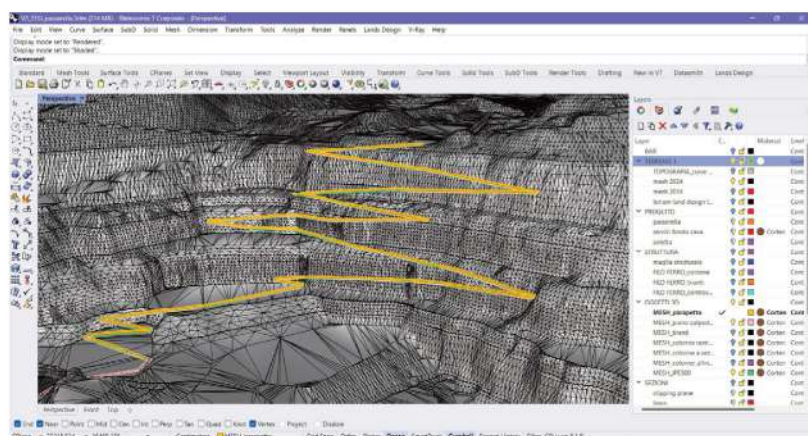


fig. 2: schermata dell'applicativa Rhinoceros

È doveroso sottolineare che per quanto riguarda la modellazione e verifica FEM è stato deciso di lavorare solo su una parte della struttura scorporando la passerella in più strutture in grado di operare indipendentemente.

Tale scelta è stata presa in funzione dell'importante dimensione dell'intero progetto e soprattutto considerando che l'impianto strutturale

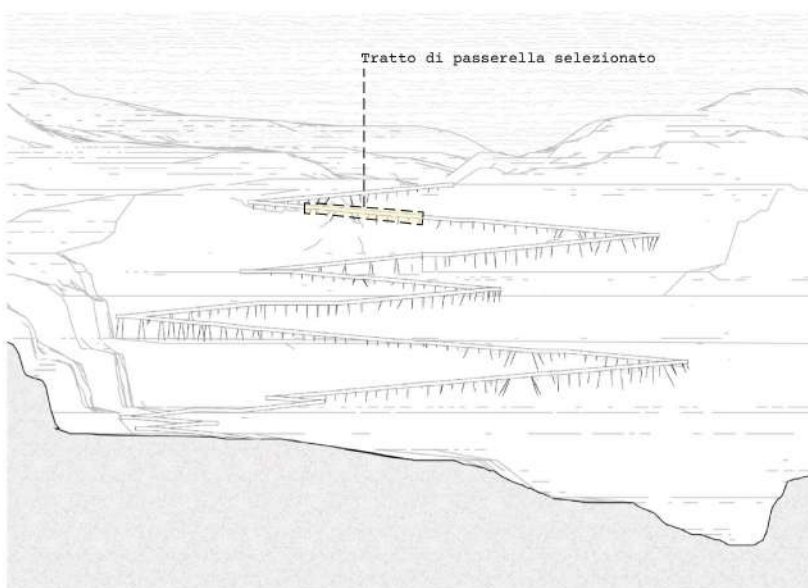


fig. 3: rappresentazione del modulo strutturale

non varia ; quindi ciò che viene studiato può essere ripetuto, includendo alcune variazioni in funzione delle pareti di porfido e alla geometria della cava, per tutta la lunghezza dello stesso.

Nel modello impostato su Rhinoceros sono stati definiti tre elementi principali che costituiscono la struttura, tutti rappresentati in questa modellazione da una linea:

1. colonne
2. travi principali
3. travi secondarie di irrigidimento

Per ognuno di questi è stato generato un livello in modo tale da creare ordine tra i vari elementi.

Dal modello tridimensionale e di studio architettonico è stato quindi modellato il cosiddetto “modello a filo di ferro”.

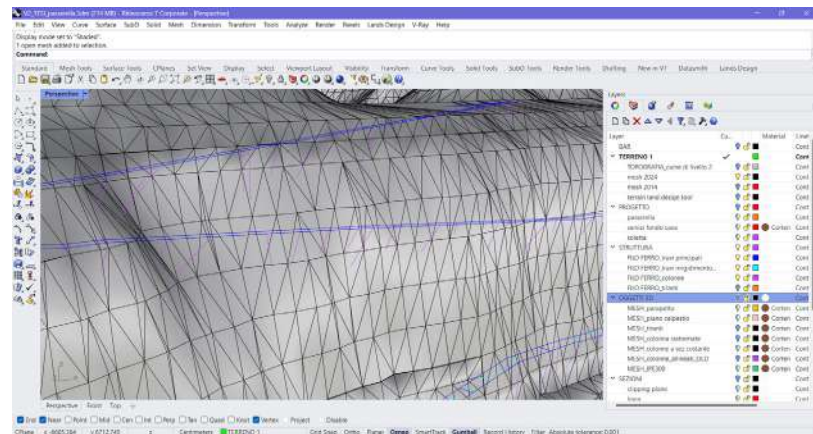
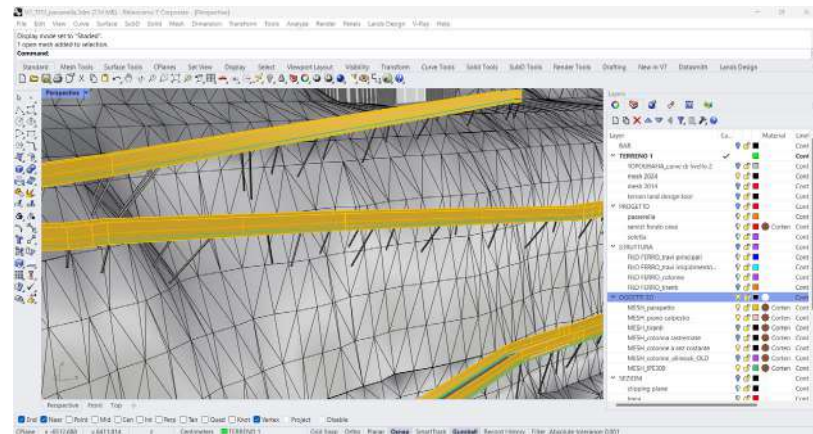
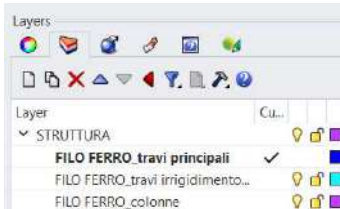


fig. 4: schema a filo di ferro modellato su Rhinoceros

Nelle immagini sopra viene messo a raffronto il modello tridimensionale e quello a filo di ferro della parte di struttura interessata dalle analisi strutturali.

La scelta di creare la struttura in una prima fase con un programma di modellazione tridimensionale che nulla ha a che fare con le analisi FEM è stata dettata dalla libertà che questo permette in fase di elaborazione,

e soprattutto in quanto era già stato creato un modello tridimensionale non strutturale a scopo architettonico-compositivo.

Per poter importare il modello a filo di ferro sul software RFEM si è dovuto inizialmente esportare le componenti analizzate in formato vettoriale, quali dwg, per poi poterle aprire nel programma FEM sopra citato.

Il software Dlubal RFEM 6

Non solo la modellazione, ma anche le impostazioni e il settaggio del modello giocano un ruolo importante su queste analisi a tal punto che spesso anche se la struttura viene modellata in maniera eccelsa potrebbero nascere problematiche legate alle impostazioni impartite. Il software Dlubal RFEM, nel momento in cui viene creato un nuovo progetto, presenta una finestra la quale permette di inserire informazioni di rilevante importanza.

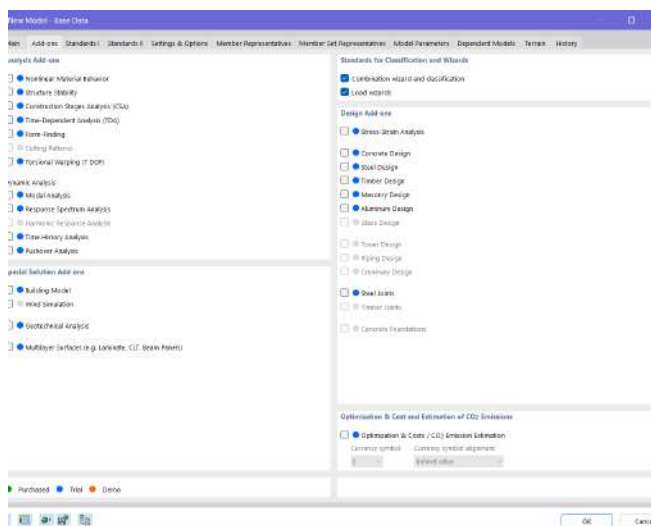
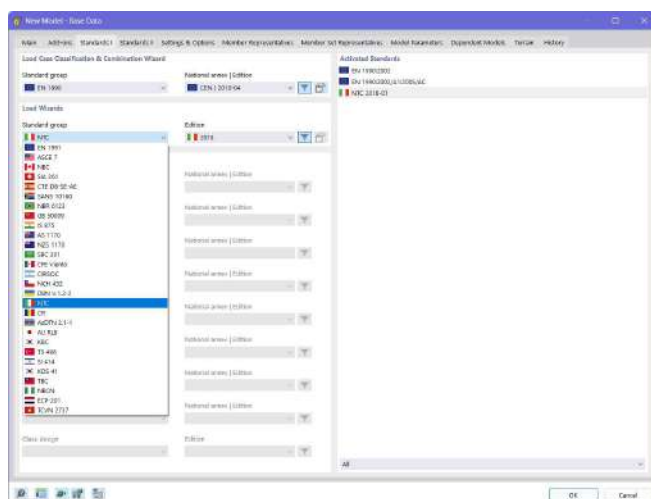


fig. 4: schermata dell'applicativa RFEM 6

Il programma lavora tramite add-on che vanno attivati in fase di generazione del modello (essi possono essere attivati o disattivati a piacimento in qualsiasi momento). Permettono di sbloccare funzionalità legate alle analisi così come alle verifiche.

Importante inoltre è impostare giustamente le norme alle quale il programma farà riferimento.



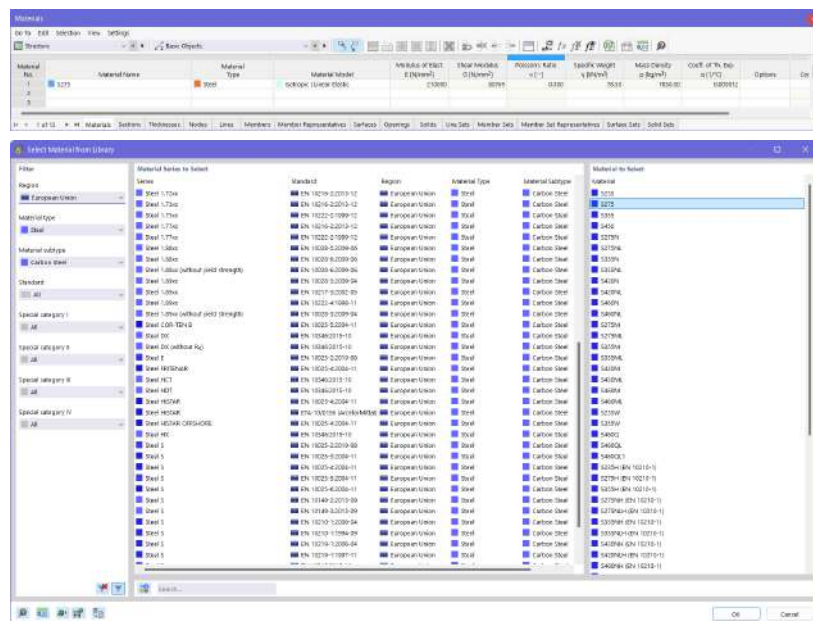
Ciò si riflette sia nella scelta dei materiali e degli elementi costruttivi, che variano a seconda delle normative, sia per le modalità e le formulazioni che verranno sviluppate in fase di verifica.

Nella finestra di editor del modello sono anche presenti, oltre alle impostazioni sopra citate, altri settaggi legati ai gradi di tolleranza e alle opzioni dei sistemi di coordinate, ai parametri del modello e del terreno.

Terminata la fase di impostazioni iniziali si presenta una schermata suddivisa in tre spazi. Nella zona a sinistra è presente un menù con un elenco di tutti gli oggetti presenti nel modello e quelli che si possono aggiungere. Questo pannello possiede varie schede per poter modificare gli elementi visibili e, una volta ottenuti i risultati delle analisi, anche la possibilità di gestire quest'ultime. Nella fascia in basso è presente una finestra suddivisa in svariati pannelli. In questa zona è possibile definire i materiali, le sezioni, le tipologie di elementi presenti nel modello, i casi di carico e, una volta ottenuti, visualizzare le tabelle con i risultati numerici. Nella zona centrale è presente lo spazio di lavoro per poter editare il modello tridimensionale.

I materiali

La prima fase di lavoro è stata quella di impostare il materiale

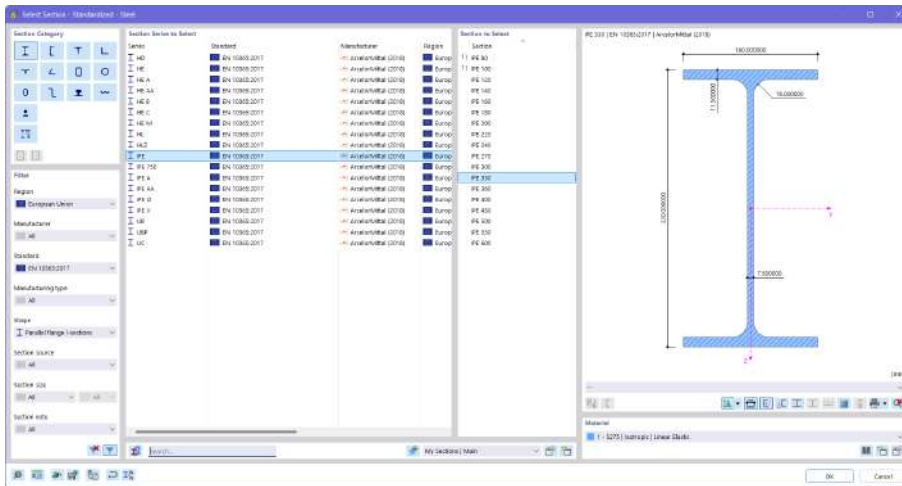
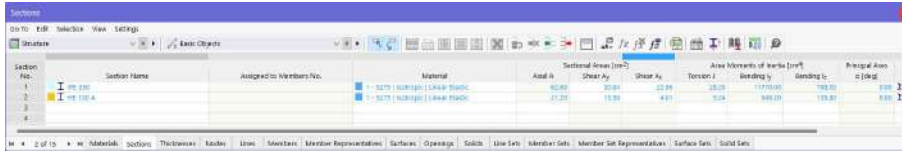


Dalla finestra dei materiali è possibile “creare” un nuovo materiale. Avendo impostato le norme Europee come base di progetto il programma mi permette di selezionare in funzione di questa impostazione la giusta tipologia di acciaio.

| | | | |
|--------------|-----|-----------|-------|
| Acciaio S275 | fyk | 275,00 | N/mm2 |
| | ftk | 430,00 | N/mm2 |
| | E | 210000,00 | N/mm2 |
| | G | 80769,23 | N/mm2 |
| | v | 0,30 | - |

Le sezioni

Definito il materiale si vogliono impostare le sezioni di progetto, in funzione di ciò che è stato scritto nel capitolo dedicato al predimensionamento. Similmente a quanto fatto con la scelta del materiale si procede ad aprire il dedicato pannello e “creare” una nuova sezione.



Il programma permette di scegliere la forma della sezione e la relativa dimensione, sempre in concomitanza delle normative vigenti. È inoltre possibile modificare manualmente i valori delle dimensioni delle sezioni se necessario. Seguono delle tabelle riassuntive con i dati delle sezioni scelte per il progetto.

| | | | | | |
|---------|------|----------|-----------------|----------|-----------------|
| IPE 330 | ly | 11770,00 | cm ⁴ | 1,18E+08 | mm ⁴ |
| | Wey | 713,10 | cm ³ | 7,13E+05 | mm ³ |
| | Wply | 804,30 | cm ³ | 8,04E+05 | mm ³ |
| | Ayz | 30,81 | cm ² | 3081,00 | mm ² |
| | A | 62,61 | cm ² | 6261,00 | mm ² |

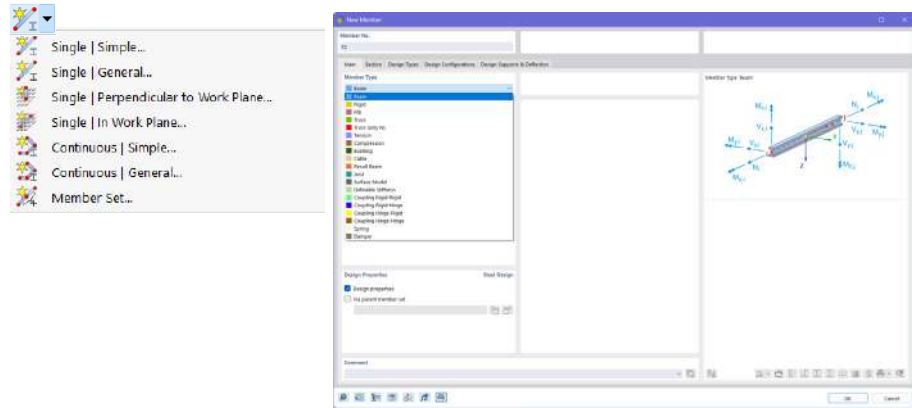
| | | | | | |
|---------|------|--------|-----------------|----------|-----------------|
| IPE 100 | ly | 171,00 | cm ⁴ | 1,71E+06 | mm ⁴ |
| | Wey | 34,20 | cm ³ | 3,42E+04 | mm ³ |
| | Wply | 39,41 | cm ³ | 3,94E+04 | mm ³ |
| | Ayz | 4,44 | cm ² | 444,00 | mm ² |
| | A | 10,32 | cm ² | 1032,00 | mm ² |

| D | t | M | A | | I | | Wey | | Wply | |
|-------|----|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | [cm ²] | [mm ²] | [cm ⁴] | [mm ⁴] | [cm ³] | [mm ³] | [cm ³] | [mm ³] |
| 219,1 | 16 | 80,1 | 102 | 10200 | 5297 | 5,30E+07 | 483 | 4,83E+05 | 661 | 6,61E+05 |
| | 20 | 98,2 | 125 | 12500 | 6261 | 6,26E+07 | 572 | 5,72E+05 | 795 | 7,95E+05 |

Importazione delle linee e assegnazione delle sezioni

Importato il file vettoriale contenente il modello a filo di ferro, si procede alla modellazione dello schema statico 1. In questa fase, sfruttando lo

strumento "new single member" si possono cambiare le impostazione delle linee base in modo da generare un elemento tipo trave. Cliccando sull'icona dedicata a questo comando si aprirà una finestra dove sarà possibile determinare la tipologia di oggetto - se trave semplice, biella, tirante, fune e quant'altro - e selezionare la tipologia di sezione e di materiale considerando quanto impostato precedentemente.

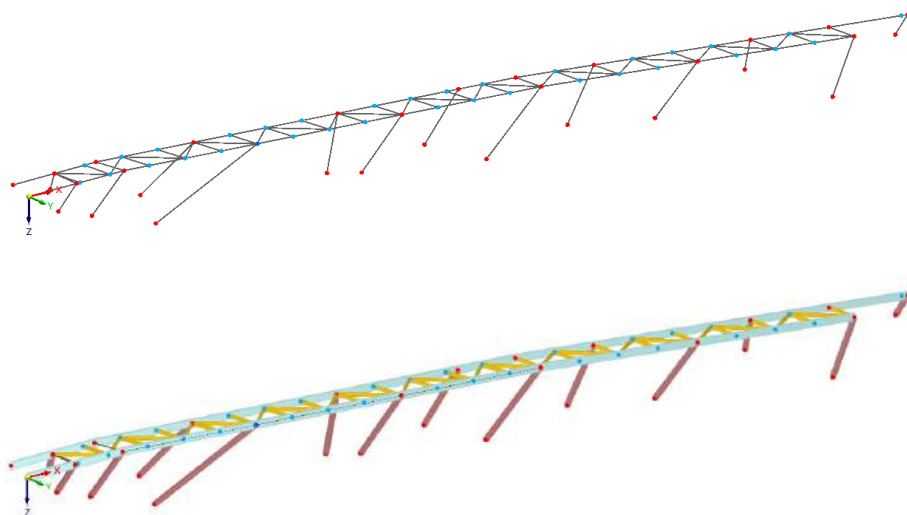


Le travi principali vengono modellate e definiti come elementi "beam" quindi che lavorano a trave. Diversamente invece è stato per i pilastri i quali sono stati impostati come elementi biella, in tal modo automaticamente il programma prevedeva delle cerniere agli estremi dell'elemento. .

Per quanto riguarda l'arcareccio di irrigidimento composto da travi IPE100, questi sono stati modellati come elementi "beam/trave" incastrati agli estremi. In un secondo momento, impostando le modalità apposite di svincoli interni sono state inserite manualmente le cerniere. Questa procedura è stata necessaria in quanto, nei nodi dove convergono tre o più elementi se tutti presentano uno svincolo a cerniera, il programma riscontrerà un errore di colacolo legato alla singolarità della matrice di rigidezza. Per risolvere questo problema sono state inserite le cerniere manualmente tenendo conto del comportamento che il nodo deve avere in fase di analisi statica.

Viene di seguito riportato il modello a filo di ferro e le corrispettive mesh delle sezioni.

fig. 5: modello a filo di ferro e vista tridimensionale della passerella



Segue l'introduzione dei vincoli. Ad ora la struttura non è esternamente vincolata. Attraverso il comando "assign nodal support" è possibile attribuire ai vari nodi le condizioni di supporto necessarie al fine della modellazione. In questo caso, lavorando sullo schema statico 1, tutti le colonne presentano un incastro alla base, mentre le travi che sono interrotte per via dello studio di una sola parte della struttura sono considerate vincolate con carrello.

Il comando di cui sopra mi permette di assegnare dei vincoli di default semplicemente selezionando il vincolo che serve e andando successivamente a evidenziare i nodi ai quali si vuole attribuire tale supporto.

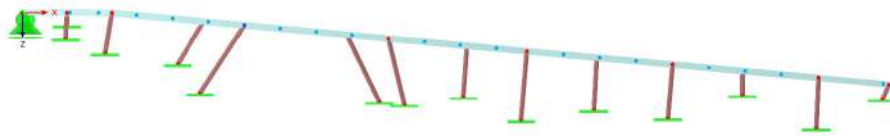
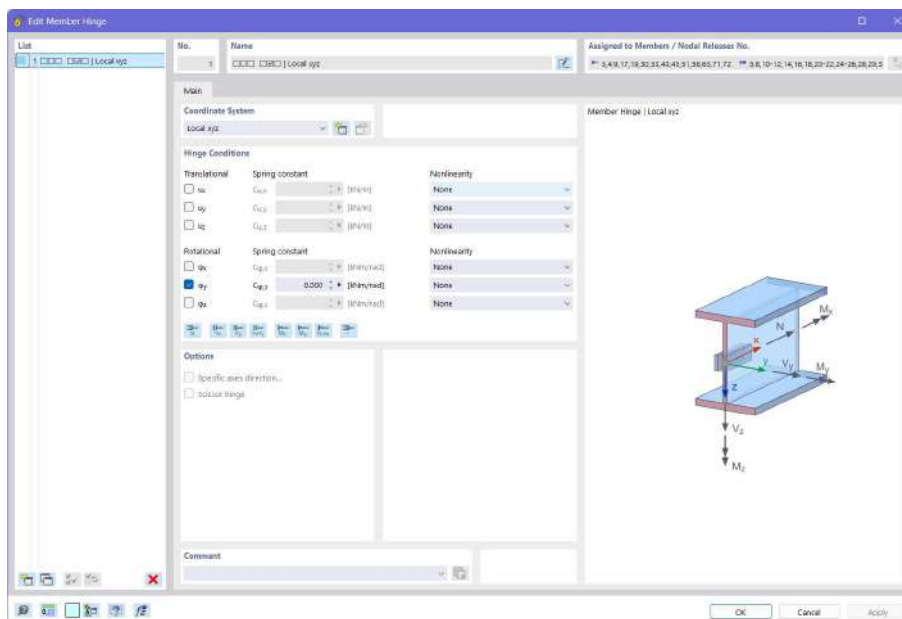


fig. 6: introduzione dei vincoli

I vincoli verranno rappresentati tridimensionalmente rendendo la lettura grafica estremamente semplice ed intuitiva.

In questo modo sono stati impostati i vincoli esterni, ora bisogna andare a modificare i vincoli interni che collegano i vari elementi. Di prassi il programma considera tutti i vincoli interni come degli incastri se non gli si comunica, attraverso i comandi dedicati, altrimenti.

Nel pannello delle proprietà posizionato di default della parte a sinistra della schermata, nella cartella "types for memembers" è presente la voce "member hinges" la quale permette di creare dei nodi svincolati in alcune sue direzioni e rotazioni. Creando una nuova cerniera interna è possibile, tramite una finestra di dialogo che appare, definire le condizioni di svincolo



Le modalità di applicazione delle cerniere interne sono due: la prima e

più semplice è di attribuire graficamente lo svincolo agli elementi tramite la vista tridimensionale, la seconda modificando le impostazioni del singolo oggetto nella scheda dedicata si possono inserire le condizioni di svincolo nel nodo di inizio e/o fine dell'elemento.

In tal senso viene inserita una cerniera interna su tutte le travi di irrigidimento, in modo da farle lavorare come delle bielle.

Inoltre vengono studiati i punti di giunzione delle travature principali. In tal senso si vuole ottenere delle travi dalla lunghezza di 16m, con appoggio in mezzaria per diminuire gli effetti della freccia. Per ottimizzare il trasporto in cantiere sono progettate trave da 8 metri che vengono giuntate tra loro. Nel modello FEM i nodi interni risultano essere degli incastri è quindi necessario svincolare i nodi delle travi che saranno considerati delle cerniere.

Applicazione dei carichi

Per l'introduzione dei carichi, riferita alle azioni calcolate del capitolo precedente, il software RFEM prevede un comando apposito che permette la gestione dei carichi inseriti, della loro analisi (se lineare, dinamica, modale ecc.) e della loro categoria, sia le situazioni di progetto e le combinazioni di carico le quali il programma genererà autonomamente.

Il valore dei carichi vengono presi dal capitolo precedente, fanno eccezione i pesi propri che sono gestiti in autonomia dal programma stesso, non sarà quindi necessario inserirli manualmente.

I casi di carico introdotti sono i seguenti:

| | | |
|-------------|-----|--------------------------------|
| G1 | LC1 | Peso proprio MAX |
| G2 | LC2 | Permanente non strutturale MAX |
| Q1 C | LC3 | Sovraccarico affollamento MAX |
| Qs | LC4 | Neve MAX |
| Qw | LC5 | Vento orizzontale |
| Qw | LC6 | Vento verticale - negativo |
| Qw | LC7 | Vento verticale - positivo |

Per ogni caso di carico sono generate, manualmente, le relative azioni inserendo il dato ottenuto dall'analisi dei carichi precedentemente esposta. L'applicazione del carico ai singoli elementi invece avviene per via grafica, assegnando ad ogni membro del modello il relativo carico.

Assegnati tutti i carichi l'applicativo genera in automatico tutte le combinazioni del caso. In particolare in questo caso vengono generate 119 casi di carico.

Vengono di seguito riportate le tabelle riassuntive dei carichi applicati. Nell'appendice A sarà possibile visionare le tabelle di calcolo per esteso.

| CARICO NEVE | | (NTC18) | |
|-----------------------|-------|---------|-------|
| valore di riferimento | qk | 1,926 | KN/m2 |
| quota | as | 452 | m |
| coeff. Forma | μ | 0,8 | - |
| coeff. Di esposizione | Ce | 1 | - |
| coeff. Termico | Ct | 1 | - |
| carico neve | qs | 1,54 | KN/m2 |

| CARICO VENTO | | Circolare applicativa 2019) | | |
|-------------------------|----------------|-----------------------------|------|---------|
| Velocità di riferimento | vr | 25,01834451 | m/s | *zona 1 |
| | α_R | 1,0 | - | |
| | v _b | 25 | m/s | |
| | Tr | 50 | anni | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|
| Pressione cinetica di riferimento | qR | 391,20 | N/m2 |
| | ρ | 1,25 | kg/m3 |

| | | | | |
|-----------------------------|------------------|------|---|--|
| Coefficiente di Esposizione | Ce(z) | 3,76 | - | *classe di rugosità C: ostacoli diffusi *Categoria III |
| | Kr | 0,2 | - | |
| | z ₀ | 0,1 | m | |
| | z _{min} | 5 | m | |
| | z | 90 | m | |
| | ct | 1 | | |

Analisi statica

Definiti e applicati i carichi agenti sui relativi elementi è ora possibile eseguire l'analisi statica. I risultati sono consultabili sia via grafica, nel navigatore tridimensionale, sia via analitica nelle relative tabelle.

L'analisi statica è un'analisi geometrica lineare impostata con il metodo iterativo di Newton-Raphson. Non sono previsti incrementi di carico ed è definita una soglia massima di iterazioni pari a 200. Questo metodo permette di risolvere in maniera approssimativa il calcolo di equazioni di forma $f(x)=0$.

I risultati delle azioni sono (secondo la combinazione nr 16, SLU):

- risultanti reazioni lungo y: -69.22 kN
- risultante reazioni lungo z: 1587,71 kN
- risultanti rotazioni attorno z: 265,52 kNm
- risultanti rotazioni attorno y: -932.23 kNm
- risultanti rotazioni attorno x: -6.93 kNm

Le deformazioni massime nelle direzioni principali corrispondono a (secondo la combinazione nr 70, SLE):

- spostamento massimo in direzione x: -1.7 mm
- spostamento massimo in direzione y: 5.3 mm
- spostamento massimo in direzione z: 19.9 mm

Questi sono solo i dati riassuntivi dell'analisi statica che verranno di seguito maggiormente analizzati.

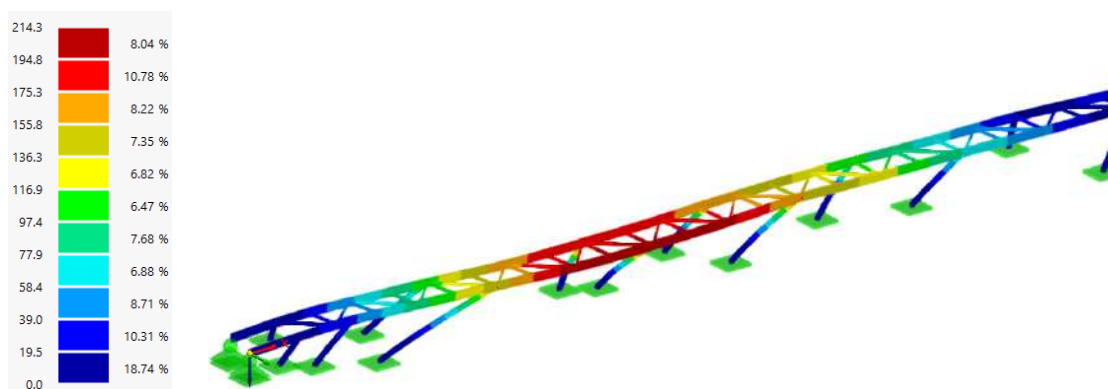
Analisi della deformata globale

Ora che sono stati impostati ed assegnati materiali, sezioni, vincoli interni ed esterni e i carichi applicati nonché le combinazioni di carico è possibile avviare il calcolo per l'analisi statica. In tal modo è possibile ottenere le deformate locali e globali, gli sforzi interni e le reazioni ai vincoli.

In questa prima analisi verrà studiato lo schema statico 1 - ricordando che esso presenta un sistema di colonne incastrate alla base. Verranno ora riportati i risultati, sia in via grafica che numerica, delle deformate globale in quanto esse giocano un ruolo fondamentale nella progettazione di questo elemento ingegneristico.

Come si evince dalla deformata, in particolare nelle zone più distanti dalla parete rocciosa e quindi con un'inclinazione delle colonne molto elevata si presenta una deformata a dir poco notevole. Infatti lo spostamento maggiore raggiunge un valore di 214 mm.

fig. 7: modello 3D della deformata globale



Segue la tabella riassuntiva delle deformazioni generata dal programma:

| Maximum deformations | | |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|
| Maximum displacement in X-direction | -13.0 mm | Member No. 1, x: 0.000 m |
| Maximum displacement in Y-direction | 144.3 mm | Member No. 27, x: 7.361 m |
| Maximum displacement in Z-direction | 160.2 mm | Member No. 27, x: 5.997 m |
| Maximum vectorial displacement | 214.3 mm | Member No. 27, x: 6.679 m |
| Maximum rotation about X-axis | -188.9 mrad | Member No. 1, x: 0.000 m |
| Maximum rotation about Y-axis | -41.0 mrad | Member No. 22, x: 0.000 m |
| Maximum rotation about Z-axis | 15.2 mrad | Member No. 13, x: 5.422 m |

In direzione verticale (z) la deformata presenta uno spostamento massimo pari a 160 mm. Considerando che il limite di normativa è pari a $L/300$ con un valore di L corrispondente a 8000m, il limiti di 26,67 mm viene ampiamente superato.

La struttura non risulta essere verificata per gli Stati Limite di Deformazione.

Ora su può agire in due modi per poter risolvere questa problematica: nel primo casi si aumenta la sezione delle colonne in modo tale da creare una rigidezza maggiore e diminuire la deformata locale e globale. Questo però porterebbe ad un aumento dei costi per la produzione delle colonne che richiederebbero un maggior utilizzo di materiale e una variazione dell'impatto a livello paesaggistico della struttura. Ciò entrerebbe in

contrasto con la volontà di mimetizzare la struttura con la parete di porfido e far emergere la passerella come un unico elemento che cade nella cava sfiorandola in maniera leggera, delicata e fluttuante .

Queste problematiche legate alla deformata erano in parte prevedibili, a tal scopo nel capitolo dedicato alla concezione strutturale è già stato introdotto un secondo schema statico che risolve ciò che viene esposto sopra. In tal senso quindi si richiama e si vuole sfruttare delle colonne più snelle e contrastare lo spostamento inserendo dei tiranti. Sono scelte delle travi a sezione circolare cava 139.7x5 mm.

L'introduzione dei tiranti però, oltre che a dei notevoli vantaggi, comporta anche alcune problematiche. Lo schema precedente godeva di una certa rigidità, la quale viene a mancare svincolando i nodi alla base ed introducendo i tiranti. Questo comporta che la struttura riesce a reagire per deformazioni rotazionale in direzione opposta alla parete di porfido, ma non presenta alcuna capacità di resistenza se lo spostamento rotazionale avviene in direzione della parete stessa. Ciò potrebbe avvenire nel caso dell'azione orizzontale del vento. Alla luce di questo ad ogni pilastro verranno assegnati due tiranti per contrastare le deformate in direzione opposta alla parete di porfido e, dove necessario, verranno anche inseriti dei tiranti in modo da prevenire spostamenti dovuti all'azione orizzontale del vento.

Inserimento dei tiranti

Uno dei vantaggi dei programmi ad analisi FEM è la loro versatilità e semplicità nella modifica e aggiornamento del modello stesso. Per aggiungere i tiranti che sostengono ogni singola colonna si esegue la stessa procedura precedentemente spiegata. Verranno quindi disegnati gli elementi di interesse sul programma di modellazione tridimensionale Rhinoceros, in modo da avere la massima corrispondenza tra struttura e terreno. Questi verranno esportati in formato vettoriale cad (.dwg) per poi essere importati direttamente nell'applicativo RFEM.

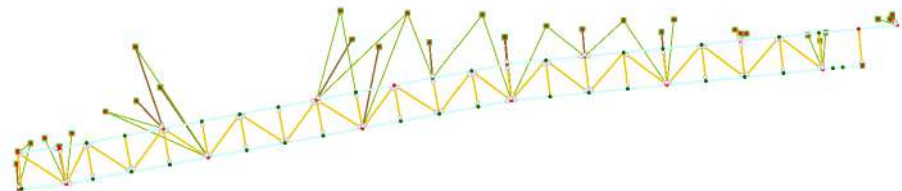
A questo punto del processo avremo i tiranti inseriti nel modello come elemento base di tipo linea. Considerando che manterremo lo stesso materiale, quindi un acciaio S275, anche per le funi in tiro non è necessario aggiungere un nuovo materiale alla lista di questi. Sarà però necessario introdurre una nuova sezione.

Come descritto nei paragrafi precedenti, dal pannello di gestione delle sezioni aggiungendo una nuova sezione, è possibile selezionare elementi di tipo fune. La scelta ricade su delle funi FLC 24, in particolare per l'alta resistenza che esse presentano alla corrosione. La dimensione viene definita in maniera indicativa considerando una resistenza alla trazione nominale pari a 1570 Mpa. Nelle impostazioni della sezione questi elementi verranno impostati come "tesi", vista la loro resistenza a sola trazione.

Sistemati ed aggiunti tiranti e puntoni vanno rielaborate i nodi. I vincoli a terra ad ora erano stati impostati come incastri, ma con le modifiche

apportate essi dovranno essere in parte svincolati in modo tale da ottenere delle cerniere. La procedura rimane pressoché la stessa. Con il comando di cui sopra basterà selezionare la tipologia di vincolo a cerniera e assegnarla ai nodi a terra. Questa operazione include l'assegnazione delle cerniere anche ai nodi a termine dei tiranti.

Viene riportata in planimetria, il modello aggiornato. In verde sono definiti i tiranti che collaborano alla stabilità dell'opera.



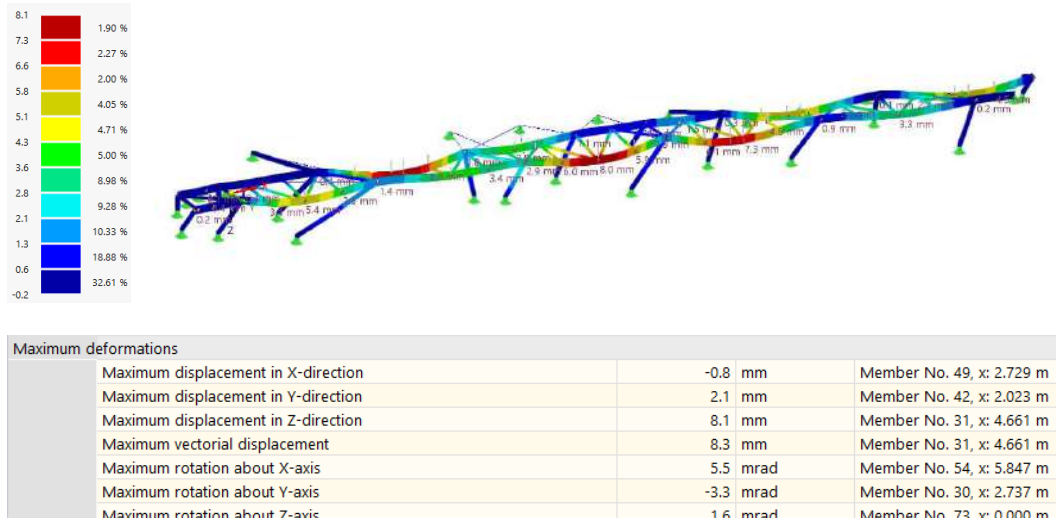
Analisi della deformata globale - modello a tiranti e puntoni

Viene quindi ora eseguito nuovamente il calcolo. In particolare si riportano i risultati sia grafici che numerici degli spostamenti per verificare che la variazione di schema statico sia adeguato al funzionamento preposto.

Combinazione di Carico nr. 8 - G1 + G2 + Qfolla + Qneve



Combinazione di Carico nr 88 - G1 + G2 + Qvento orizzontale



Nel primo caso le deformazioni verticali in direzione z corrispondono ad un valore massimo di 16.9 mm, ampiamente sotto alla soglia limite da normativa, risultando quindi verificata.

Per quanto riguarda il secondo caso lo spostamento generalizzato orizzontale massimo, in direzione y, risulta corrispondere al valore di 2.1 mm. Una tale deformazione può essere trascurata ai fini dell'analisi agli stati limiti deformativi.

Validazione del modello

La fase di validazione consiste nell'analizzare i risultati per verificare che il modello rispetti il comportamento atteso, ovvero quello dello schema statico definito inizialmente. Ciò significa che viene eseguita una procedura di controllo del modello. Per validare il modello bisogna verificare che siano rispettati i seguenti punti:

- ogni incastro della trave continua abbia momento diverso da zero e che ogni cerniera interna abbia invece momento nullo
- si valuta che le bielle di irrigidimento interne trasmettano solo carichi assiali
- si valuta che colonne e puntoni, incernierati nei nodi agli estremi, trasmettano solo carichi assiali
- i tiranti devono trasferire solo azioni assiali di trazione
- si valuti che grafico di momento e taglio sia coerente con le scelte progettuali effettuate

Questa semplice procedura permette di verificare che il modello sia stato correttamente eseguito. Ovviamente stiamo eseguendo analisi su un modello che semplifica, in parte, quella che è la realtà sono quindi ammessi degli errori poiché valutati dal progettista. Nel caso di questo progetto, per esempio, alcuni elementi che lavorano a biella presentano un momento parabolico, non possibile per elementi a biella, nonostante di entità molto basse. Questo potrebbe essere causato dal peso dell'elemento stesso, ma avendo valori minori dell'unità esso viene considerato nullo.

7.2 Verifica e ottimizzazione delle sezioni

Ora che la struttura è stata definita si procede alla fase di verifica. Viene quindi abilitato l'add-on del software che gestisce le verifiche per elementi in acciaio.

Il software calcola le verifiche secondo le normative vigenti per ogni punto di ogni elemento, vengono calcolate le seguenti analisi per le verifiche delle sezioni

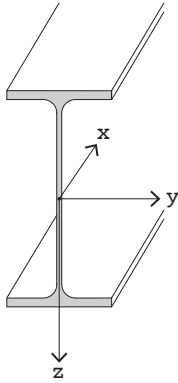


fig. 8: sistema di riferimento lungo l'asse della trave

- trazione e compressione
- torsione
- taglio in "y" e "z"
- taglio lungo "y" e "z" e torsione
- instabilità da taglio
- flessione in "y" e "z"
- azione assiale e flessione
- azione assiale, flessione e taglio

le verifiche di instabilità comprendono:

- instabilità flessionale in "y"
- instabilità flessionale in "z"
- instabilità torsionale
- torsione laterale

le verifiche legate alle deformazioni sono:

- deformazioni in direzione "z"
- deformazioni in direzione "y"

Gli output dei risultati comprendono una panoramica su tutte le analisi che viene di seguito riportata. Si evince che tutte le verifiche sono ampiamente verificate. Si riscontra un errore per quanto riguarda la verifica torsionale: essa viene implicitamente considerata verificata in quanto i valori torsionali non superano i 0.3 kNm.

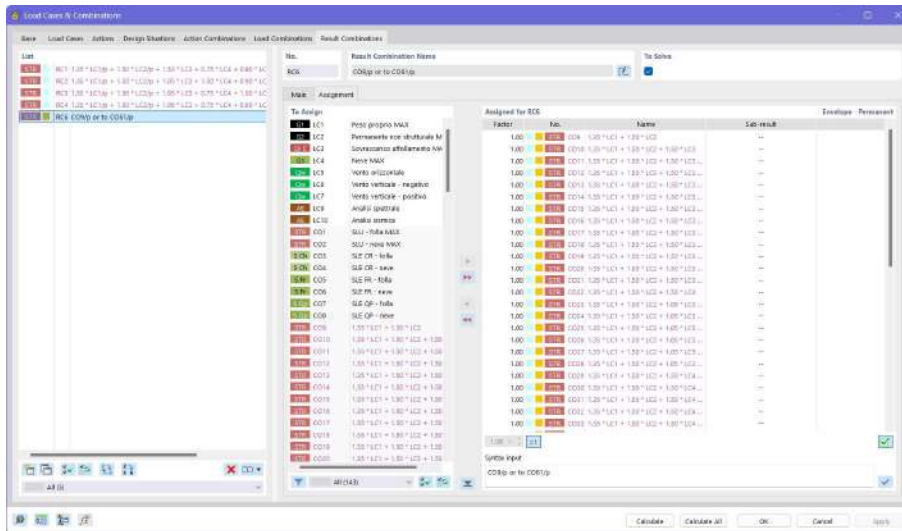
fig. 9: overview dei risultati delle verifiche

| Design Add-on | Object Type | Objects No. | Location [m] | Design Situation | Loading No. | Design Check Ratio η [-] | Design Check Type | Description |
|---------------|-------------|-------------|--------------|------------------|-------------|-------------------------------|-------------------|--|
| Steel Design | Member | 3135... | x: 0.000 | D51 | CO16 | Warning | WA5001.00 | Warning Torsion is neglected for stability design checks |
| Steel Design | Member | 95 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.864 | SP6100.00 | Section Proof Axial and shear stress acc. to EN 1993-1-1, 6.2.1(5) Elastic design |
| Steel Design | Member | 19 | x: 7.396 | D51 | CO14 | 0.780 | SP6200.00 | Section Proof Bending, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.2, 6.2.9.3, 6.2.10 Elastic design |
| Steel Design | Member | 69 | x: 8.015 | D51 | CO14 | 0.744 | ST3100.00 | Stability Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3 |
| Steel Design | Member | 78,95 | x: 8.015 | D51 | CO14 | 0.660 | SP4100.03 | Section Proof Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastic design |
| Steel Design | Member | 31 | x: 4.661 | D52 | CO68 | 0.528 | SE1100.00 | Serviceability Deflections in z-direction |
| Steel Design | Member | 78,95 | x: 8.015 | D51 | CO16 | 0.483 | SP6300.01 | Section Proof Biaxial bending, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 27 | x: 0.000 | D56 | RC1 | 0.454 | ST1300.00 | Stability Flexural buckling about principal z-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.3.1 |
| Steel Design | Member | 69 | x: 2.667 | D51 | CO14 | 0.394 | SP6500.02 | Section Proof Bending about y-axis, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 27 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.369 | SP1100.00 | Section Proof Tension acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3 |
| Steel Design | Member | 31 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.261 | SP3400.01 | Section Proof Shear and torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(4) and 6.2.7(5) Elastic design |
| Steel Design | Member | 69 | x: 8.015 | D51 | CO14 | 0.257 | SP3400.02 | Section Proof Shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(4) Elastic design |
| Steel Design | Member | 27 | x: 0.000 | D56 | RC1 | 0.251 | ST1100.00 | Stability Flexural buckling about principal y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.3.1 |
| Steel Design | Member | 27 | x: 0.000 | D56 | RC1 | 0.223 | ST1500.00 | Stability Torsional buckling acc. to EN 1993-1-1, 6.3.1 |
| Steel Design | Member | 95 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.189 | SP3100.01 | Section Proof Shear in z-axis and torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastic design |
| Steel Design | Member | 78 | x: 8.015 | D51 | CO14 | 0.186 | SP4100.02 | Section Proof Shear in z-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastic design |
| Steel Design | Member | 27 | x: 0.000 | D56 | RC1 | 0.186 | SP1200.00 | Section Proof Compression acc. to EN 1993-1-1, 6.2.4 |
| Steel Design | Member | 19 | x: 4.931 | D52 | CO70 | 0.060 | SE1200.00 | Serviceability Deflections in y-direction |
| Steel Design | Member | 17 | x: 5.469 | D51 | CO16 | 0.060 | SP3100.03 | Section Proof Bending about z-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3 Plastic design |
| Steel Design | Member | 2 | x: 1.851 | D51 | CO40 | 0.055 | SP6500.03 | Section Proof Bending about z-axis, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 74 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.046 | SP6500.04 | Section Proof Biaxial bending and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 35 | x: 1.000 | D51 | CO14 | 0.031 | SP2100.00 | Section Proof Torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.7 |
| Steel Design | Member | 6 | x: 0.165 | D56 | RC1 | 0.007 | SP3200.02 | Section Proof Shear in y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastic design |
| Steel Design | Member | 51 | x: 0.000 | D51 | CO40 | 0.006 | SP3200.01 | Section Proof Shear in y-axis and torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastic design |
| Steel Design | Member | 1-3,5... | x: 0.000 | D56 | RC1 | 0.000 | SP0100.00 | Section Proof Negligible internal forces |
| Steel Design | Member | 2,6-8,1... | x: 0.000 | D51 | CO1 | 0.000 | SP3500.00 | Section Proof Shear buckling acc. to EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3 and 5.5 |
| Steel Design | Member | 8,14-1... | x: 0.369 | D56 | RC1 | 0.000 | ST2100.00 | Stability Lateral torsional buckling acc. to EN 1993-1-1, 6.3.2 |
| Steel Design | Member | 1-3,5... | x: 0.000 | D52 | CO3 | 0.000 | SE0100.00 | Serviceability Negligible deflections |

Vengono ora selezionati gli elementi maggiormente sollecitati. Per fare ciò in maniera semplificata è possibile eseguire una combinazione delle risultanti in modo tale da ottenere l'involuppo delle azioni interne.

Nel pannello dedicato ai carichi e le relative combinazioni, aggiungendo una situazione di progetto nuova, dalle impostazioni si spunta la casella "result combinations" in tal modo nell'apposita finestra è possibile far generare oppure inserire manualmente una nuova condizione di Combinazione dei Risultati.

La combinazione creata sfrutta le impostazioni di default di tipo involuppo - permanente, in tal modo è possibile scegliere le combinazioni di carico che entrerebbero in gioco in questa analisi. Verranno quindi considerate tutte le combinazioni facente parte degli SLU.



Sono di seguito riportati i risultati in via numerica dei valori di massimo e minimo di ogni azione interna:

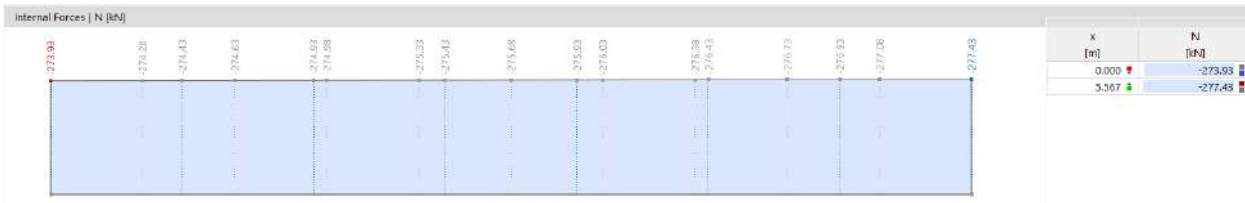
| Member No. | Node No. | Location x [m] | N | V _y | V _z | MT | M _y | M _z | Bimoment M _ω [kNm ²] | Torsional Moments [kNm] | MT _{pri} | MT _{sec} |
|--|----------|----------------|-------------------|----------------|----------------|--------|----------------|----------------|---|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Total max/min values with corresponding values | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 23 | 0.000 | N | 309.14 | 0.00 | 2.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 45 | 38 | 3.567 | N | -278.37 | 0.00 | -2.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | 27 | 7.395 | V _y | -102.35 | -4.53 | -68.62 | 0.02 | -91.30 | -3.26 | 0.00 | -0.03 | -0.01 |
| 6 | 1 | 0.000 | N | -5.13 | -7.70 | 21.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 95 | 69 | 0.000 | V _z | 70.06 | 0.99 | 87.61 | -0.03 | -138.93 | 1.78 | 0.00 | -0.08 | 0.05 |
| 78 | 69 | 8.015 | N | 72.52 | -0.92 | -86.72 | -0.03 | -138.93 | 1.79 | 0.00 | 0.00 | -0.03 |
| 35 | | 3.333 | MT | -2.23 | 0.91 | 12.75 | 0.14 | 38.51 | 0.22 | -0.05 | 0.09 | 0.05 |
| 95 | 78 | 4.032 | N | 16.28 | 0.36 | 17.16 | -0.20 | 71.66 | -0.10 | 0.17 | -0.04 | -0.16 |
| 31 | | 4.661 | M _y | -111.35 | 0.42 | 1.99 | 0.04 | 91.68 | -0.29 | 0.00 | 0.01 | -0.03 |
| 78 | 69 | 8.015 | N | 72.52 | -0.92 | -86.72 | -0.03 | -138.93 | 1.78 | 0.00 | 0.00 | -0.03 |
| 31 | 23 | 0.000 | M _z | -63.71 | 2.03 | 83.96 | 0.06 | -111.41 | 2.61 | 0.00 | -0.05 | 0.01 |
| 19 | 27 | 7.395 | N | -124.63 | 3.87 | -78.80 | 0.02 | -105.21 | -3.64 | 0.00 | -0.04 | -0.02 |
| 95 | 78 | 4.032 | M _ω | 16.28 | 0.36 | 17.16 | -0.20 | 71.66 | -0.16 | 0.17 | -0.04 | -0.16 |
| 35 | 31 | 4.000 | N | -3.33 | 2.05 | 1.24 | 0.19 | 58.18 | -0.88 | -0.09 | 0.06 | 0.07 |
| 35 | | 1.000 | MT _{pri} | 1.67 | -0.87 | 53.22 | 0.12 | -43.43 | -0.49 | 0.00 | -0.11 | 0.09 |
| 95 | 73 | 2.000 | N | 70.42 | 0.29 | 82.65 | -0.10 | 1.18 | -0.28 | 0.00 | -0.10 | 0.01 |
| 95 | 78 | 4.032 | MT _{sec} | -16.28 | -0.61 | 17.13 | 0.11 | 71.65 | -0.20 | 0.17 | -0.04 | 0.15 |
| 95 | 78 | 4.032 | N | 16.28 | 0.36 | 17.16 | -0.20 | 71.66 | -0.16 | 0.17 | -0.04 | -0.16 |
| Total | | | | 309.14 | -4.53 | 87.01 | 0.14 | 91.68 | 2.61 | 0.17 | -0.11 | 0.13 |
| max/min | | | | -278.37 | -7.70 | -86.72 | -0.20 | -138.93 | -3.64 | -0.09 | -0.10 | -0.16 |

Diventa immediato individuare i valori più alti e conseguentemente l'elemento che viene sollecitato.

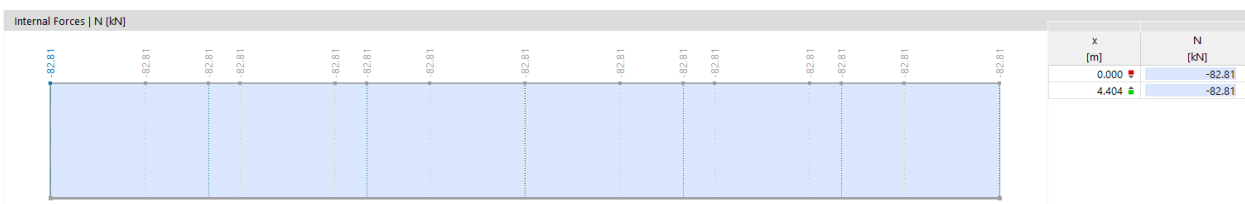
Sollecitazioni interne

Individuati gli elementi maggiormente sollecitati per ogni tipologia di sezione (pilastri, travi principali o di irrigidimento, puntoni e tiranti) si mostrano i diagrammi di azioni interne per ogni elemento di rilevante importanza

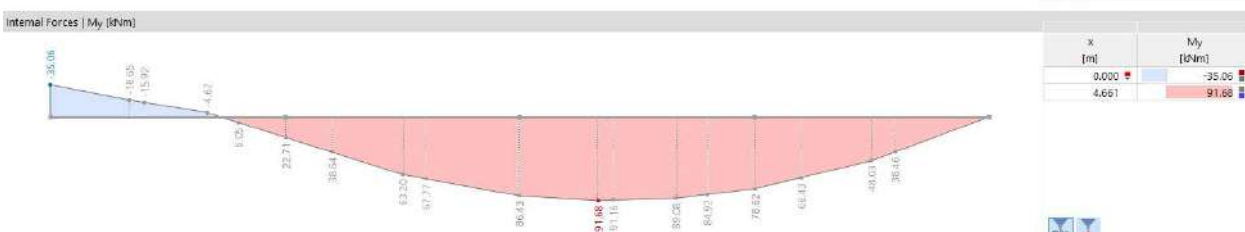
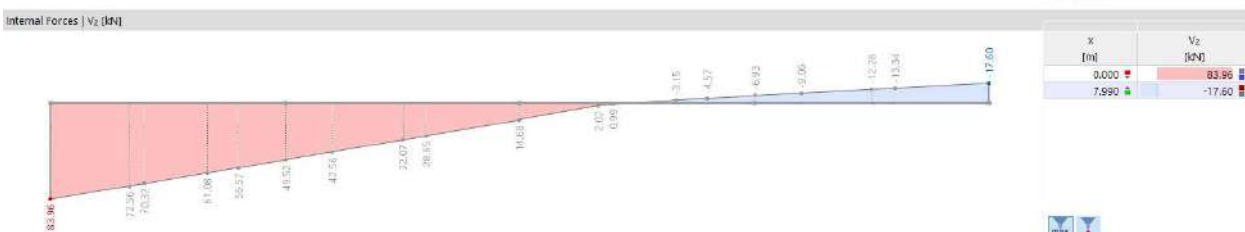
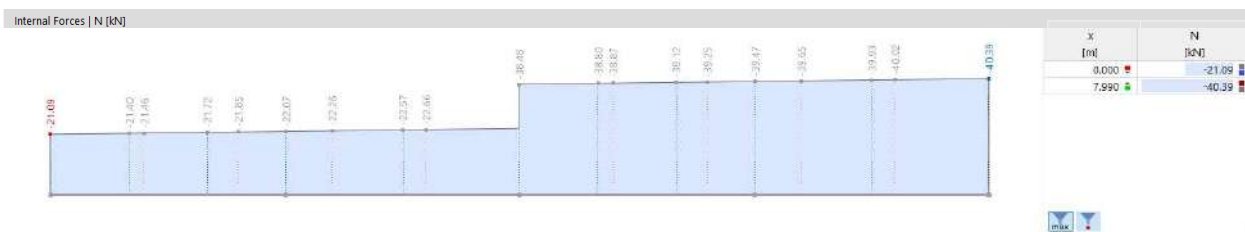
pilastro numero 45 - compressione massima



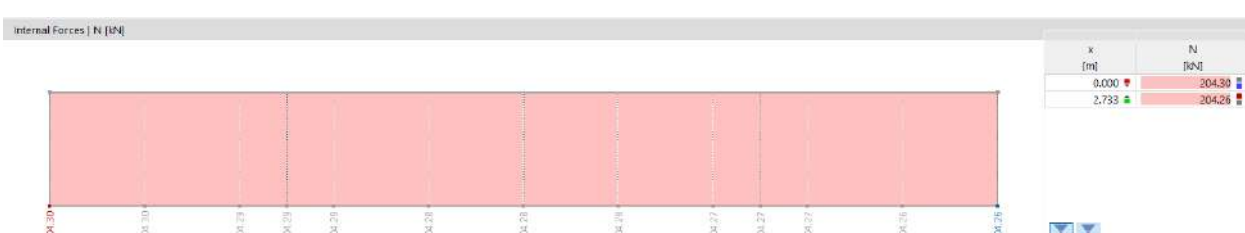
puntone numero 23 - compressione massima



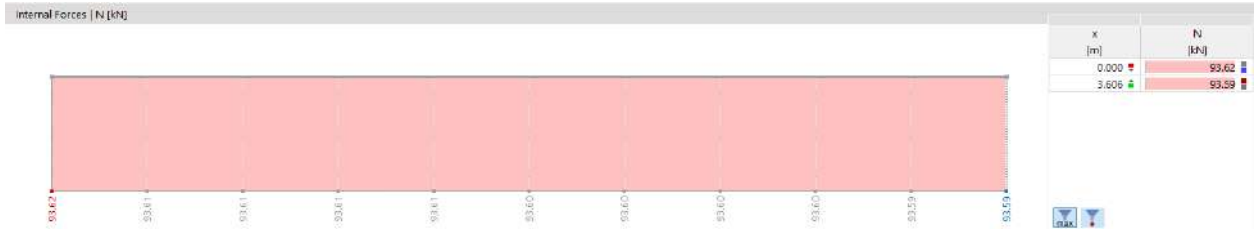
trave numero 31 - momento positivo massimo



trave d'irrigidimento 27 - trazione massima



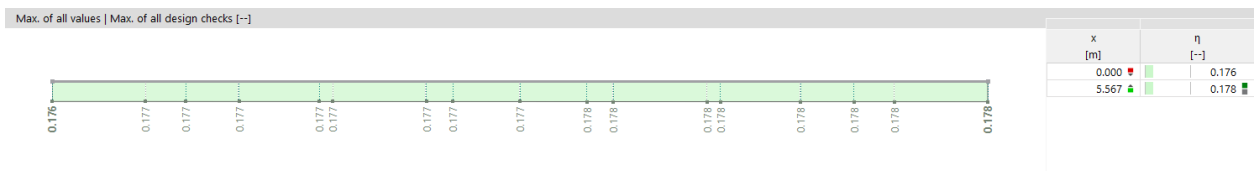
tirante 50 - trazione massima



Tassi di lavoro massimi

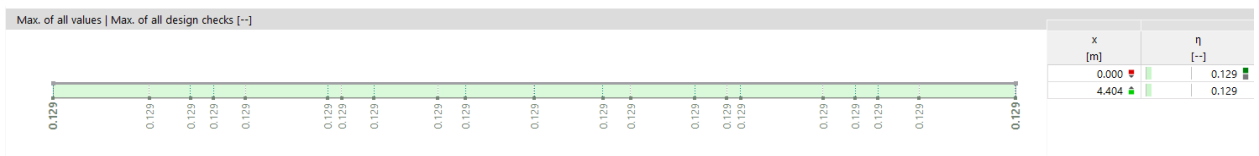
Il programma permette di valutare ogni singola verifica oppure di mostrare il massimo di tutti i tassi di lavoro. Si procede quindi illustrando i tassi di lavoro massimi per ogni elemento sopra indagato.

pilastro 45 - massimo dei tassi di lavoro



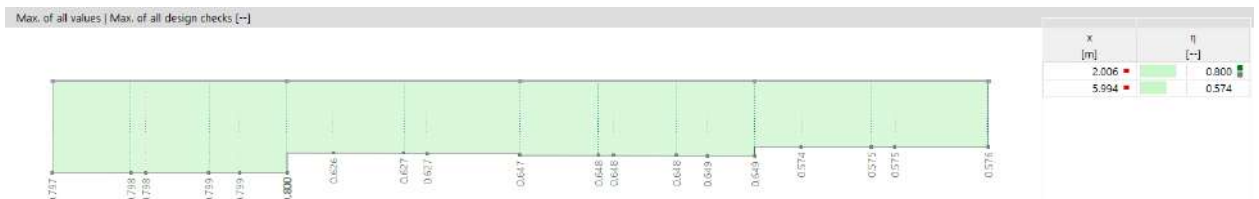
il tasso di lavoro del pilastro è dovuto sia dall'azione di compressione che dall'instabilità. In ogni caso il tasso ha un valore inferiore al 20%, la sezione risulta sovradimensionata. Si cambia sezione selezionando una sezione circolare cava di dimensioni 139.7x5 mm.

puntone 23- massimo dei tassi di lavoro



il tasso di lavoro del puntone massimo dipende unicamente dall'azione assiale. Anch'esso risulta sovradimensionato. Si sceglie quindi una sezione circolare cava di dimensioni 139.7x5 mm così come i pilastri in modo da diminuire la diversità di elementi nell'intero progetto.

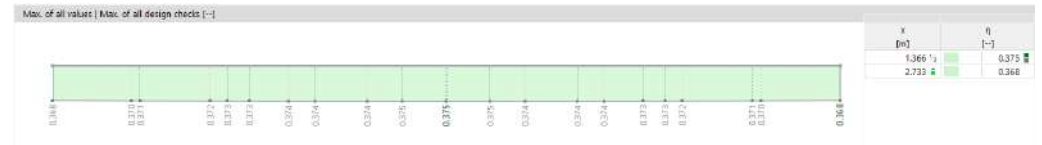
trave 31- massimo dei tassi di lavoro



il tasso di lavoro della trave è definito dall'interazione tra flessione, taglio e azione assiale, dall'instabilità e dalla deformata. Presenta un tasso

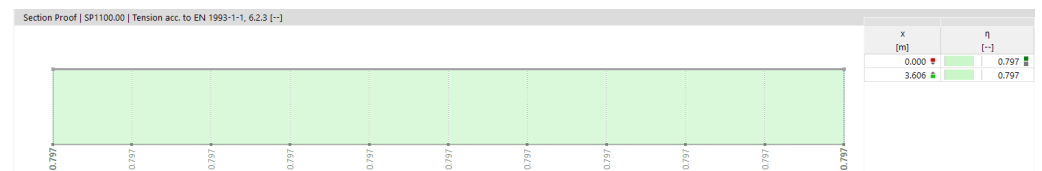
di lavoro massimo dell'80%; la sezione risulta essere adeguatamente progettata.

trave d'irrigidimento 27 - massimo dei tassi di lavoro



il tasso di lavoro della trave è definito dall'interazione tra flessione, taglio e azione assiale, dall'instabilità. Presenta un tasso di lavoro massimo dell'40%. Si nota all'interno del modello che generalmente le travi secondarie che fungono da controventi, anche se non subiscono sollecitazioni interne di grandi entità, presentano problemi di instabilità. In particolare l'elemento numero 72 ha un tasso di lavoro sopra il 60% a causa dell'instabilità stessa. A tal scopo si decide di non variare le dimensioni della sezione.

tirante 50 - tasso di lavoro a trazione



il tasso di lavoro massimo del tirante coincide con il tasso di lavoro di trazione, ovviamente. Viene raggiunto un valore quasi dell'80%. Il tirante risulta quindi essere correttamente dimensionato.

Ora che sono stati valutati e, dove necessario, corrette le dimensioni delle sezioni dei vari elementi si procede ad aggiornare il modello agli elementi finiti. Viene quindi eseguita una nuova analisi dei risultati. Segue la panoramica delle verifiche strutturali del modello aggiornato:

fig. 10: overview dei risultati delle verifiche

| Design Add-on | Object Type | Objects No. | Location [m] | Design Situation | Loading No. | Design Check Ratio eta [-] | Design Check Type | Description |
|---------------|-------------|---------------------------------------|--------------|------------------|-------------|----------------------------|-------------------|--|
| Steel Design | Member | 35,42,51,69,85,95 | x: 0.000 | D51 | CO1 | Warning | WA5001.00 | Warning Torsion is neglected for stability design checks |
| Steel Design | Member | 45 | x: 5.567 | D51 | CO16 | 1.114 | ST1100.00 | Stability Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3 |
| Steel Design | Member | 45 | x: 5.567 | D51 | CO16 | 1.114 | ST1300.00 | Stability Flexural buckling about principal z-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.3.1 |
| Steel Design | Member | 95 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.860 | SP6100.00 | Section Proof Axial and shear stress acc. to EN 1993-1-1, 6.2.1(5) Elastic design |
| Steel Design | Member | 50 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.826 | SP1100.00 | Section Proof Tension acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3 |
| Steel Design | Member | 69 | x: 8.015 | D51 | CO14 | 0.726 | SP6200.00 | Section Proof Bending, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.2, 6.2.9.3, 6.2.10 Elastic design |
| Steel Design | Member | 78,95 | x: 8.015 | D51 | CO14 | 0.651 | SP4100.00 | Section Proof Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3 Plastic design |
| Steel Design | Member | 31 | x: 4.661 | D52 | CO70 | 0.539 | SE1100.00 | Serviceability Deflections in z-direction |
| Steel Design | Member | 45 | x: 2.784 | D51 | CO16 | 0.504 | SP6500.00 | Section Proof Bending about y-axis, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 45 | x: 5.567 | D51 | CO16 | 0.496 | SP1200.00 | Section Proof Compression acc. to EN 1993-1-1, 6.2.4 |
| Steel Design | Member | 78,95 | x: 8.015 | D51 | CO16 | 0.488 | SP6500.01 | Section Proof Biaxial bending, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 69 | x: 8.015 | D51 | CO14 | 0.256 | SP3400.00 | Section Proof Shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(4) Elastic design |
| Steel Design | Member | 95 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.189 | SP3100.01 | Section Proof Shear in z-axis and torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastic design |
| Steel Design | Member | 78 | x: 8.015 | D51 | CO14 | 0.166 | SP3100.02 | Section Proof Shear in z-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastic design |
| Steel Design | Member | 99 | x: 0.000 | D51 | CO14 | 0.160 | SP3400.01 | Section Proof Shear and torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(4) and 6.2.7(9) Elastic design |
| Steel Design | Member | 35 | x: 0.000 | D51 | CO14 | 0.074 | SP5100.00 | Section Proof Bending about z-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3 Plastic design |
| Steel Design | Member | 6 | x: 1.229 | D52 | CO94 | 0.052 | SE1200.00 | Serviceability Deflections in y-direction |
| Steel Design | Member | 2 | x: 1.851 | D51 | CO40 | 0.046 | SP6500.03 | Section Proof Bending about z-axis, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 74 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.041 | SP6500.04 | Section Proof Biaxial bending and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 95 | x: 2.000 | D51 | CO16 | 0.029 | SP2100.00 | Section Proof Torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.7 |
| Steel Design | Member | 35 | x: 0.000 | D51 | CO40 | 0.007 | SP8200.01 | Section Proof Shear in y-axis and torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.7(8) Plastic design |
| Steel Design | Member | 35 | x: 0.000 | D51 | CO46 | 0.006 | SP2000.02 | Section Proof Shear in y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastic design |
| Steel Design | Member | 1-98,100,101 | x: 0.000 | D56 | RC1 | 0.000 | SP0100.00 | Section Proof Negligible internal forces |
| Steel Design | Member | 2,6-8,12,14-19,21,25,27,29-33,... | x: 0.000 | D51 | CO1 | 0.000 | SP8300.00 | Section Proof Shear buckling acc. to EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3 and 5.5 |
| Steel Design | Member | 2,6-8,12,14-17,19,21,25,27,29-33,... | x: 0.000 | D56 | RC1 | 0.000 | ST1500.00 | Stability Torsional buckling acc. to EN 1993-1-1, 6.3.1 |
| Steel Design | Member | 7,8,12,14-17,21,27,29,30,32-34,38,... | x: 0.298 | D51 | CO9 | 0.000 | ST2100.00 | Stability Lateral torsional buckling acc. to EN 1993-1-1, 6.3.2 |
| Steel Design | Member | 1-98,100,101 | x: 0.000 | D52 | CO3 | 0.000 | SE0100.00 | Serviceability Negligible deflections |

Emerge immediatamente che alcuni elementi non sono verificati.

Le colonne 28 e 45 non risultano essere verificate. L'interazione tra flessione e instabilità produce un tasso di lavoro del 50% superiore al massimo consentito. È necessario aumentare leggermente la sezione.

Scegliendo una sezione circolare cava 168.3x5 mm ed eseguendo nuovamente le verifiche il problema risulta essere risolto con un tasso di lavoro massimo delle due colonne pari a 76%.

Analizzando quanto emerso sopra è evidente che le dimensioni dei pilastri è sufficiente per sopperire alle azioni di compressione assiale, ma subentra una problematica di instabilità in particolare in quegli elementi che sono inclinati in maniera superiore rispetto gli altri. Si vuole quindi progettare la struttura tenendo in considerazione entrambe le sezioni: per gli elementi che risultano avere un'inclinazione leggera è concesso utilizzare la sezione più piccola, mentre per le colonne con un'inclinazione maggiore si suggerisce l'utilizzo della seconda sezione di dimensioni maggiori per evitare problematiche legate all'instabilità.

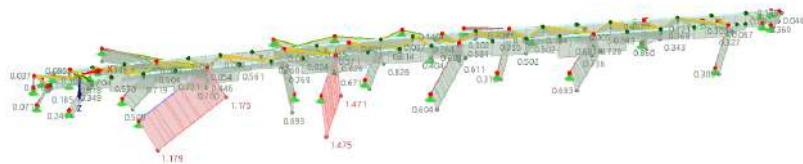


fig. 11: risultati grafici delle verifiche strutturali con problemi legati all'instabilità di due colonne

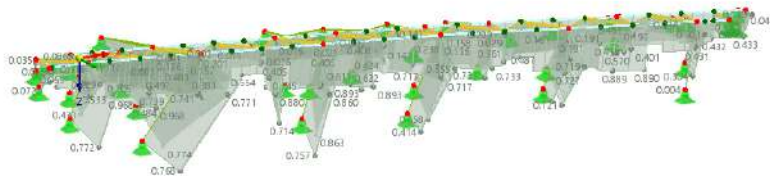


fig. 12: risultati grafici delle verifiche strutturali dopo la variazione della sezione dei pilastri

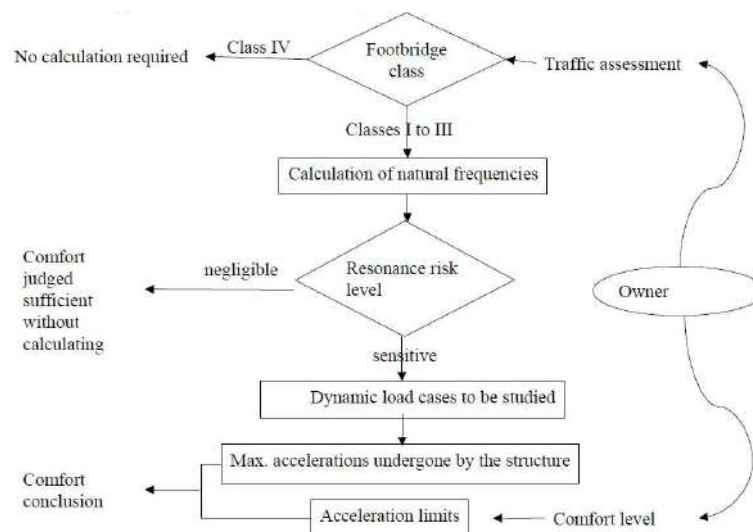
7.4 *Analisi del comfort alle vibrazioni*

Nel capitolo precedente sono state poste sotto esame le verifiche agli stati limite ultimi e agli stati limite d'esercizio con particolare attenzione alle deformazioni. Di seguito si vuole eseguire un'analisi delle vibrazioni che presenta la struttura per valutarne il comfort dei visitatori. Tale analisi diventa importante su strutture come i ponti pedonali in quanto l'azione dei passanti è un carico dinamico in funzione del tempo. Quest'azione, in particolare se applicata a strutture molto snelle e leggere, potrebbero causare dei fenomeni importanti di vibrazione.

Le normative tecniche italiane al punto 4.2.4.2.3 "stato limite di vibrazione" per strutture di acciaio rimanda ad altre norme europee o normative di comprovata validità. Verranno quindi seguite, in questo progetto, le indicazioni contenute e dichiarate nel documento "technical guides footbridges, Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading" redatta dalla Sétra (service d'Études techniques des routes et autoroutes), un dipartimento tecnico del Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture Francesi il quale campo di attività sono le strade, i trasporti e le strutture ingegneristiche. In particolare in questo documento tratta ponti pedonali che, sotto l'azione dei pedoni, portano a fenomeni di vibrazione. Nella maggior parte dei casi questi fenomeni non causano problemi legati a fattori statici quanto più a condizioni di comfort e discomorft nell'utilizzo delle passerelle, nonostante vibrazioni eccessive possono anche indurre danni dovuti a fenomeni di fatica nelle sezioni, in quanto a causa delle vibrazioni gli elementi strutturali subiscono continue variazioni dello stato di sollecitazione

La metodologia di analisi che propone il documento di cui sopra definisce 4 classi di ponte pedonale. In funzione della classe scelta dal progettista si valutano le frequenze naturali della struttura. Viene successivamente indagato se le frequenze naturali entrano in risonanza e soprattutto quale è il grado di rischi. Se il grado di rischio di risonanza risulta essere minimo si definisce implicitamente verificato il comfort della struttura, se invece il rischio è medio alta bisogna studiare i casi di carico dinamico e le accelerazioni della struttura per poter analizzare in che modo agire per smorzare tali vibrazione

fig. 13: schema della procedura di verifica delle vibrazioni a comfort secondo "technical guides footbridges"



La classe di appartenenza della passerella è definita in funzione del traffico, quindi:

classe IV: ponte pedonale raramente utilizzato, costruito per collegare aree scarsamente popolate o per garantire la continuità del percorso pedonale nelle aree autostradali o a corsia preferenziale;

classe III: passerella per uso normale, che può essere attraversata occasionalmente da grandi gruppi di persone ma che non sarà mai caricata in tutta la sua area portante.

classe II: passerella urbana che collega aree popolate, soggetta a traffico intenso e che può essere occasionalmente caricata in tutta la sua area portante.

classe I: passerella urbana che collega aree ad alta densità pedonale (ad esempio, in prossimità di una stazione ferroviaria o della metropolitana) o che è frequentemente utilizzata da folle (manifestazioni, turisti, ecc.), sottoposte a un traffico molto intenso;

Il progetto trattato in questa tesi ricade nella classe III, considerando che la passerella studiata e il parco della cava in generale non prevede affollamento tale da catalogarla in una classe a maggiore rischio e in particolar modo per via della sua leggerezza strutturale. In ogni caso per tale classe è necessario calcolare le frequenze naturali della struttura.

Analisi modale

L'analisi modale, ovviamente, viene eseguita con il software RFEM. Per eseguire tale analisi bisogna creare un caso di carico ed assegnare, nella dedicata finestra, la tipologia di analisi che andrà ad eseguire per quel carico.

Definito il caso di carico va impostata la situazione di progetto. Nell'apposito pannello è possibile selezionare la tipologia "seismic/mass combination". A questo punto è necessario definire una nuova combinazione di carico corrispondente alla situazione di progetto appena impostata. Tale procedura mi permette di inserire, nella combinazione di carico, le azioni e quindi le masse che entrano in gioco per il calcolo dell'analisi modale.

Come esposto nel paragrafo precedente l'analisi modale viene valutata sulle masse della struttura. In particolare vengono considerate le masse in funzione delle indicazioni del capitolo 5.2.2.8 delle NTC2018 dove viene riportato "per la determinazione degli effetti di tali azioni si farà di regola riferimento alle sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai carichi permanenti". Verranno quindi inserite le masse dei carichi permanenti strutturali G1, dei carichi permanenti non strutturali G2 e il carico della folla Qfolla.

Definite le masse che entrano in gioco nel pannello dedicato ai casi di carico è necessario attribuire al caso dedicato all'analisi modale da quale combinazione verranno importate le masse, selezionando per l'appunto la combinazione di carico che include le masse di cui sopra.

Vanno ora settate le impostazioni di calcolo. Per fare ciò bisogna editare le impostazioni dell'analisi modale. Il programma richiede l'input per il numero di modi di vibrare che andrà a studiare. Per fare ciò ci sono tre metodi: il primo in cui il progettista decide il numero esatto di modi da studiare, il secondo permette di indicare una percentuale di massa da mobilitare e di conseguenza studiare tanti metodi quanti andranno a mobilitare la massa richiesta, l'ultimo metodo va a ricercare la frequenza naturale massima. Per quanto riguarda l'analisi alle vibrazioni potrebbe essere sufficiente ricercare i primi modi di vibrare e successivamente valutare quali mobilitano maggiormente la massa nelle varie direzioni, ma in previsione delle analisi delle azioni sismiche che verranno svolte in futuro si impone una ricerca dei modi basata sulla mobilitazione di percentuale di massa al 90%.

Importante inoltre è definire la tipologia di matrice di rigidezza che verrà utilizzata dal software per elaborare i calcoli. Nell'analisi modale con modello FEM si può lavorare con matrice diagonale o matrice consistente. La differenza principale tra le due risiede nella discretizzazione delle masse all'interno del modello. La matrice diagonale presenta un onere computazionale minore a discapito della precisione di calcolo in quanto concentra tutte le masse degli elementi strutturali nei nodi degli elementi finiti. La matrice consistente invece presenta dei risultati più accurati in quanto discretizza le masse in maniera più meticolosa: le funzioni di forma sono utilizzate per una distribuzione più realistica delle masse

all'interno degli elementi finiti. Con questa matrice di massa, vengono considerate voci non diagonali nella matrice, in modo che venga generalmente presa in considerazione una rotazione delle masse.

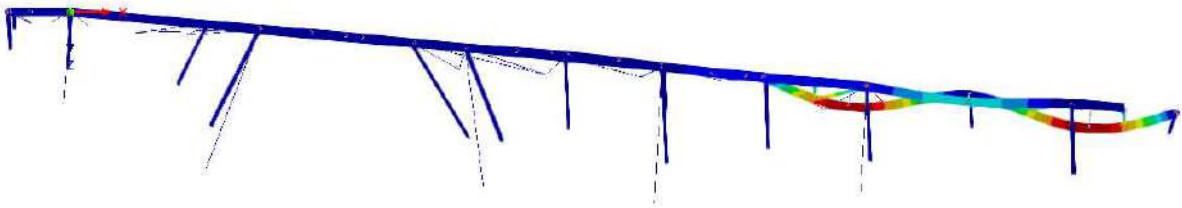
Per valutare quali modi di vibrare vengono considerati si osserva la massa modale effettiva nelle tre direzioni principali (x,y,z).

il picco di massa in direzione x ($m_e x$) è mobilitato dal modo numero 12; il picco di massa in direzione y ($m_e y$) è mobilitato dal modo numero 11, il picco di massa in direzione z ($m_e z$) è mobilitato dal modo numero 7.

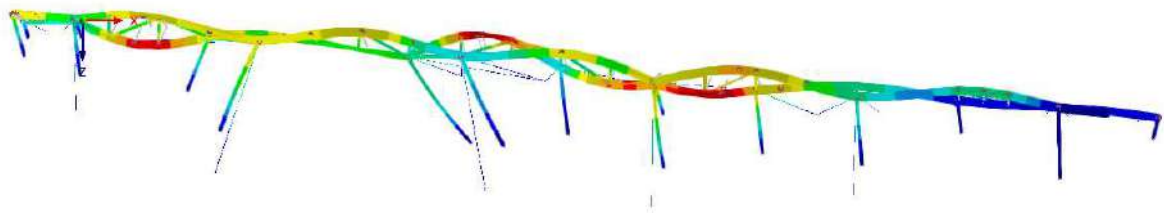
Le percentuali di massa mobilitate nelle tre direzioni sono rispettivamente del 44.6%, 20% e 18.4%. Come ci si poteva prefigurare la direzione che subisce vibrazioni maggiori è quella in x. Le altre due direzioni mobilitano la metà della massa. Solo questi tre modi di vibrare assieme mobilitano l'83% della massa totale della struttura.

Vengono di seguito riportati i modi di vibrare di cui sopra. Per i dati dettagliati dell'analisi modale si rimanda all'appendice B di questo documento.

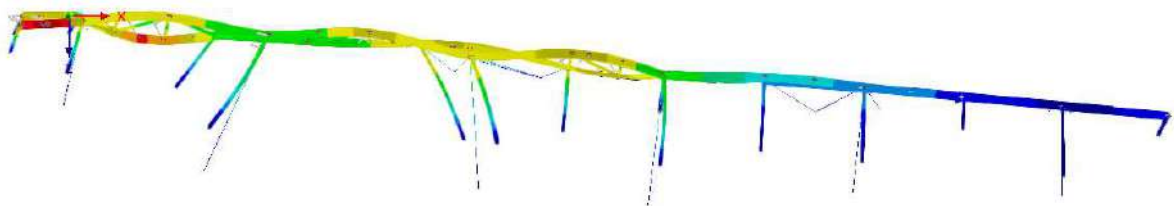
Modo numero 7 - $\omega=34,377$ [rad/s], $f=5,465$ [Hz], $T=0,1830$ [sec]



Modo numero 11 - $\omega=51,537$ [rad/s], $f=8.202$ [Hz], $T=0,1219$ [sec]



Modo numero 12 - $\omega=53,089$ [rad/s], $f=8,449$ [Hz], $T=0,1184$ [sec]



Secondo i riferimenti contenuti nel documento "footbridge" vengono definiti 4 range di rischio:

range 1: massimo rischio di risonanza

range 2: medio rischio di risonanza

range 3: basso rischio di risonanza per situazioni di carico standard

range 4: rischio di risonanza trascurabile

fig. 14: limiti di comfort secondo "technical guides footbridges"

| Frequency | 0 | 1 | 1.7 | 2.1 | 2.6 | 5 |
|-----------|---|---|-----|-----|-----|---|
| Range 1 | | | | | | |
| Range 2 | | | | | | |
| Range 3 | | | | | | |
| Range 4 | | | | | | |

Table 2.3: Frequency ranges (Hz) of the vertical and longitudinal vibrations

| Frequency | 0 | 0.3 | 0.5 | 1.1 | 1.3 | 2.5 |
|-----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| Range 1 | | | | | | |
| Range 2 | | | | | | |
| Range 3 | | | | | | |
| Range 4 | | | | | | |

Table 2.4: Frequency ranges (Hz) of the transverse horizontal vibrations

Sono sopra riportate le tabelle che identificano i range di frequenza.

È evidente come i modi di vibrare che mobilitano una massa modale superiore al 5% abbiano tutti una frequenza maggiore di 5 Hz, si evince quindi che siamo costantemente nel range 4 sia per le direzioni verticali. Ciò implica che la struttura sotto carico pedonale non entra in risonanza con le frequenze naturali.

Il comfort risulta essere rispettato e conseguentemente gli stati limite alle vibrazioni risultano essere verificati.

7.4 *Valutazione dell'azione sismica*

Vengono in questo capitolo studiate e calcolate le azioni sismiche che agiscono sulla struttura studiata, per fare ciò si esegue un'analisi modale con spettro di risposta.

Sono necessarie delle premesse poste alla base di questo calcolo. Vista la particolare natura di questo luogo e alla difficoltà di reperire dati legati alla struttura stessa del terreno, diventa di difficile ipotesi stabilire il comportamento di quest'ultimo sotto azioni sismiche. A tal scopo viene mossa una ipotesi: si considera la struttura studiata posta su di un blocco di porfido monolitico.

Questa ipotesi permette di svolgere i calcoli e le analisi sismiche semplificando il modello di calcolo, ciò però comporta dei risultati che possono variare di molto da quelli attendibili. Vista quindi la poca affidabilità dei risultati si vuole sottolineare che questa operazione viene svolta a puro scopo accademico e didattico, come esercizio di studio e messa in pratica di metodologie che andrebbero adattate ed elaborate per rispecchiare il modello del terreno.

analisi modale con spettro di risposta

Essendo già stata eseguita l'analisi modale è possibile ricondursi ai dati fin qui prodotti. Sarà necessario ora impostare il programma per poter eseguire l'analisi con spettro di risposta

La procedura rimane pressoché invariata rispetto alle fasi precedenti. Va creato un nuovo caso di carico denominato "analisi spettrale" e selezionata la tipologia di analisi dedicata, ovvero quella della risposta dello spettro sismico.

Passando nella seconda scheda di tale finestra, denominata spettro di risposta, è necessario generare un nuovo spettro di risposta. Questo verrà creato in accordo con le normative Europee e Italiane selezionando l'apposita voce. Seguirà quindi l'inserimento dei parametri sismici legati alla topografia e alla geolocalizzazione del sito su cui sorge l'opera. Tali parametri sono definiti dall'applicazione online GeoStru, il quale fa riferimento alle NTC2018.

La struttura rientra nella Classe Edificio III: affollamento normale e la vita nominale è pari a 50 anni. Il luogo esatto per la determinazione dei parametri è dato dalle coordinate 46.146058,11.131997 (sistema di riferimento WGS84).

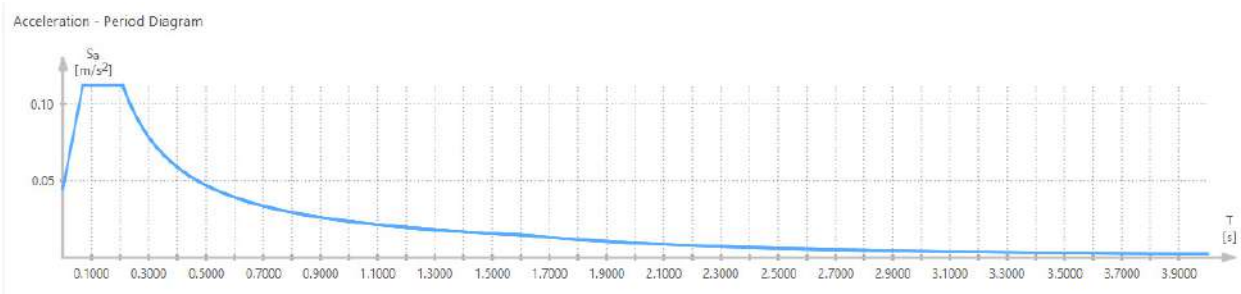
| Parametri sismici | | | | |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|
| | Tr | ag | F0 | Tc* |
| SLO | 30 | 0,026 | 2,49 | 0,188 |
| SLD | 50 | 0,032 | 2,5 | 0,21 |
| SLV | 475 | 0,064 | 2,68 | 0,339 |
| SLC | 975 | 0,078 | 2,758 | 0,363 |

Essendo una cava di porfido viene scelta la categoria di sottosuolo A: "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi". Valutando la particolare geometria della cava e considerando che il progetto è situato dalla cersta fino alla base del fronte cava viene designata la categoria topografica T4: "Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ " (capitolo 3.3.2 delle NTC2018).

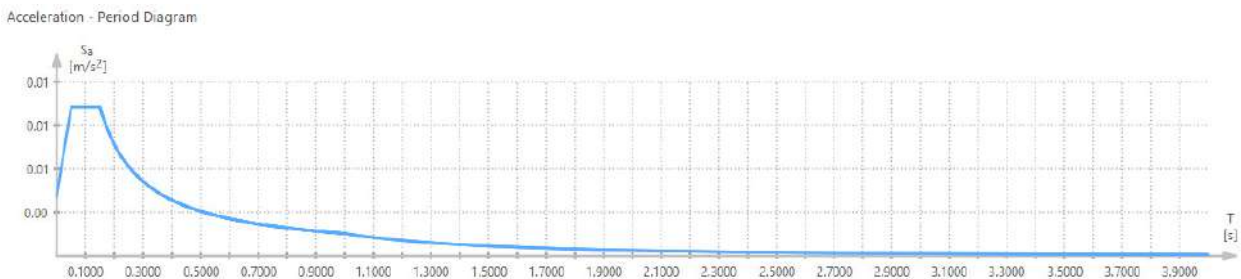
Le azioni sismiche e le relative verifiche vengono in questo capitolo identificate agli Stati Limite di Danno;

Inseriti i giusti parametri il software genera il relativo spettro di risposta. Generato il primo spettro di risposta si vuole creare un secondo, questa volta in direzione verticale. Va inoltre sottolineato che è possibile valutare sia gli spettri di risposta sia elastici che di progetto. Di seguito verranno riportati solo quelli di progetto.

Spettro di risposta di progetto - direzione orizzontale



Spettro di risposta di progetto - direzione verticale



Definiti gli spettri di risposta essi vanno assegnati al programma in funzione della direzione x, y e z.

Per quanto riguarda i modi coinvolti nell'analisi modale, come già anticipato nel capitolo precedente, vengono seguite le prescrizioni di normativa in cui si ricerca un numero tale da raggiungere una massa partecipante superiore all'85%.

Con 106 modi di vibrare si raggiunge, in tutte le direzioni, il 90% di massa partecipante. Di questi modi però per l'analisi con spettro di risposta le norme tecniche prevedono di considerare solo i modi che mobilitano una massa superiore al 5%.

Va inoltre specificato secondo quale criterio andranno ad essere combinati i valori modali: le possibilità si suddividono tra la combinazione

euclidea (SRS) e la combinazione quadratica completa (CQC).

Il primo metodo considera che se i modi di vibrare, traslazionali e torsionali, sono indipendenti tra loro se differiscono l'uno dall'altro per una percentuale maggiore del 10%, quindi si dimostra che il valore massimo dell'effetto - che indicheremo con E_{max} - si può calcolare con la combinazione denominata "radice quadrata delle somme dei quadrati" in inglese "square root of the sum of the squares" da cui deriva l'acronimo SRSS.

$$E_{max} = \sqrt{\sum_{n=1}^M (E_n^{max})^2}$$

Questa relazione fornisce valori meno precisi della combinazione CQC, ma comunque validi.

La sopracitata combinazione quadratica completa CQC, diversamente dalla combinazione SRSS, tiene conto dell'accoppiamento dei modi traslazionali e di quelli torsionali attraverso questa formula:

$$E_{max} = \sqrt{\sum_{n=1}^M \sum_{m=1}^M E_n^{max} \cdot \rho_{nm} \cdot E_m^{max}}$$

dove ρ_{nm} è il coefficiente di relazione tra i modi ed è definito dalla:

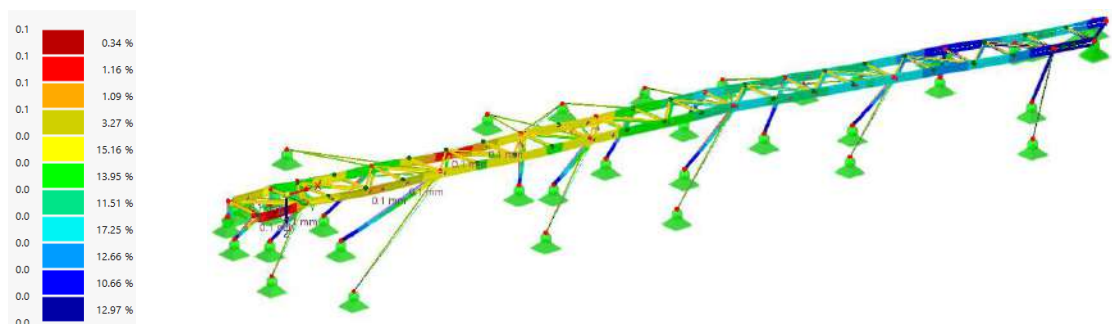
$$\rho_{nm} = \rho_{mn} = \frac{8 \cdot \sqrt{\xi_n \xi_m} \cdot (\xi_n + r_{nm} \xi_m) \cdot \sqrt{r_{nm}^3}}{(1 - r_{nm}^2)^2 + 4 \cdot \xi_n \xi_m \cdot r_{nm} (1 + r_{nm}^2) + 4 \cdot (\xi_n^2 + \xi_m^2) \cdot r_{nm}^2}$$

e r_{nm} è pari al rapporto ω_n / ω_m .

Per lo svolgimento di questo progetto verrà adottata la combinazione CQC sia per la sua maggiore accuratezza, sia perché viene prescritta dalle NTC2018.

Impostati tutti i settaggi della combinazione di cui sopra è possibile lanciare l'analisi con spettro di risposta. Vengono di seguito riportati i risultati dell'analisi.

Si riporta la deformata globale



Lo spostamento massimo dovuto all'azione sismica risulta essere particolarmente basso, con un valore di 0,1 mm.

Si riporta di seguito la tabella delle azioni interne date dall'azione

sismica. Si nota subito che, fatta esclusione per l'azione assiale che presenta un valore massimo di 2,21 kN, tutte le altre azioni sono di valore molto basso se non nullo.

| Member No. | Node No. | Location x [m] | | Forces [kN] | | | Moments [kNm] | | | Bimoment M_{ω} [kNm ²] | Torsional Moments [kNm] | | |
|------------|----------|----------------|-------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---|-------------------------|-------------------|------|
| | | | | N | V _y | V _z | MT | M _y | M _z | | MT _{pri} | MT _{sec} | |
| 69 | | 7.344 | N | -2.21 | -0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 69 | | 7.344 | | -2.21 | 0.03 | -0.02 | 0.00 | -0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | 1 | 0.000 | V _y | -0.13 | 0.16 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | 1 | 0.000 | | -0.13 | -0.16 | -0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 17 | | 4.741 | V _z | -0.43 | -0.01 | 0.24 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 17 | | 4.741 | | -0.43 | 0.01 | -0.24 | 0.00 | -0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 35 | 27 | 0.000 | MT | -1.12 | -0.03 | -0.07 | 0.00 | 0.07 | -0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 35 | 27 | 0.000 | | -1.12 | 0.03 | 0.07 | 0.00 | -0.07 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 35 | 27 | 0.000 | M _y | -0.65 | -0.01 | -0.17 | 0.00 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 35 | 27 | 0.000 | | -0.65 | 0.01 | 0.17 | 0.00 | -0.31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | | 0.930 | M _z | 0.24 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | -0.05 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | | 0.930 | | 0.24 | -0.01 | -0.01 | 0.00 | 0.05 | -0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 17 | 19 | 3.405 | M _ω | 0.31 | -0.01 | -0.04 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 17 | 19 | 3.405 | | 0.31 | 0.01 | 0.04 | 0.00 | -0.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 35 | 27 | 0.000 | MT _{pri} | -1.09 | -0.03 | -0.08 | 0.00 | 0.09 | -0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 35 | 27 | 0.000 | | -1.09 | 0.03 | 0.08 | 0.00 | -0.09 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 17 | 19 | 3.405 | MT _{sec} | -0.20 | 0.01 | 0.04 | 0.00 | -0.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 17 | 19 | 3.405 | | -0.20 | -0.01 | -0.04 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total | | | | -2.21 | 0.16 | 0.24 | 0.00 | 0.31 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| max/min | | | | -2.21 | -0.16 | -0.24 | 0.00 | -0.31 | -0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Come ci si aspettava le azioni sismiche sono di entità quasi nulla. Ciò è verificabile osservando le azioni di taglio alla base; il valore più alto, applicato al nodo 71 presenta una forza pari a 2 kN. Le restanti forze ai nodi non superano i 0,78 kN.

| Node No. | Support Forces [kN] | | | Support Moments [kNm] | | |
|--|---------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|
| | P _x | P _y | P _z | M _x | M _y | M _z |
| Total max/min values with corresponding values | | | | | | |
| 71 | P _x | 2.21 | -2.06 | 0.78 | 0.00 | 0.00 |
| 71 | | -2.21 | 2.06 | -0.78 | 0.00 | 0.00 |
| 67 | P _y | 0.74 | -2.24 | 0.70 | 0.00 | 0.00 |
| 67 | | -0.74 | 2.24 | -0.70 | 0.00 | 0.00 |
| 71 | P _z | 2.21 | -2.06 | 0.78 | 0.00 | 0.00 |
| 71 | | -2.21 | 2.06 | -0.78 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | M _x | -0.01 | 0.14 | -0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | | -0.01 | 0.14 | -0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | M _y | -0.01 | 0.14 | -0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | | -0.01 | 0.14 | -0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 82 | M _z | 0.00 | 0.00 | -0.27 | 0.00 | 0.03 |
| 82 | | 0.00 | 0.00 | 0.27 | 0.00 | -0.03 |

Questo comporta, come ci si aspettava, un'azione sismica che non è determinate per il comportamento finale della struttura soprattutto se raffrontata all'azione del vento che presenta valori all'incirca 10 volte più grandi di quelli sismici.

La struttura quindi si potrebbe implicitamente considerare verificata anche per le combinazioni sismiche, in ogni caso le azioni trovate verranno inserite come caso di carico all'interno del software FEM in modo tale da tenerne in considerazione l'azione, seppur minima.

La combinazione sismica applicata è quella definita del capitolo precedente di questa tesi in accordo con le NTC2018.

Come ci si prospettava le verifiche risultano verificate.

Si vuole porre attenzione a quest'ultima analisi in quanto, come specificato nel paragrafo legato alle incompiute analisi geotecniche, non si ha una conoscenza della composizione del suolo. Questo diventa un ostacolo di rilevante importanza per lo sviluppo dell'analisi sismica in quanto la struttura progettata non presenta un sistema di fondazioni connesse tra loro diventa difficoltoso definire come viene distribuito il

taglio sismico alla base dei pilastri.

Per evitare questa problematica viene assunto che il terreno sui cui poggia la struttura sia un blocco di roccia monolitico. Questa assunzione non è assolutamente a favore di sicurezza e potrebbe condurre a dei risultati fuorvianti.

Preso nota di queste condizioni di partenza, si è in ogni caso voluto svolgere l'analisi prettamente per uno scopo didattico di studio della metodologia fine a se stessa.

Viene di seguito riportata la tabella di overview sulle verifiche principali:

| Design Add-on | Object Type | Objects No. | Location [m] | Design Situation | Loading No. | Design Check Ratio η [-] | Design Check Type | Description |
|---------------|-------------|---------------------------------------|--------------|------------------|-------------|-------------------------------|-------------------|---|
| Steel Design | Member | 35,42,51,54,69,78,85,95 | x: 0.000 | D51 | CO14 | Warning ▲ | W5001.00 | Warning Torsion is neglected for stability design checks |
| Steel Design | Member | 23 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.968 ✓ | SP1100.00 | Section Proof Tension acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3 |
| Steel Design | Member | 95 | x: 2.000 | D57 | RC2 | 0.890 ✓ | ST3100.00 | Stability Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3 |
| Steel Design | Member | 95 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.886 ✓ | SP6100.00 | Section Proof Axial and shear stress acc. to EN 1993-1-1, 6.2.1(5) Elastic design |
| Steel Design | Member | 45 | x: 5.567 | D57 | RC2 | 0.824 ✓ | ST1100.00 | Stability Flexural buckling about principal y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.3.1 |
| Steel Design | Member | 45 | x: 5.567 | D57 | RC2 | 0.824 ✓ | ST1300.00 | Stability Flexural buckling about principal z-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.3.1 |
| Steel Design | Member | 78,95 | x: 8.015 | D57 | RC2 | 0.668 ✓ | SP4100.00 | Section Proof Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastic design |
| Steel Design | Member | 95 | x: 0.000 | D57 | RC4 | 0.664 ✓ | SP6200.00 | Section Proof Bending, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.2, 6.2.9.3, 6.2.10 Elastic design |
| Steel Design | Member | 31 | x: 4.661 | D52 | CO10 | 0.950 ✓ | SE1100.00 | Serviceability Deflections in z-direction |
| Steel Design | Member | 78,05 | x: 8.015 | D51 | CO16 | 0.800 ✓ | SP6500.01 | Section Proof Biaxial bending, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 23 | x: 0.000 | D56 | RC1 | 0.498 ✓ | SP1200.00 | Section Proof Compression acc. to EN 1992-1-1, 6.3.4 |
| Steel Design | Member | 31 | x: 4.661 | D57 | RC2 | 0.455 ✓ | SP6500.02 | Section Proof Bending about y-axis, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic ... |
| Steel Design | Member | 31 | x: 0.000 | D51 | CO14 | 0.250 ✓ | SP9400.02 | Section Proof Shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(4) Elastic design |
| Steel Design | Member | 95 | x: 0.000 | D57 | RC4 | 0.240 ✓ | SP3400.01 | Section Proof Shear and torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(4) and 6.2.7(5) Elastic design |
| Steel Design | Member | 95 | x: 0.000 | D51 | CO16 | 0.190 ✓ | SP3100.01 | Section Proof Shear in z-axis and torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastic design |
| Steel Design | Member | 78 | x: 8.015 | D57 | RC2 | 0.188 ✓ | SP3100.02 | Section Proof Shear in z-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastic design |
| Steel Design | Member | 83 | x: 2.753 | D51 | CO16 | 0.181 ✓ | ST1500.00 | Stability Torsional buckling acc. to EN 1993-1-1, 6.3.1 |
| Steel Design | Member | 78,05 | x: 8.015 | D51 | CO16 | 0.058 ✓ | SP1300.03 | Section Proof Bending about z-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3 Plastic design |
| Steel Design | Member | 6 | x: 1.229 | D52 | CO94 | 0.049 ✓ | SE1200.00 | Serviceability Deflections in y-direction |
| Steel Design | Member | 2 | x: 1.666 | D51 | CO40 | 0.035 ✓ | SP6500.04 | Section Proof Biaxial bending and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic design |
| Steel Design | Member | 2 | x: 1.851 | D57 | RC4 | 0.033 ✓ | SP6500.03 | Section Proof Bending about z-axis, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 Plastic ... |
| Steel Design | Member | 95 | x: 2.000 | D51 | CO16 | 0.030 ✓ | SP2100.00 | Section Proof Torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.7 |
| Steel Design | Member | 85 | x: 8.017 | D57 | RC4 | 0.026 ✓ | SP3200.02 | Section Proof Shear in y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastic design |
| Steel Design | Member | 69 | x: 8.015 | D51 | CO40 | 0.026 ✓ | SP2200.01 | Section Proof Shear in y-axis and torsion acc. to EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastic design |
| Steel Design | Member | 1-4,6-107 | x: 0.000 | D56 | RC1 | 0.000 ✓ | SP0100.00 | Section Proof Negligible internal forces |
| Steel Design | Member | 2,6-8,12,14-19,21,23,27,29-37,39... | x: 0.000 | D51 | CO1 | 0.000 ✓ | SP3000.00 | Section Proof Shear buckling acc. to EN 1993-1-3, 5.1, 5.2, 5.3 and 5.5 |
| Steel Design | Member | 7,8,12,14-17,19,21,27,28,30,32,33,... | x: 0.238 | D51 | CO1 | 0.000 ✓ | ST2100.00 | Stability Lateral torsional buckling acc. to EN 1993-1-1, 6.3.2 |
| Steel Design | Member | 1-4,6-101 | x: 0.000 | D52 | CO8 | 0.000 ✓ | SE0100.00 | Serviceability Negligible deflections |

7.5 *Predimensionamento e verifica dei nodi*

Nei capitoli precedenti è stata progettata e studiata preliminarmente la struttura della passerella nel suo complesso. Identificati quindi le azioni che agiscono e la risposta dell'opera stessa si vuole analizzare alcuni nodi di rilevante importanza per la realizzazione della struttura.

Introduzione sui nodi

Con il termine "nodo" si indica il punto d'intersezione tra gli assi degli elementi longitudinali. Evidentemente la trattazione monodimensionale risulta essere limitante, in tal senso è necessario considerare la reale dimensione e geometria degli elementi strutturali.

Un collegamento, viene in tal modo definito, come un insieme di più unioni bullonate e/o saldate. Rappresenta quindi l'insieme di tutte quelle componenti che rendono possibile l'unione tra differenti elementi strutturali.

il "giunto" rappresenta la zona di prossimità del collegamento dove si manifestano interazioni specifiche tra gli elementi collegati, possono essere bullonati o saldati.

Attraverso il termine "zona nodale" si vuole individuare tutti i giunti associati ad un nodo.

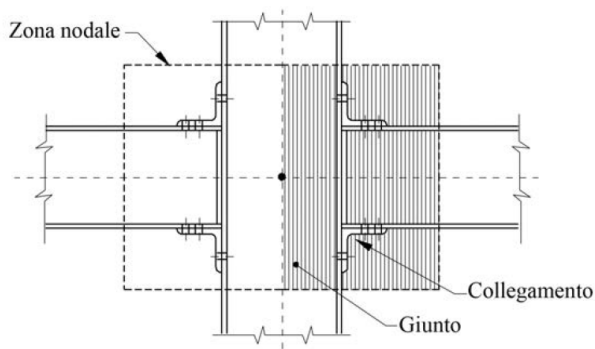


fig. 15: schema della nomenclatura di un giunto, fonte: Bernuzzi C. "Progetto e verifica delle strutture in acciaio", Hoepli, 2018

In funzione della geometria delle sezioni in acciaio ad ogni colonna possono essere collegate fin ad un massimo di quattro travi. Si nomina quindi nodi a una, due, tre o quattro a seconda della natura del nodo stesso.

La progettazione dei nodi è parte focale dell'acciaio in quanto, diversamente da altri materiali, risulta particolarmente critico il passaggio dallo schema statico a quello reale. La costruzione e realizzazione di un incastro richiede delle attenzioni sia nella progettazione che nella messa in opera in fase costruttiva. Un'errata progettazione potrebbe portare ad un nodo con una capacità rotazionale non sufficiente alle necessità della struttura stessa. Difatto nella realtà costruttiva non esiste una netta distinzione tra le varie tipologie di vincoli - incastro, cerniera, carrello ecc. - poiché la differenza tra un vincolo e l'altro risiede nella sua capacità rotazionale e, di conseguenza, dalla progettazione e realizzazione. Nella pagina seguente viene riportato il

legame momento - rotazione che rende particolarmente chiaro questo concetto. A livello concettuale viene comodo schematizzare tutti quei vincoli che detengono una capacità rotazionale compresa tra quella della cerniera e dell'incastro come un incastro cedevole; introducendo la presenza di una molla con rigidezza variabile.

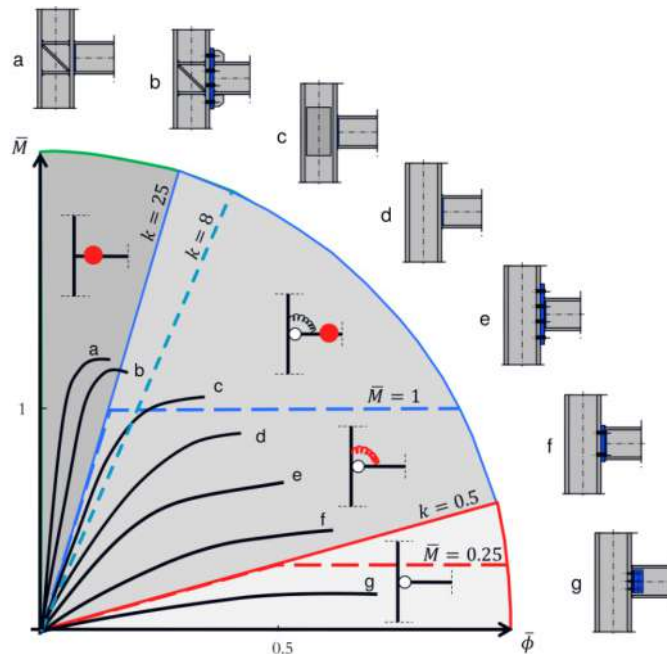


fig. 16: schema sulla capacità rotazionale del giunto in acciaio, fonte: Bernuzzi C. "Progetto e verifica delle strutture in acciaio", Hoepli, 2018

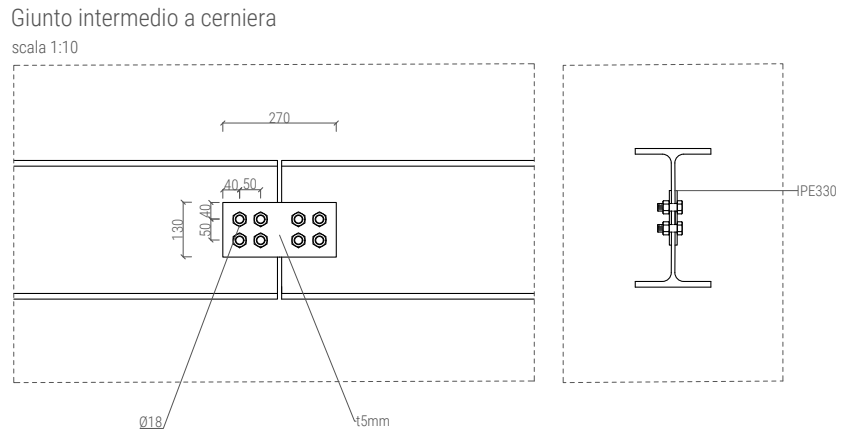
Verranno in questo capitolo studiati due nodi di giuntura delle travi principali. In particolare si analizza il collegamento trave - trave. Come è emerso dal capitolo precedente le travi principali (IPE 330) prevedono una luce di 16 metri con un appoggio in mezzaria. Queste saranno composte da due elementi dalla lunghezza di 8 metri l'uno. È necessario progettare un giunto a completo ripristino nella zona nodale tra le due travi.

Il secondo collegamento studiato è dato dalla connessione trave - trave incernierate tra loro. Verrà quindi svolto il predimensionamento e verifica di un giunto a cerniera.

collegamento TRAVE - TRAVE con comportamento a cerniera

In questo paragrafo verrà illustrato il calcolo per la progettazione del nodo a cerniera. Viene di seguito illustrato il disegno e i relativi dati;

fig. 17: dettaglio del giunto di continuità a cerniera



- numero 4 bulloni classe 5,6 (fu pari a 400MPa) ad alta resistenza di diametro 14 mm, senza presserraggio
- fori dal diametro di 15 mm
- piastre in acciaio S235 dallo spessore t pari a 5 mm l'una
- la dimensione della piastra è pari a 270 x 130 mm

Si vuole determinare la capacità portante dell'unione attraverso i seguenti passaggi:

- controllo dimensionale della geometria della piastra
- determinazione dell'azione a taglio del singolo bullone ($F_{V,Rd}$)
- determinazione della resistenza a rifollamento lato piastra (F_b, R_d)
- determinazione della resistenza della sezione forata della piastra (comportamento a "block shearing")
- verifica della sezione della piastra

Le azioni interne sul nodo sono due; la prima è un'azione assiale di compressione N_{Ed} pari a 88,7 kN, la seconda un'azione di taglio T_{Ed} pari a 57,3 kN.

Il primo passaggio da affrontare è verificare, secondo le indicazioni delle NTC2018, di rispettare i limiti dimensionali sotto riportati

fig. 18: posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate, da NTC2018

| Distanze e interassi (Fig. 4.2.5) | Minimo | Massimo | | |
|-----------------------------------|-----------|--|--|--|
| | | Unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali | Unioni non esposte a fenomeni corrosivi o ambientali | Unioni di elementi in acciaio resistente alla corrosione (UNI EN10025-5) |
| e_1 | $1,2 d_0$ | $4t+40$ mm | - | $\max(8t; 12$ mm) |
| e_2 | $1,2 d_0$ | $4t+40$ mm | - | $\max(8t; 12,5$ mm) |
| p_1 | $2,2 d_0$ | $\min(14t; 200$ mm) | $\min(14t; 200$ mm) | $\min(14t; 175$ mm) |
| $p_{1,0}$ | - | $\min(14t; 200$ mm) | - | - |
| $p_{1,i}$ | - | $\min(28t; 400$ mm) | - | - |
| p_2 | $2,4 d_0$ | $\min(14t; 200$ mm) | $\min(14t; 200$ mm) | $\min(14t; 175$ mm) |

Per il valore massimo si fa riferimento all'ultima colonna "unioni di elementi in acciaio resistente alla corrosione". Con d_0 viene indicato il diametro del foro.

I dati dimensionali scelti sono pari a:

- e1 ed e2 pari a 40 mm

- p1 e p2 pari a 50 mm.

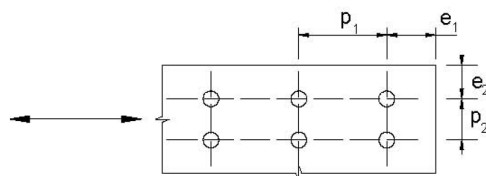
Vengono riportati ora i valori limiti e le verifiche

| Limitazioni dimensionali per le forature | | | | |
|--|--------|------|-------------------|-----|
| | Minime | | Massime | |
| e1 dal bordo | 1,2·d0 | 20,4 | max (8t; 125 mm) | 125 |
| e2 dal bordo | | | | |
| p1 | 2,2·d0 | 37,4 | min (14t; 175 mm) | 70 |
| p2 | 2,4·d0 | 40,8 | | |

Misure scelte

| | | |
|--------------|----|------------|
| e1 dal bordo | 40 | VERIFICATO |
| e2 dal bordo | 40 | VERIFICATO |
| p1 | 50 | VERIFICATO |
| p2 | 50 | VERIFICATO |

Ricordando che le diciture "e" e "p" con i relativi pedici si rifanno a tale schema:



Le limitazioni dimensionali risultano essere verificate. Si procede al calcolo dell'azione di taglio sul bullone.

Per quanto detto nel paragrafo precedente, nonostante il comportamento dell'intera struttura preveda una cerniera nel punto studiato, per via della definizione geometrica del collegamento si generano delle eccentricità che causano la formazioni di momenti parassiti.

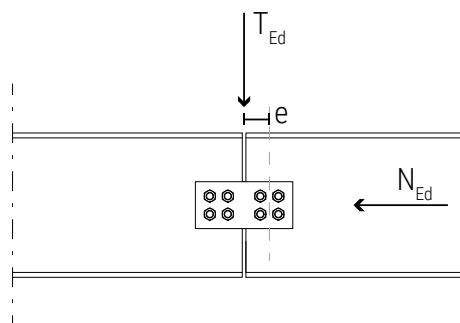


fig. 19: schema delle azioni statiche

Dallo schema a sinistra diventa esplicito che il momento parassito sarà determinato dall'azione di taglio T moltiplicata per l'eccentricità e . La presenza di un momento parassito comporta può essere studiata scomponendo il momento in una coppia di forze che verranno scomposte

sui quattro bulloni. I libri di testo suggeriscono una formulazione per calcolare il taglio dato da momento torcente su di un bullone:

$$T = n_v \sum_1^n V_{T,i} a_i \qquad V_{T,i} = \frac{Ta_i}{n_v \sum a_i^2}$$

Dove:

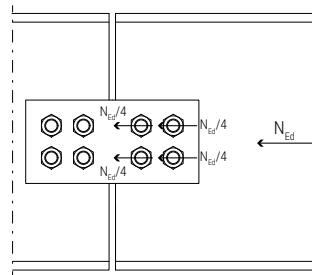
T è il momento, $V_{T,i}$ è il taglio sul singolo bullone, n_v è il numero di sezioni resistenti e a_i è la distanza tra il centro del bullone ed il baricentro della bullonatura.

In questo modo è possibile distribuire la componente dell'azione torcente.

L'azione assiale, invece, viene distribuita equamente su di ogni bullone secondo la seguente formulazione, seguendo lo schema in figura:

$$N_{Ed} = N_{Ed,tot} / n \cdot n_v$$

fig. 20: schema della scomposizione delle azioni secondo il teorema statico



dove:

N_{Ed} è l'azione sul singolo bullone, $N_{Ed,tot}$ è l'azione di progetto, n il numero di bulloni e n_v il numero di sezioni resistenti.

Le due componenti possono essere combinate secondo il teorema di pitagora, ottenendo così un unico valore di taglio.

Seguono le tabelle di calcolo riassuntive:

| | | | |
|------------------|----------|-------|---|
| Azione assiale | N,Ed,tot | 88700 | N |
| Azione di Taglio | T,Ed,tot | 57360 | N |

| | | | |
|---------------------|----|---------|-----|
| Momento torcente | T | 4015200 | Nmm |
| Eccentricità | e | 70 | mm |
| Distanza baricentro | ai | 35,4 | mm |

| | | | |
|------------------------|------|---------|---|
| Azione assiale bullone | N,Ed | 11087,5 | N |
| Taglio torcente | Vt,i | 14196 | N |

| | | | |
|-------------------------|-------|-------|---|
| Azione di taglio totale | Fv,Ed | 18013 | N |
|-------------------------|-------|-------|---|

Definite le azioni che agiscono sul giunto si procede alle verifiche. Per tutte le verifiche verrà utilizzato un coefficiente di sicurezza γ_{M2} pari a 1,25 come indicato al paragrafo 4.2.8 delle NTC2018.

Resistenza a taglio del bullone

La resistenza a taglio dei bulloni dipende dalla resistenza a rottura f_{ub} definito dalla classe del bullone e viene definita convenzionalmente basata su dati sperimentali in quanto la lunghezza della vite spesso risulta essere dello stesso ordine di grandezza della dimensione del foro, rendendo poco sensato l'approssimazione di quest'ultima ad una trave per poter applicare il criterio di Von Mises.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 f_{ub} A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

La resistenza a taglio si differenzia sulla base della classe del bullone e se il piano di taglio passa o meno per la porzione filettata dell'elemento.

Le relazioni proposte per piano di taglio passante per l'area filettata sono le seguenti:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ub} A_{res}}{\gamma_{M2}} \text{ per classi di resistenza 4.6, 5.6 e 8.8}$$

per classi di resistenza 4.8, 5.8, 6.8 e 10.9

se il piano di taglio non passa attraverso l'area filettata allora la relazione da utilizzare è la seguente:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$$

Nel caso di questo progetto verrà utilizzata la prima formula riportata in questa pagina ottenendo un valore pari a 30,14 kN. Considerando che l'azione di taglio agente è pari a 18 kN la verifica risulta essere soddisfatta,

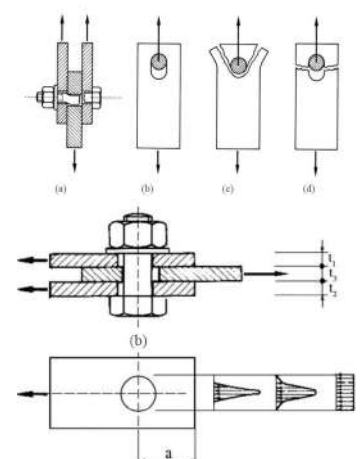
Verifica della resistenza a taglio del bullone

| | | | |
|-------|-------|---------------|------------|
| Fv,Rd | 30144 | Fv,Rd > Fv,Ed | VERIFICATO |
|-------|-------|---------------|------------|

Resistenza rifollamento della piastra

La resistenza della piastra dipende dalle caratteristiche di rottura del materiale, quindi dell'acciaio, ed è fortemente influenzata dal posizionamento dei fori dei bulloni, dalla distanza dal bordo della piastra e dal verso della sollecitazione. Il meccanismo di rottura è fortemente influenzato dalla progressiva ovalizzazione del foro esercitata dalle forze di contatto altresì detta rifollamento. Per quanto riguarda le forze

fig. 21: immagini delle tipologie di rottura della piastra, fonte: Bernuzzi C. "Progetto e verifica delle strutture in acciaio", Hoepli, 2018



di contatto esse vengono assunte costanti con un valore medio riferito a dati sperimentali e non alla reale distribuzione.

La rottura a rifollamento, in accordo con le norme tecniche vigenti, è definita dalla seguente relazione:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_M}$$

dove:

α_b è un coefficiente che tiene conto della disposizione dei fori in direzione parallela a quella del carico. È in funzione del rapporto tra la resistenza ultima del bullone e quella della piastra d'acciaio e dal rapporto tra la distanza dai bordi e il diametro del foro ed è fornito dalle seguenti formulazioni:

per bulloni di bordo:
$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\}$$

per bulloni interni:
$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\}$$

k_1 tiene conto della disposizione dei fori in direzione perpendicolare a quella del carico. È in funzione del rapporto tra la distanza dai bordi e il diametro del foro. Sono definiti dalle seguenti formulazioni:

per bulloni di bordo:
$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$$

per bulloni interni:
$$k_1 = \min \left\{ \frac{1,4 \cdot p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$$

I valori di e_1 , e_2 , p_1 , p_2 sono in funzione della direzione del carico. Vengono di seguito calcolati i coefficienti sfruttando i dati geometrici in funzione della direzione del carico assiale N_{Ed} :

| | | |
|------------|------|----------------------|
| α_b | 0,78 | per bulloni di bordo |
| | 0,73 | per bulloni interni |
| k_1 | 2,5 | per bulloni di bordo |
| | 2,4 | per bulloni interni |

I valori dei coefficienti sono calcolati sia per bulloni di bordo che interni in modo da ottenere due valori, rispettivamente, anche due valori delle resistenza a rifollamento in funzione della posizione del foro.

Seguono i valori di resistenza della piastra al rifollamento espressi in N e le relative verifiche che risultano essere ampiamente verificate.

| Verifica della resistenza a rifollamento dell'anima/flangia | | | |
|---|-----------|-------------------|------------|
| Fb,Rd,ext | 45176,471 | Fb,Rd,ext > Fv,Ed | VERIFICATO |
| Fb,Rd,int | 40684,734 | Fb,Rd,int > Fv,Ed | VERIFICATO |

La verifica appena svolta considera il rifollamento in direzione del carico assiale, quindi lungo la linea d'asse delle trave. Andrebbe svolta anche la verifica in direzione dell'azione di taglio. Considerando che il giunto e il posizionamento dei bulloni risultano essere doppiamente simmetrici, rispetto (le distanze dai bordi $e_1=e_2$, le distanze tra i fori $p_1=p_2$) le resistenze a rifollamento risultano numericamente uguali. Risulta anch'essa verificata.

Resistenza a trazione della piastra - block tearing

Il nodo studiato fino ad ora presenta uno stato di compressione quindi la verifica a rottura per block tearing non è necessaria.

Considerando che tutti i nodi di collegamento tra le travi che presentano una elevata capacità rotazionale saranno verosimilmente costruiti come il giunto fino ad ora illustrato, viene di seguito identificata la capacità massima della piastra. Per valutare la resistenza a taglio della sezione (block tearing) bisogna individuare e ipotizzare il piano di taglio ed i punti di rottura. La regola che solitamente si segue è individuare il percorso più breve:

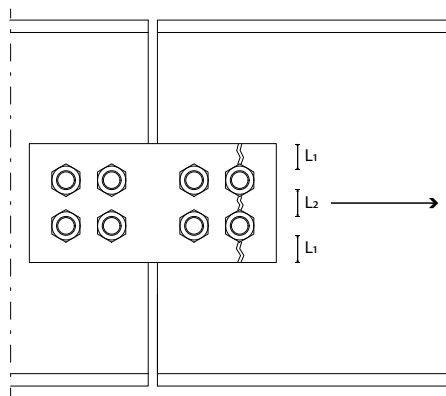


fig. 22: schema di rottura a block tearing

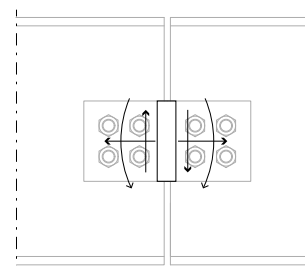
Individuato il percorso più breve e calcolata la lunghezza diventa semplice, conoscendo lo spessore della piastra identificare l'area. A tal punto tramite la relazione

$$R_{d,t} = f_d A_{nom}$$

dove f_d è la resistenza ultima dell'acciaio pari a $342,86 \text{ N/mm}^2$ (con coefficiente di sicurezza pari a 1.05) e A_{nom} è l'area della sezione di rottura pari a 490 mm^2 , è possibile e facilmente individuare il limite ultimo.

Il valore di $R_{d,t}$ assume un valore di 168 kN per singola piastra. Considerando che da progetto sono inserite due piastre il valore di

fig. 23: azioni interne della piastra



resistenza raddoppia. Considerando che la trazione massima al nodo non supera mai i 50 kN, la piastra risulta essere verificata.

Verifica della resistenza della sezione centrale della piastra

La porzione centrale della piastra in acciaio che funge da collegamento deve essere verificata per quanto riguarda le azioni trasmesse dalle due travi. Questa presenta una sezione rettangolare di dimensione 130x5 mm. Le azioni agenti sono le stesse presentate nei paragrafi precedenti. Va sottolineato che, nonostante si stia parlando di un nodo a cerniera, la piastra presenta un momento. Ciò è dovuto dall'eccentricità geometrica e alla conseguente presenza di un momento parassita. Le verifiche della sezione verranno svolte al pari di una trave in acciaio che presenta una sezione rettangolare.

Vengono di seguito riportate le geometrie e le relative resistenze della sezione:

| | | |
|-----|-----------|-----------------|
| t | 5 | mm |
| h | 130 | mm |
| A | 650 | mm |
| Wpl | 14083,333 | mm ³ |

| | | |
|-----|-----------|---|
| Nrd | 222857 | N |
| Trd | 128667 | N |
| Mrd | 4828571,4 | N |

La sezione risulta verificata, inoltre il valore di taglio essendo meno della metà della resistenza non presenta interazione con l'azione assiale ed è

implicitamente verificato. collegamento TRAVE - TRAVE a completo ripristino

| | | |
|------------|------|------------|
| N,Ed/Nrd<1 | 0,40 | VERIFICATO |
| T,Ed/Trd<1 | 0,45 | VERIFICATO |
| Med/Mrd<1 | 0,83 | VERIFICATO |

collegamento TRAVE - TRAVE a completo ripristino di momento

Per ottenere delle travatura di lunghezza da 16 metri è necessario giuntare le teste delle travi in maniera tale da creare un incastro.

In visione di una semplificazione a livello costruttivo si è deciso di lavorare con giunto un giunto a bulloni i quali connettono due piastre saldate in testa alla trave. Ciò permette di saldare il piatto in officina in modo da garantire una saldatura a totale ripristino e in cantiere è sufficiente la sola imullonatura.

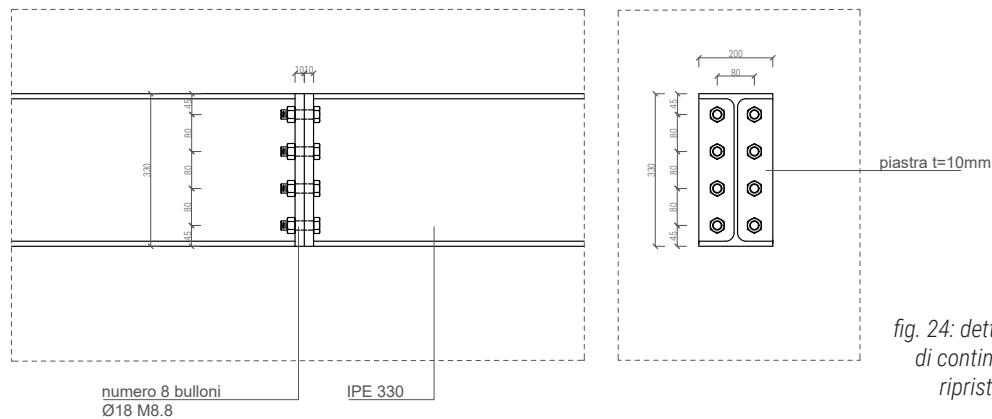


fig. 24: dettaglio del giunto di continuità a completo ripristino di momento

Il giunto è così composto

- numero 13 bulloni classe 80.8 (fu pari a 800Mpa) ad alta resistenza di diametro 18 mm, senza presserraggio
- fori dal diametro di 19 mm
- piastre in acciaio S235 dallo spessore t pari a 5 mm l'una
- la dimensione della piastra è pari a 330 x 180 mm

Si vuole determinare la capacità portante dell'unione attraverso i seguenti passaggi:

- determinazione dell'azione a trazione e taglio del singolo bullone
- determinazione della resistenza a rifollamento lato piastra
- determinazione della resistenza della sezione forata della piastra (comportamento a "block shearing")

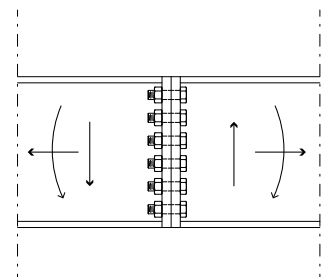
Le azioni che entrano in gioco sono le seguenti:

$$\begin{aligned} N &= 74,25 \text{ kN} \\ T &= 87,72 \text{ kN} \\ M &= -140 \text{ kNm} \end{aligned}$$

La particolarità di questa connessione consiste nella presenza di un momento. Questo verrà considerato come una coppia di forze che agiranno sui bulloni i quali lavorano a trazione sommato alla presente azione assiale.

Ci sono vari modi per poter schematizzare il comportamento del momento. Lo schema più realistico è quello che viene adottato in questo prevede una distribuzione delle azioni lineare a farfalla. Ciò comporterebbe che ogni bullone lavora a forze di trazioni differenti con gli elementi esterni maggiormente sollecitati. Una seconda via per poter schematizzare la distribuzione delle azioni è quella di considerarle

fig. 25: schema delle azioni sul giunto

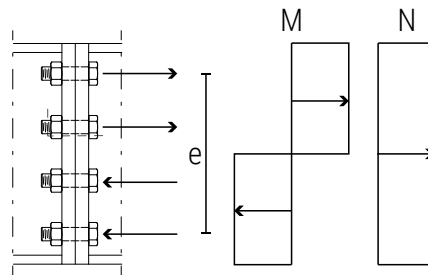


costanti positive nella parte tesa e costanti negative nella parte compressione. In questo modo si andrà a sovrastimare l'azione agente lavorando quindi a favore di sicurezza.

Verrà applicato questo secondo schema sia per le questioni legate alla sicurezza sia per la semplicità costruttiva e di realizzazione in quanto ogni bullone sarà progettato per il valore massimo a trazione.

A sollecitare i bulloni di collegamento avrà due componenti: la componente di trazione e compressione data dal momento e la componente di trazione data dall'azione assiale..

fig. 26: applicazione del teorema statico per determinare le azioni sui bulloni



La prima viene calcolata partendo dalla formulazione del momento $M=Nxe$, con l'eccentricità pari alla distanza tra l'interasse tra i bulloni d'estremità in modo da rimanere in fascia di sicurezza. Con un valore $e=240$ mm la coppia di forze è composta da due azioni $N=583,33$ kN. Tale valore viene successivamente suddiviso sui bulloni che lavorano a trazione. Importante considerare che nonostante il giunto sia composto da 8 bulloni, solo quelli presenti nella metà superiore reagiscono a trazione. Dividendo la forza di trazione data dai rispettivi bulloni ottengo un'azione N del bullone pari a 72,9 kN.

L'azione di trazione assiale viene distribuita equamente su tutti i bulloni. Partendo da una forza totale di 74,25 kN, il carico a trazione su ogni bullone è pari a 4,64 kN.

Ora è possibile sommare le varie azioni ottenendo una forza di trazione per bullone, nei quattro elementi posti nella mezzaria superiore della sezione, pari a 77,56 kN e una forza di compressione di 68,28 kN per bullone riguardante i bulloni posti nella mezzaria inferiore della trave.

La connessione risulta essere flessa. Nella parte a trazione il carico sarà supportato dai bulloni mentre nella parte di compressione tutte le forze saranno trasmesse per contatto delle due piastre in acciaio.

Ora che sono state individuate le forze che entrano in gioco è possibile effettuare le verifiche del giunto.

Verifica del bullone a trazione

Una delle possibili modalità di cedimento del giunto è data dalla rottura del bullone stesso. In questa casistica entrano in gioco due fenomeni, il primo è legato alla modellazione del giunto che trascura gli effetti di deformabilità della piastra la quale comporta uno stato di tensoflessione sul bullone. Un'azione di preserraggio può contribuire ad evitare lo stato flessionale.

Il secondo è legato alla fabbricazione del bullone. Potrebbe verificarsi una rottura della testa del bullone e quindi il distacco di quest'ultima. Inoltre se il piatto risulta essere particolarmente sottile potrebbe verificarsi la sua ibutitura se non fenomeni di punzonamento.

La resistenza a trazione del bullone è definita dalla seguente relazione:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

dove A_s è l'area resistente del bullone e f_{ub} è la tensione ultima del bullone. Il coefficiente di sicurezza è pari a 1,25. Il coefficiente k_2 è in funzione della tipologia di vite: assume un valore di 2,2 per vite normale e 0,63 per vite a testa svasata.

La resistenza a punzonamento è definita dalla seguente formula:

$$F_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

dove f_u è la tensione ultima dell'acciaio, t_p è lo spessore del piatto e d_m è il valore minimo tra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone.

Vengono ora riportate le tabelle di calcolo riassuntive della verifica a trazione del bullone la verifica a punzonamento del piatto.

Verifica della resistenza a punzonamento della piastra

| | | | |
|------------|--------|-----------------------|------------|
| $F_{p,Rd}$ | 146574 | $F_{p,Rd} > F_{t,Ed}$ | VERIFICATO |
|------------|--------|-----------------------|------------|

Verifica della resistenza a trazione del bullone

| | | | |
|------------|--------|-----------------------|------------|
| $F_{t,Rd}$ | 146304 | $F_{t,Rd} > F_{t,Ed}$ | VERIFICATO |
|------------|--------|-----------------------|------------|

Verifica a taglio del bullone

Vista la presenza di azione di taglio è necessario valutare la resistenza del bullone a tale sforzo.

A differenza del nodo a cerniera precedentemente studiato il taglio passa

nel baricentro del posizionamento dei bulloni, non si generano momenti parassiti. il calcolo della resistenza del bullone diventa relativamente semplice ricavandola dalla relazione esposta precedentemente. I bulloni che reagiscono alla sollecitazione di taglio sono tutti quelli presenti nel collegamento per un numero totale di 8 bulloni. Si ricorda che i bulloni attraversano lo spessore di entrambe le piastre di acciaio S235 dallo spessore di 10 mm l'una.

Verifica della resistenza a taglio del bullone

| | | | |
|-------|-------|---------------|------------|
| Fv,Rd | 73728 | Fv,Rd > Fv,Ed | VERIFICATO |
|-------|-------|---------------|------------|

Risulta una resistenza della connessione pari a 73,78 kN la quale rapportata ad un'azione di 5,43 kN risulta ampiamente verificata

Verifica a rifollamento della piastra

La verifica a rifollamento viene eseguita esattamente come è stato fatto per il giunto a cerniera.

Le distanze dei fori dai bordi vengono definite in direzione dell'azione e sono di seguito espresse (valore in mm):

| | |
|--------------|-----|
| e1 dal bordo | 40 |
| e2 dal bordo | 40 |
| p1 | 50 |
| p2 | 110 |

Sulla base delle distanze espresse vengono calcolati i coefficienti α_1 e k_1 e successivamente le resistenze a rifollamento per bulloni esterni e interni.

| | | |
|------------|------|----------------------|
| α_b | 0,70 | per bulloni di bordo |
| | 0,63 | per bulloni interni |
| k1 | 2,5 | per bulloni di bordo |
| | 2,5 | per bulloni interni |

Verifica della resistenza a rifollamento della piastra - direzione assiale

| | | | |
|-----------|-----------|-------------------|------------|
| Fb,Rd,ext | 90947,368 | Fb,Rd,ext > Fv,Ed | VERIFICATO |
| Fb,Rd,int | 81284,211 | Fb,Rd,int > Fv,Ed | VERIFICATO |

Le verifiche sono rispettate.

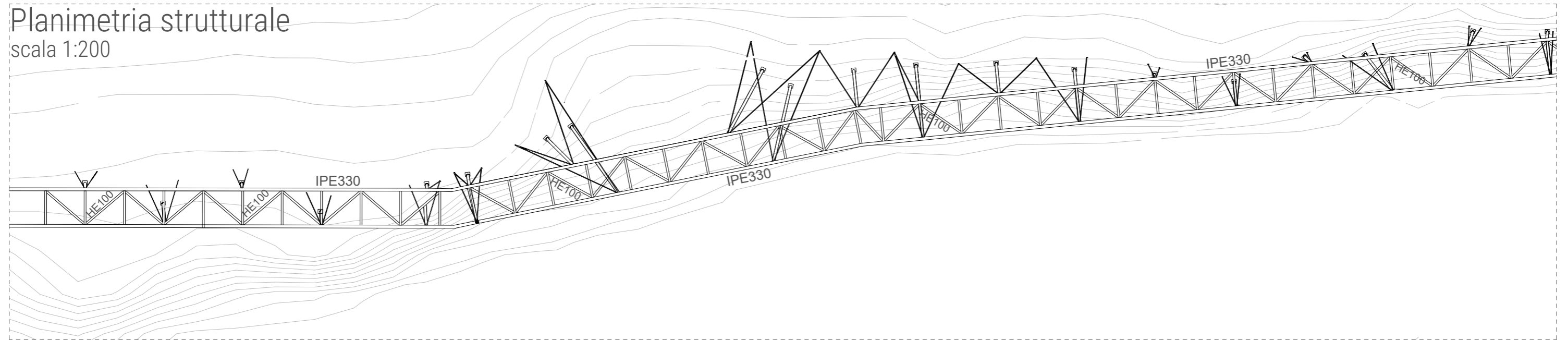
Dettagli

Nelle prossime pagine sono presentate dapprima una pianta strutturale della porzione di passerella studiata con due esempi di sezionini tipo del percorso e un prospetto in parte sezionato.

Nelle tavole successive vengono raccolti dei disegni di dettaglio di alcuni particolari costruttivi, sia nodi come quelli studiati precedentemente sia altre tipologie di informazioni per rendere più chiaro come è stato pensata e studiata l'intera struttura.

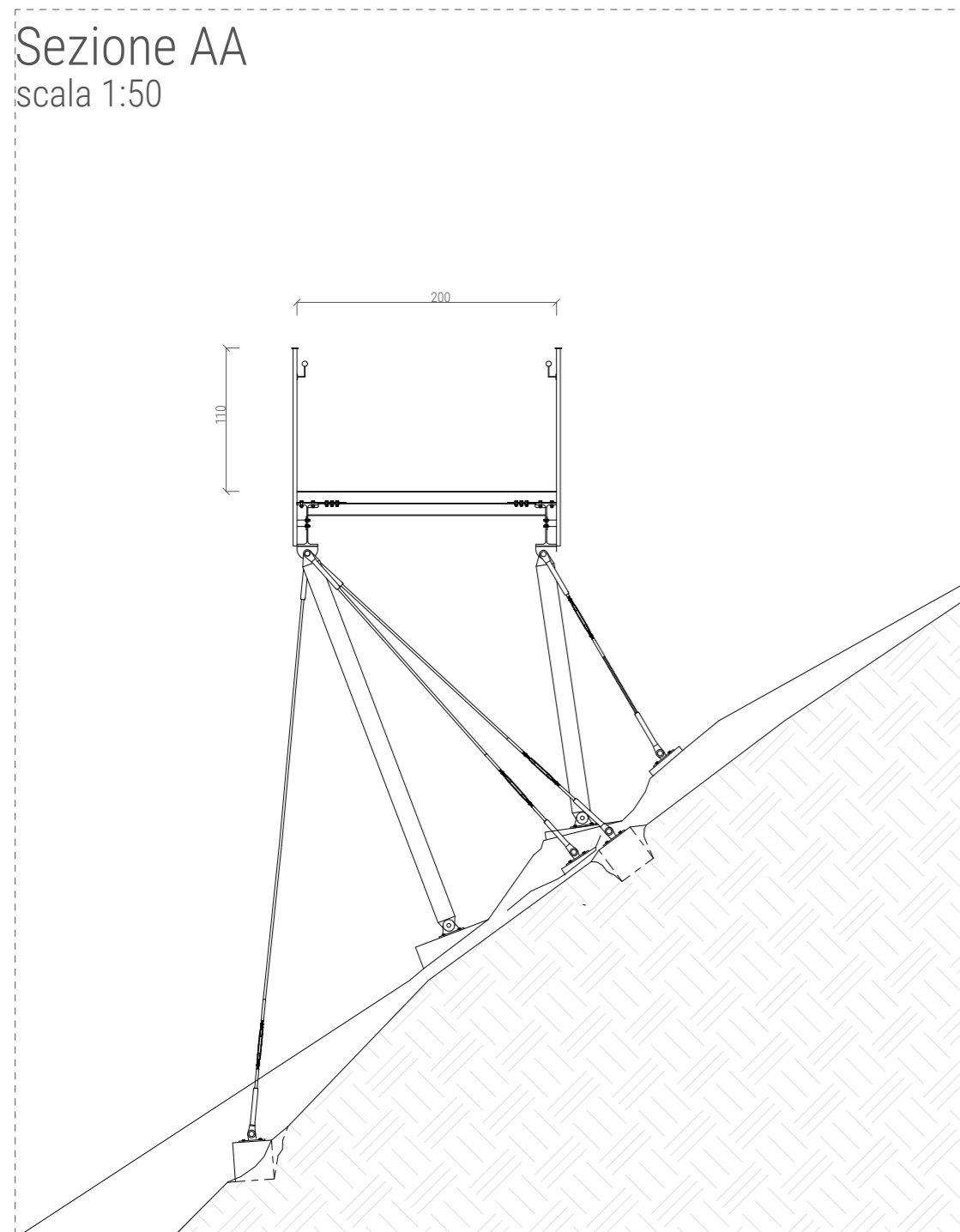
Planimetria strutturale

scala 1:200



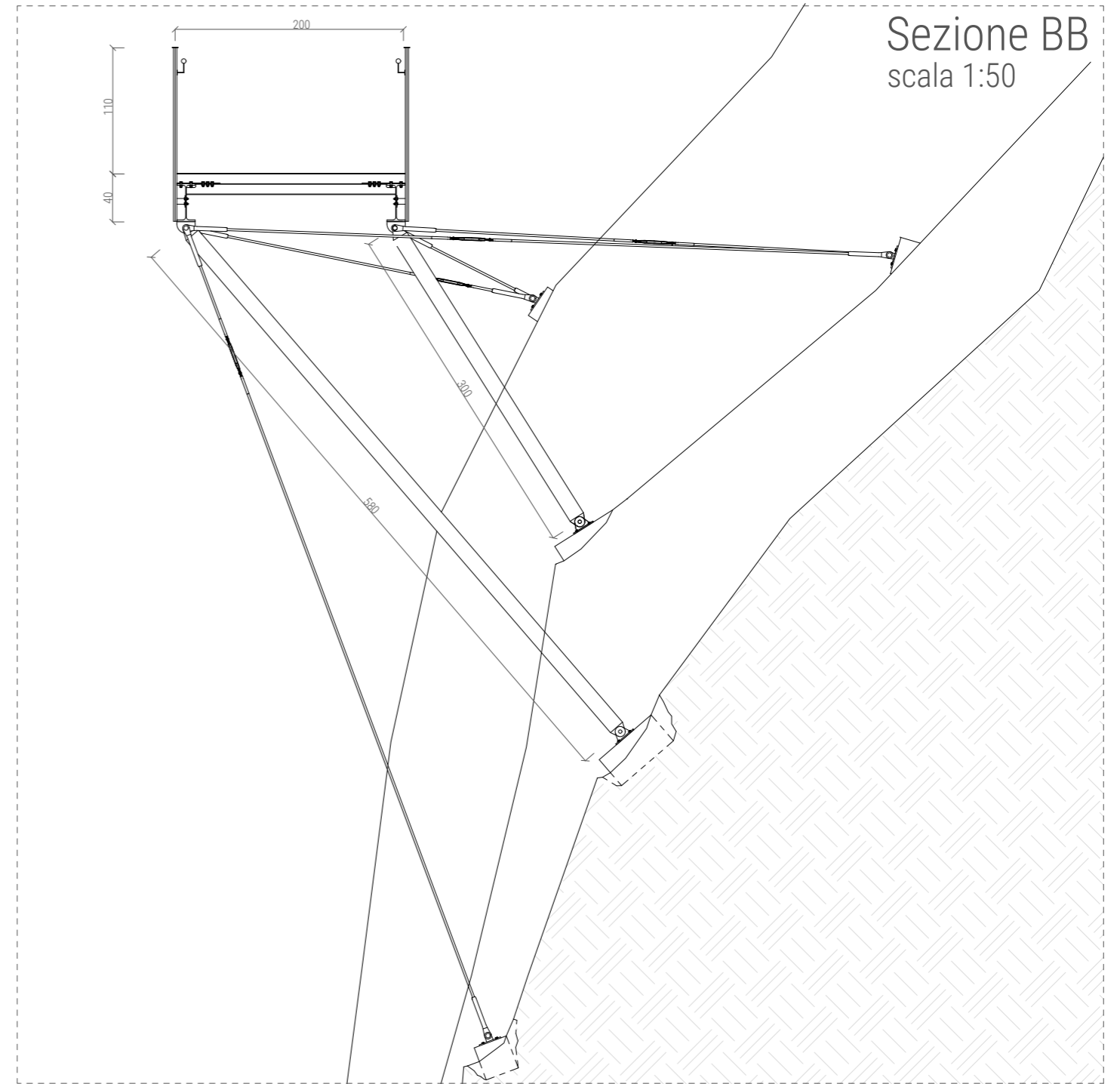
Sezione AA

scala 1:50

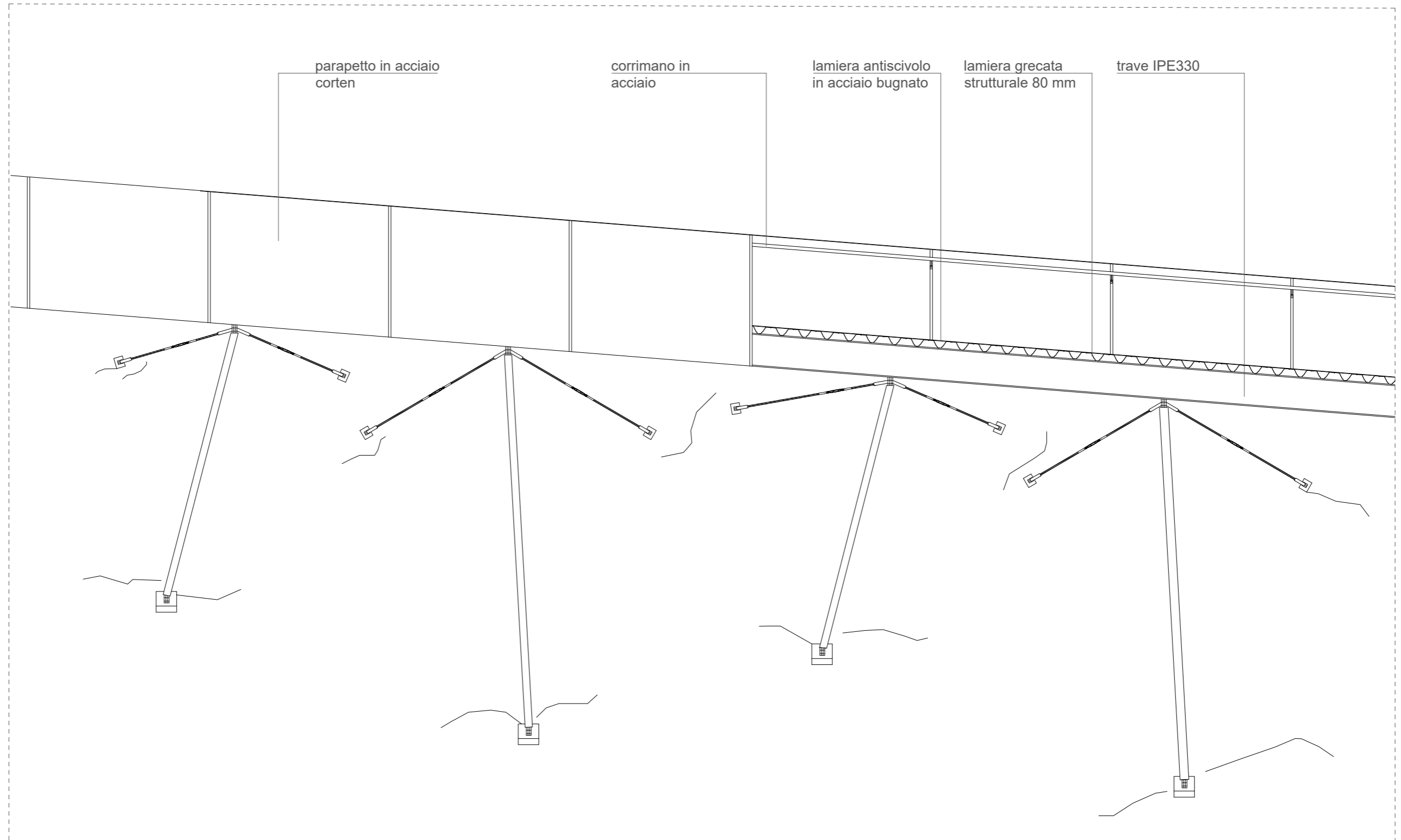


Sezione BB

scala 1:50



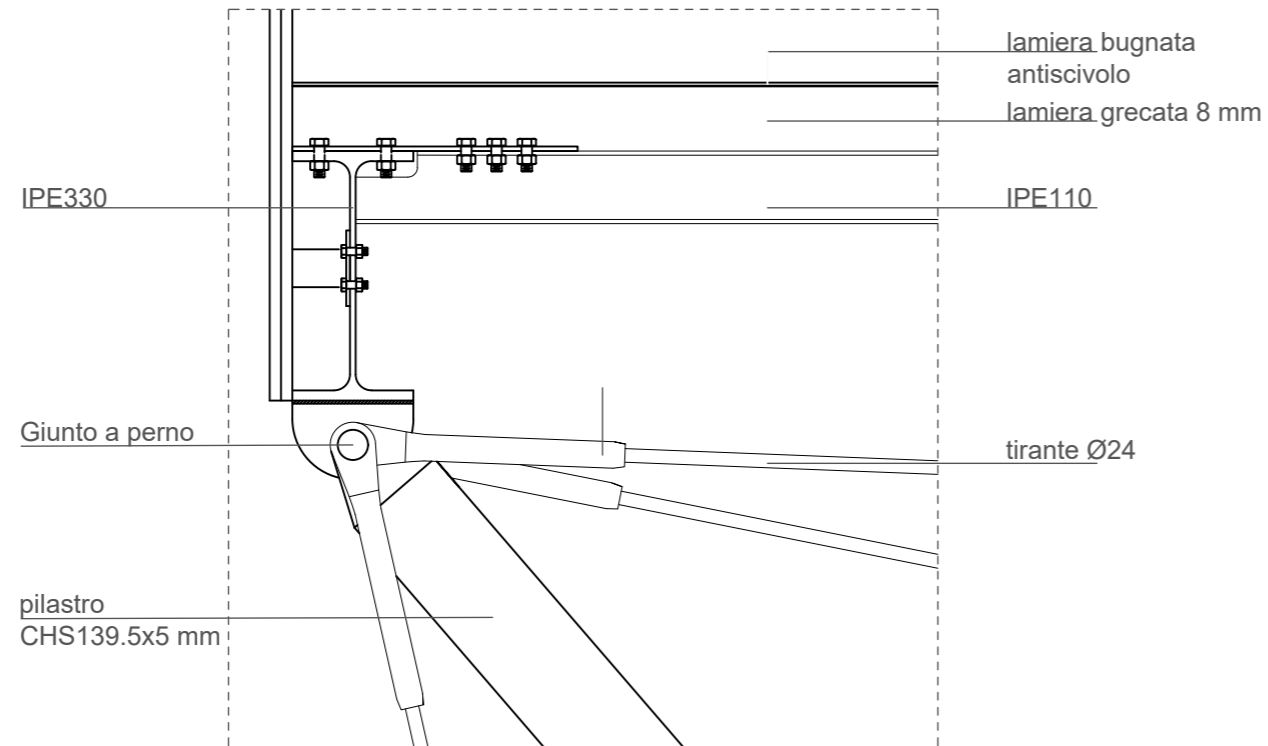
Prospetto
scala 1:200



Dettagli costruttivi

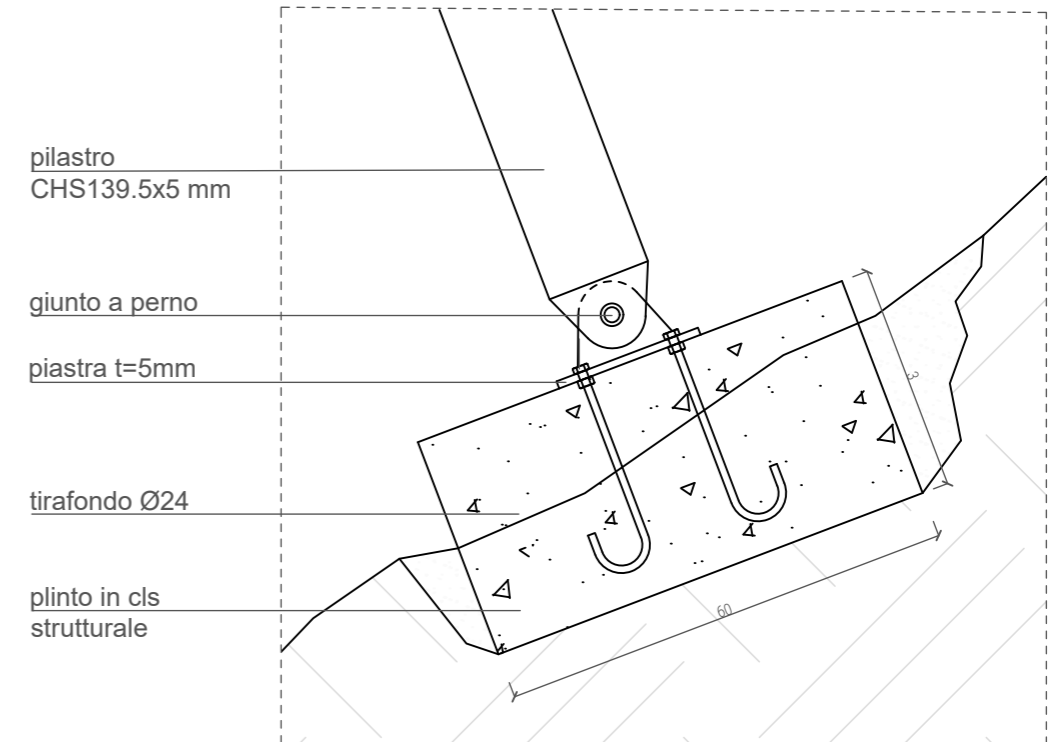
Appoggio

scala 1:10



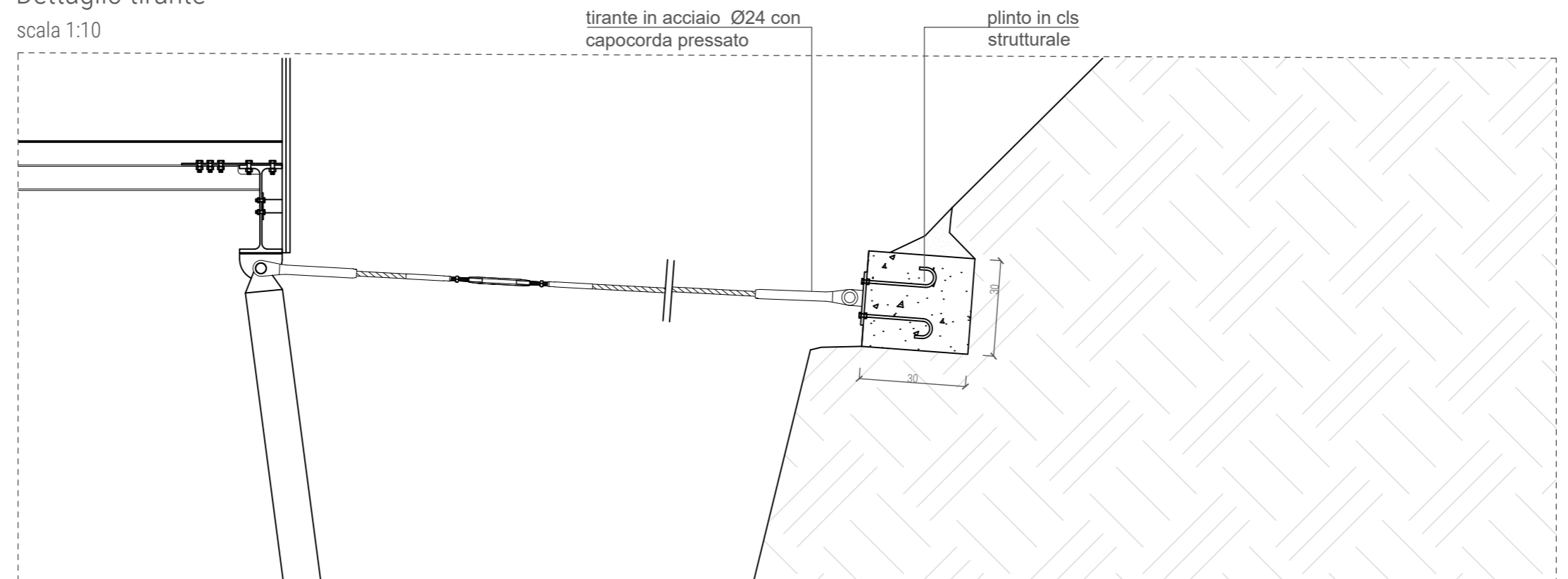
Dettaglio puntone

scala 1:10



Dettaglio tirante

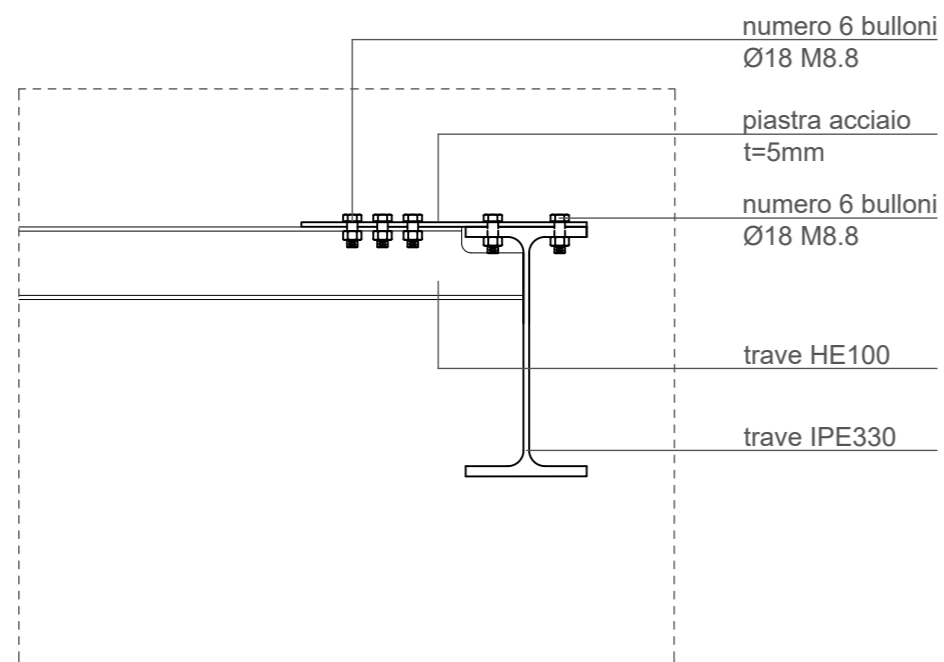
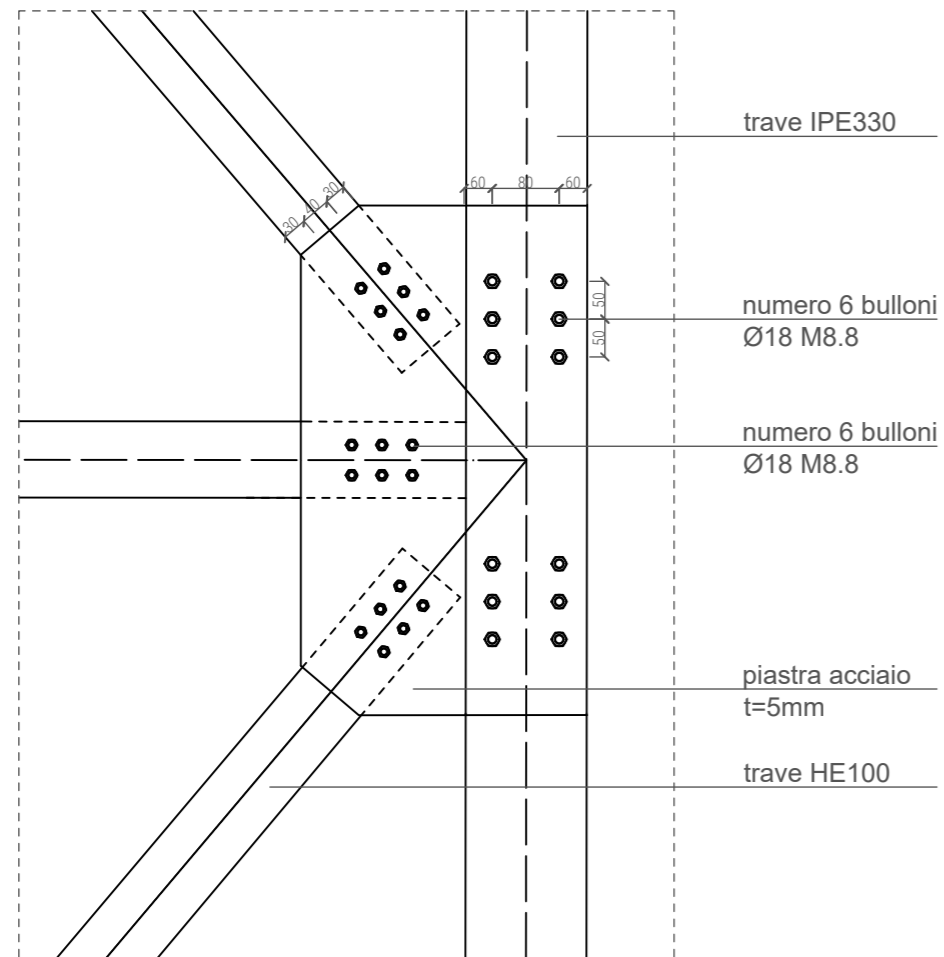
scala 1:10



Dettagli costruttivi

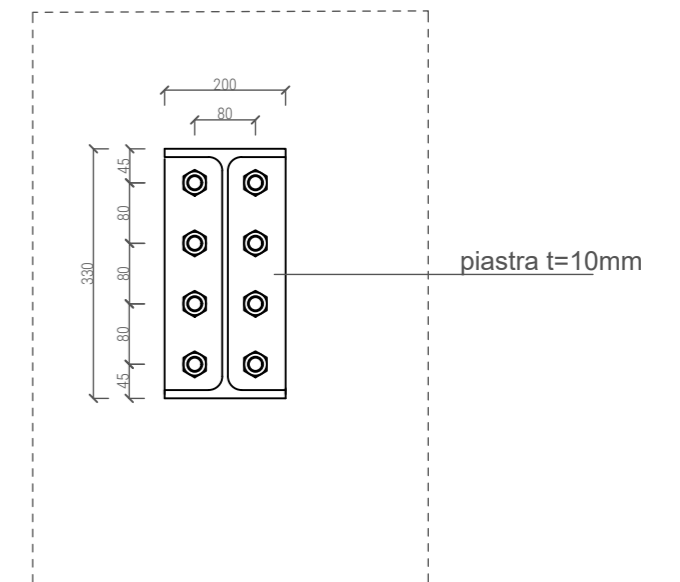
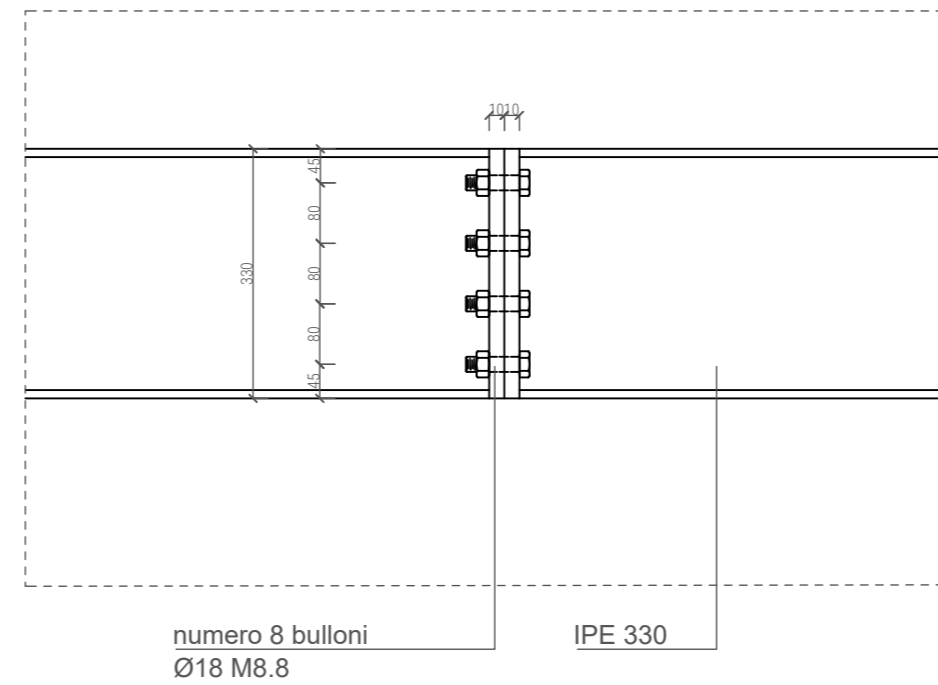
Connessione trave principale - travi secondarie

scala 1:10



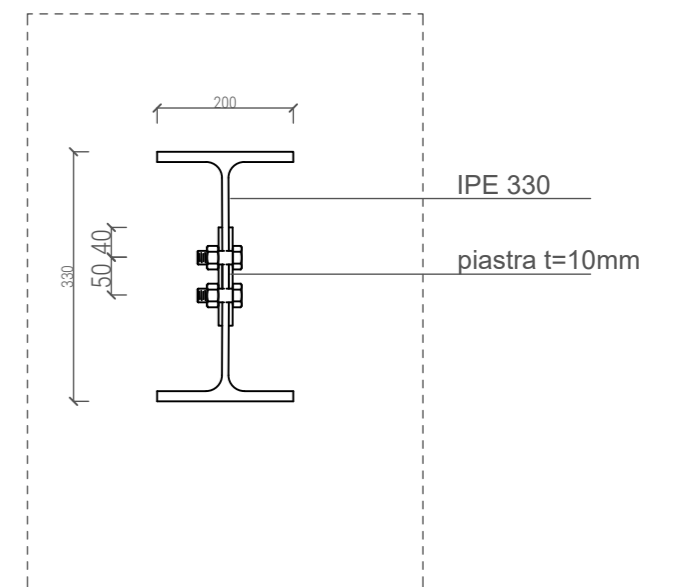
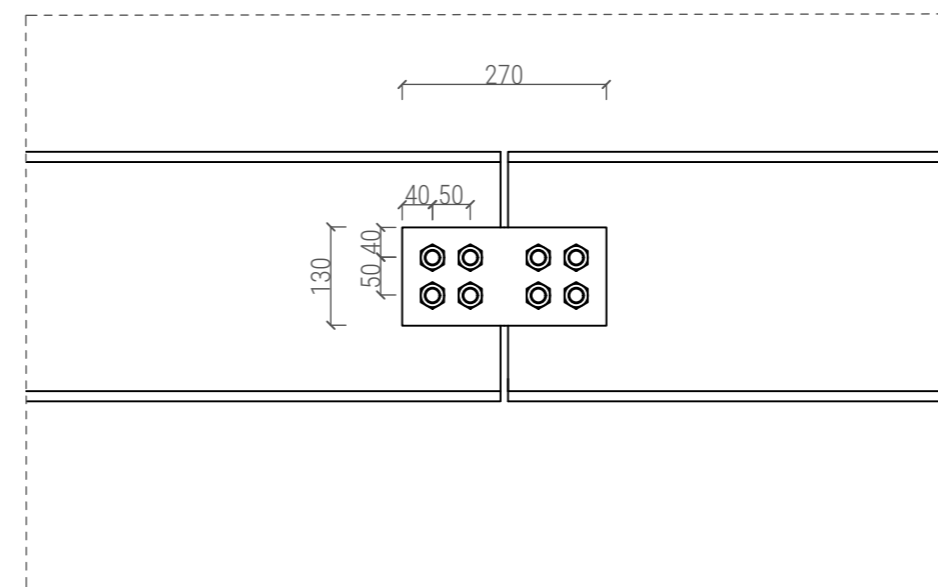
Giunto intermedio a completo ripristino di momento

scala 1:10



Giunto intermedio a cerniera

scala 1:10



Capitolo 8

Le fasi della crescita

In questo capitolo sono indagati le metodologie e le fasi di crescita dell'intero progetto. Si vuole definire delle aree e gli interventi in modo da poter organizzare in maniera programmatica le fasi di lavorazione.

Inoltre si studia il progetto di rinaturalizzazione, approcciando la tematica con sistemi di comunità di piante.

Obiettivi:

Studiare e definire le "plant communities", le aree e gli interventi

8.1 *Il progetto di rinaturalizzazione*

Fino ad ora si è parlato principalmente di interventi legati alla progettazione e introduzione di elementi infrastrutturali di stampo puramente architettonico che, seppur pensati e voluti in un contesto di rispetto verso la natura, questi rimangono una forte impronta antropica.

Spesso si è parlato di ecologia e rispetto verso gli equilibri e gli ecosistemi del bosco e del torrente, a tal scopo parte del processo si focalizza sulla componente naturale al fine di raggiungere e incentivare l'intervento paesaggistico attraverso l'introduzione e la ripopolazione di elementi naturali.

È ricorrente, all'interno di questo progetto, il tema legato al disturbo che l'attività umana reca agli ecosistemi. Ne sono esempio, in Val di Cembra, i così citati paesaggi industriali, i quali comprendono sia i paesaggi delle cave e dell'estrazione sia quelli legati all'agricoltura.

Le cave dismesse, come viene anche suggerito dall'amministrazione provinciale attraverso il piano cave, propone e incita alla rinaturalizzazione. Questo processo negli anni è migliorato portando ad una gestione migliorata delle cave. Ne sono esempio alcuni casi presenti sul versante sinistro del torrente Avisio nei pressi di Camparta e alcune ex-cave a monte del lago di Lase. Queste sono state sfruttate come deposito di materiali di scarto e sfruttati per modellare il suolo a piacimento e in una successiva fase aiutare la crescita ed espansione del bosco. Un'azione che permette di recuperare la cava e soprattutto permette la crescita e lo sviluppo di un ecosistema.

Questa azione vuole essere replicata nella cava di Camparta in particolare nelle zone ad ovest. Questa area risulta ora un versante in buona parte ricoperto da una colata detritica di materiali provenienti dallo scarto della produzione del porfido. Considerando che il complesso della cava è in disuso da circa quattro anni il processo di rinaturalizzazione è iniziato in maniera spontanea, presentando principalmente un'espansione delle specie maggiormente infestanti presenti nel bosco circostante. Si vuole quindi agire su quest'area per garantire un certo livello di fertilità del suolo e di espansione equa del bosco.

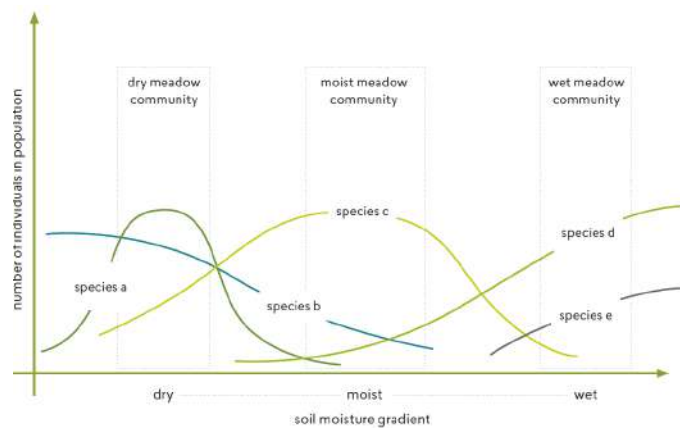
In tal modo la cava si intreccia e fonde con l'ecosistema e l'habitat ed essi diventano un tutt'uno.

In secondo luogo, si vuole utilizzare la natura come elemento progettuale. Quindi definire delle tipologie di piante e fiori da introdurre nella cava che assumono due importanti ruoli. Il primo un ruolo compositivo, in quanto la loro presenza diviene importante per la definizione di un carattere, di un'identità, di un aspetto puramente formale il secondo ruolo è legato alle tematiche dell'ecologia e alla ricerca di un equilibrio ecosistemico.

In questo senso ci viene in aiuto l'architetto e paesaggista Thomas Rainer e la paesaggista Claudia West che nel libro "planting in a post-wild world" trattano la tematica del così detto planting. La filosofia alla base del libro è espressa, in maniera accattivante, dal titolo stesso:

“piantare in un mondo post-selvaggio” in particolare sottolineando come spesso quando si agisce sul paesaggio esso sia implicitamente un ambiente post-selvaggio, dove il segno dell’uomo diventa un elemento imprescindibile dal paesaggio stesso. Gli autori ragionano su come poter intervenire attraverso l’uso della vegetazione, in particolare concentrandosi sulle relazioni che avvengono tra specie diverse.

Da qui emerge il concetto di “plant communities” che, citando gli autori, “Si adattano meglio ai loro siti, sono più ricche di stratificazioni e hanno un forte senso dell’armonia e del luogo”. Esse costituiscono un nome astratto in quanto i fattori che accomunano queste comunità possono essere differenti tra i quali i limiti geografici e climatici o sulla tipologia di pianta predominante. Importante è il loro cambiamento in funzione del tempo, la loro variazione che può essere stabile o dinamica; le wild communities rappresentano quindi un insieme di elementi naturali accumulati da fattori di similitudine e che la loro coabitazione di un ambiente contribuisca allo sviluppo dell’ecosistema.



Principi essenziali

Vengono quindi introdotti 5 principi essenziali:

1. Popolazioni affini, non individui isolati

Il primo principio affronta la tematica della comunità nel suo termine più letterale. La pianta non è più vista come un semplice elemento di arredo ma deve essere correlata alle altre specie che la circonda. Per questo si parla di comunità, una popolazione che deve sostenere il giusto equilibrio per progredire.

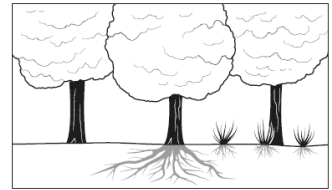
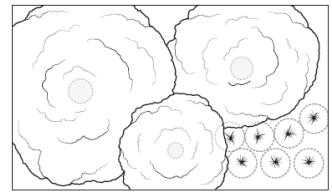
2. Stress as an asset

Questo principio, che viene riportato in lingua inglese, pone le problematiche legate alle condizioni locali. Spesso, devianti dal concetto stesso di “giardino”, quello che si tende a fare è scegliere delle senza interrogarsi sulla relazione che esse possono avere con il relativo territorio. Questo elemento definito “stress” deve diventare una risorsa.

La mancanza o l'eccesso di acqua, un suolo molto ricco di nutrienti o estremamente povero diventano risorse per le comunità stesse e base fondamentale per la definizione di quest'ultime.

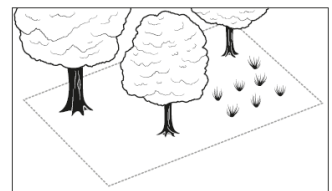
3. Cover the ground densely by vertically layering plants

Molto semplicemente, tramite questo principio, si suggerisce di ragionare sempre tramite più punti di vista quando si scelgono e definiscono le plant communities. È importante progettare e studiare sia il comportamento in pianta e quindi valutare la densità che si crea sia il loro comportamento in prospetto. La giusta apposizione tra piante basse che rimangono al livello del suolo e alberi ad alto fusto definiscono una composizione di densità armoniosa in tutti i suoi layer.



4. make it attractive and legible

Le comunità devono possedere anche un tratto distintivo e identitario in modo tale da suscitare un interesse. Spesso questo si è tradotto nella composizione rigorosa dei giardini tipici del 1800, che però comportavano una grave problematica, essi erano l'opposto del concetto di plant community e non vi era alcuna relazione tra gli elementi compositivi che non fossero puramente estetici. Nasce quindi uno degli obiettivi: come tradurre la funzione ecologica in una forma estetica? Lavorando con i layer e i pattern delle popolazioni delle comunità, considerando che il rigore geometrico spesso viene a mancare e la natura intrinseca di questo elemento comportano un certo disordine.



5. Management, not maintenance

Uno degli obiettivi delle plant community consiste nell'assenza di manutenzione in quanto esse sono parte auto-equilibrate. Un insieme di piante integrate tra loro e nell'ambiente circostante, non necessita di irrigazione, pacciamatura, irrorazione o potatura. Se una pianta muore questa verrà sostituita da un'altra. Il concetto di manutenzione va a sostituirsi con quello di gestione.

Gli archetipi di paesaggio: i prati

I principali archetipi che si possono riscontrare sono i prati, foreste e boschi ad arbusti. Ci si concentra, vista la natura del progetto, solo sui primi due.

I prati presentano una duplice immagine, a larga scala risultano come un elemento costante e uniforme nel territorio, ma avvicinandosi ci si accorge della varietà di specie che sono presenti. Sono a forma principalmente lineare e non presentano arbusti o elementi verticali. La colorazione dei prati, sulle sfumature del verde, si intensifica maggiore è la presenza di acqua. Seppure semplici presentano una complessità a livello di specie di rilevante importanza. I prati rispecchiano in maniera particolare le condizioni locali legate alle condizioni climatiche, del suolo, la presenza o meno di acqua e di elementi di disturbo. Una fra le più evidenti è la sua gradazione di colore che è legata alle condizioni di



umidità, difatti più si è in un contesto umido e di maggiore intensità sarà il colore del fogliame.

A livello visivo predomina una vista orizzontale. I prati solitamente non presentano arbusti o piante di particolare altezza. Questa particolarità non implica la presenza di poche specie, di fatto le plant communities formate da prati sono costituite dalla maggiore varietà di specie.

La presenza di fiori definisce un layer che varia in funzione della stagione. Elementi che donano, tramite la loro fioritura, una particolare sfumatura all'intero prato per poi sfumare e tornare al suo tipico colore verde. Questo è il così detto layer di design che definisce in maniera sostanziale l'aspetto, il layer strutturale invece considera maggiormente le dinamiche nel sottosuolo della pianta.



Il layer a livello del terreno assume un aspetto fondamentale in quanto permette di abbracciare il terreno e prevenire l'erosione.

Gli archetipi di paesaggio: le foreste

Le foreste rappresentano un'archetipo a livello ecologico tra i più complessi. Costituite da un'insieme di patch sono tra le comunità con maggiore variabilità, considerando le foreste dei sempreverdi del nord Europa e le foreste di alberi decidui caratteristici delle zone più temperate fino alle foreste tropicali.

A differenza dei prati le foreste sono definite da linee verticali, espandendosi e crescendo verso l'alto. Dimostrano una dinamicità stagionale, soprattutto se vi è la presenza di alberi decidui, passando dalle rigorose chiome estive fino ai colori autunnali.



L'unicità delle foreste è l'interazione che i vari elementi hanno tra loro. Gli alberi si intrecciano tra loro creando un tutt'uno con gli elementi circostanti. Creano una copertura che, nella sua ombra, garantisce protezione. La perdita del fogliame autunnale, cadendo a terra, permette la formazione di materiale organico utile per lo sviluppo e la fertilizzazione del terreno.

Interessante inoltre studiare la capacità di adattamento delle piante tra loro. I cicli di vita si intrecciano e regolano. Arbusti e piante più basse tendono a fruttificare nel periodo tardivo dell'estate in modo da avere la maggiore resa solare.

Nel complesso di Camparta è possibile identificare i due archetipi di cui sopra. La cava è circondata dal bosco, dalla foresta mentre si vuole introdurre e rendere possibile lo sviluppo del prato nei punti di confine del bosco.

Le strutture delle plant communities

Per definire le comunità di piante si segue la strategia proposta dall'architetto paesaggista Heiner Luz secondo il concetto "prinzip der Aspektbildner" ovvero "principio delle piante che formano l'aspetto".

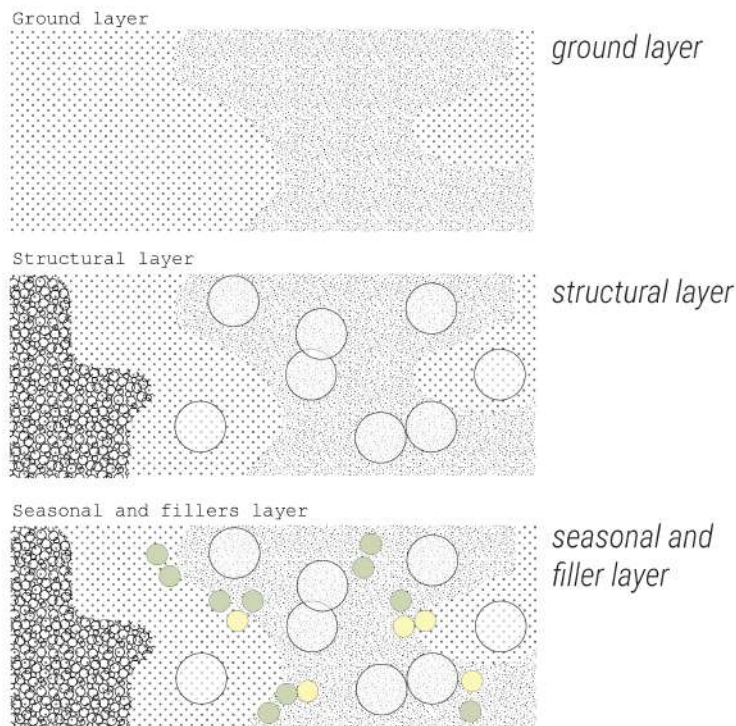
Sono definiti quattro layer su cui si opera:

1. Layer strutturale (structural and framework plants): sono inclusi alberi e arbusti e sono essenziali per creare la struttura sia visiva che di stabilità e durabilità della comunità vegetale. Le piante strutturali sono caratterizzate da forme distintive che offrono interesse visivo per gran parte dell'anno contraddistinte da una particolare longevità.

2. Layer stagionale (seasonal theme plants): elementi che prendono il sopravvento in alcuni periodi dell'anno, creando giochi di colori e texture. Sono numericamente maggiori rispetto agli elementi strutturali, creando dinamicità nella comunità.

3. Layer di copertura del suolo (ground-covering plants): spesso specie erbacee di bassa altezza a crescita rapida di facile espansione. Prevengono l'erosione e fungono da pacciamatura. Il loro scopo è quello di mantenere la funzionalità ecologica durante tutto l'anno.

4. Layer di riempimento (filler species): queste piante riempitive servono per coprire il terreno nel periodo di crescita delle piante strutturali, le quali richiedono tempistiche molto più lunghe. Possono essere elementi di breve durata e talvolta destinate a scomparire con l'evoluzione della comunità oppure piante che si rigenerano autonomamente.



Le plant communities

A scopo di rinaturalizzare vengono ora scelte le tipologie che andranno a formare le “plant communities” introdotte nel progetto.

Nella selezione di piante e fiori va considerato un fattore di rilevante importanza, la natura autoctona o meno della pianta selezionata. Considerando che, nonostante si stia progettando in un paesaggio post industriale, questo è completamente immerso nel bosco di stampo trentino. Si vuole quindi scegliere prevalentemente elementi locali.

Lo studio degli elementi che segue è stato prevalentemente eseguito tramite le schede botaniche presenti sul portale “acta plantarum”. Il progetto Acta Plantarum è un’iniziativa open source dedicata allo studio della flora spontanea italiana, basata sulla collaborazione e il coinvolgimento collettivo nella crescita del progetto, mantenendo la proprietà dei contributi da parte dei partecipanti. La partecipazione è gratuita e avviene attraverso un forum di discussione, che è il fulcro del progetto, dove si scambiano conoscenze scientifiche sulle piante spontanee e i loro habitat. Il forum è accessibile sia agli esperti sia ai neofiti. Il progetto include anche una galleria fotografica, schede botaniche, un glossario illustrato, un dizionario etimologico e una descrizione della morfologia vegetale. L’obiettivo è promuovere la cultura naturalistica e coinvolgere un numero crescente di persone, unendo rigore scientifico e divertimento. Per ogni pianta scelta verrà riportato un breve estratto delle informazioni principali e uno schema riassuntivo delle caratteristiche. Per ogni scheda viene citata la diretta pagina al forum sopracitato in modo da poter risalire alle informazioni complete e alle persone che hanno contribuito alla raccolta di tali dati.

Sono di seguito riportate le tipologie facente parte delle comunità di prato:



Cervino, nardus stricta

Pianta perenne glabra, glauca, con brevi rizomi striscianti, provvista alla base di densissimi cespi, in buona parte formati dalle vecchie foglie rinsecchite; culmi eretti, rigidi, alti 10-30(40) cm, con 1-2 nodi. Molto comune nelle Alpi.

Habitat: Pascoli montani ed alpini tendenzialmente aridi, brughiere, su terreni acidi. Presente dai 200 ai 3000 m. Risulta avvantaggiata nella riproduzione rispetto alle foraggere di migliore qualità e può quindi divenire infestante.



Carice delle selve, carex sylvatica

Pianta erbacea perenne alta 20-100 cm; rizomi corti e cespuglietti caratterizzati da 1 fusto centrale e 2 brevi getti laterali sterili. Foglie con

lamina piana, molli, scabre ai margini, larghe (2)4-7 (12) mm, flessibili, più brevi del fusto

Habitat: boschi mesofili, caducifogli, soprattutto faggete, querceti, castagneti (nel Lazio anche sugherete), su suolo umido, fertile, generalmente su terra bruna ricca di materia organica.



Dittamo, dictamnus albus

È una pianta con fusti legnosi solo alla base, generalmente di piccole dimensioni. Di tipo suffruticosa perenne, alta dai 30-60 ai 100-120 cm, con radice carnosa di colore bianco e con fusti eretti, generalmente semplici, lignificati alla base, in alto muniti di numerosi peli semplici e di peli ghiandolosi neri. Tutta la pianta contiene essenze volatili molto aromatiche, e se viene strofinata emana un forte odore simile al limone.

Foglie spiralate, le basali semplici, obovate, le superiori imparipennate, con 3-5 paia di grandi segmenti ovali, lunghi 2-6 cm, sessili, verde-scuri, coriacei, cosparsi di punti traslucidi e dentellati al margine, glabri sulla pagina superiore, pubescenti su quella inferiore.

Infiorescenza in racemo terminale allungato, pubescente-ghiandoloso, con grandi fiori odorosi ermafroditi (larghi fino a 5 cm), leggermente zigomorfi, disposti su peduncoli eretto-patenti.

Il frutto è un coccaro densamente ghiandoloso (1 cm), formato da 5 carpelli cuspidati inizialmente concresciuti che a maturità si dividono a stella, contenenti ciascuno due o tre semi neri, ovali e lisci.

Habitat: Prati aridi, rupi soleggiate, cespuglieti. Specie calcifila e xerofila, legata da noi alla formazione del bosco termofilo caducifoglio submediterraneo (*Quercetum pubescentis*), da 0 a 800 m s.l.m.



Calcatreppola ametistina, eryngium amethystinum

Piante perennanti per mezzo di gemme poste a livello del terreno e con asse florale allungato, spesso privo di foglie. Di tipo erbacea perenne, alta dai 20 ai 40-50 cm, provvista di radice fittonante e di fusti eretti, scanalati, glabri e glaucescenti, legnosi alla base, poco ramificati, generalmente azzurro-violacei nella parte distale soprattutto al momento della fioritura.

Foglie coriacee, senza orecchiette alla base, tutte provviste di una guaina abbracciante il fusto larga fino a 8-9 mm, intera o pettinato-spinosa; le basali generalmente sono persistenti all'antesi, a lamina 2-3

pennatosetta di 10-15 cm, incisa in segmenti lineari, acuminato-spinosi e canalicolati, dilatati verso l'apice e decorrenti sulla rachide e sul picciolo; le cauline sessili, più ridotte e meno divise.

Fiori piccolissimi (2 mm), ermafroditi, sessili, azzurri, disposti all'ascella di pagliette (bratteole) rigide di 5-7 mm, per lo più indivise, lesiniformi, le esterne talvolta tricuspidate

Il frutto è un diachenio composto da due mericarpi spinulosi di 4-5 mm.

Habitat: Pascoli e prati aridi, magri, sassosi e assolati, su substrato calcareo, da 0 a 1600 m s.l.m.



Ruscolo pungitopo, ruscus aculeatus

Piante perenni con fusti legnosi, ma di modeste dimensioni. Geofite rizomatose. Piante con un particolare fusto sotterraneo, detto rizoma, che ogni anno emette radici e fusti avventizi.

Presentano un piccolo arbusto suffruticoso sempreverde, dal robusto rizoma ramificato e strisciante; fusti eretti, striati, parzialmente lignificati, semplici alla base ma ramificati verso l'alto.

I rami sono inseriti sulla parte mediana e basale dei fusti aerei, con disposizione sparsa, più volte ramificati; i rametti dell'ultimo ordine sono distici e trasformati in fillocladi rigidi, di colore verde scuro, di forma da lanceolata ad ovato-acuminata con una spina apicale pungente. Altezza 20-90 cm.

Le foglie vere sono estremamente ridotte e caduche, ridotte a squame biancastre, inserite sul fusto aereo; la loro funzione è svolta da particolari rami appiattiti che prendono il nome di cladodi.

I fiori, poco appariscenti, difficilmente visibili, unisessuali su individui diversi (specie dioica), subsessili, isolati o in piccoli gruppi, senza peduncolo si formano sulla pagina inferiore dei cladodi.

I frutti sono bacche, globose, di colore rosso vivo, contenenti 1÷2 semi durissimi di colore bianco-giallastro. La maturazione delle bacche avviene nell'inverno successivo alla fioritura e permangono sulla pianta per 2÷3 mesi dopo la maturazione.

Habitat: Predilige le zone calde e soleggiate e i terreni calcarei, lo si trova facilmente nei luoghi aridi e sassosi, nei boschi, soprattutto nelle leccete e nei querceti, sensibile al freddo intenso, per cui solo nelle zone meridionali la si può trovare oltre i 1.200, nel resto d'Italia difficilmente vegeta sopra i 600 m s.l.m.



Pero corvino comune, Amelanchier ovalis

Piante legnose con portamento cespuglioso. Arbusto alto fino a qualche metro (1-3), ma in genere di ridotte dimensioni, con tendenza all'emissione di numerosi stoloni striscianti.

Foglie piccole, caduche tondeggianti od ovali, picciolate con margine dentellato, caratterizzate da una fitta pelosità argentea sulla pagina inferiore all'ascella dei nervi specialmente da giovani, mentre quella superiore è verde opaca, glabra. In autunno si colorano di toni aranciati. Stipole lineari-triangolari

Fiori vistosi bianchi con 5 petali lunghi e lanceolati, riuniti a 3-6 in pannocchie terminali compresse, situate sui rami giovani, con ricettacolo campanulato e tomentoso, sepali lineari-triangolari, persistenti e fioccosi all'antesi, petali oblunghi-spatolati con apice ottuso, eretto-patenti tomentosi alla base; stami con filamenti glabri, giallastri; 5 carpelli e 5 stili, stimmi capitati.

I frutti sono piccoli pomi (falsi frutti) di 8-10 mm, globosi, pruinosi, circondati dal calice, di colore nero-bluastro, divisi all'interno con 5 logge fragili e cartilaginose che contengono i semi bruni, hanno una consistenza farinoso-carnosa e sono commestibili con debole sapore di fico o di miele, ma spesso insapori.

Habitat: Arbusto diffuso in tutte le montagne del bacino mediterraneo, cresce sui pendii rocciosi caldi e aridi, fiorisce durante il periodo estivo, nei boschi misti di querce, nelle pinete e nelle formazioni di arbusti contorti delle Alpi. Rustico, ama i substrati calcarei ed è uno dei più tenaci colonizzatori dei pendii rocciosi poveri di humus e di sali nutritivi, fino a circa 2000 metri di quota.



Origano comune, Origanum vulgare

Piante perennanti per mezzo di gemme poste a livello del terreno e con asse florale allungato, spesso privo di foglie. Pianta perenne, cespugliosa, che a maturità diviene semiarbustiva, estremamente variabile nell'aspetto e gradevolmente profumata; ha rizoma legnoso ramificato e strisciante orizzontalmente, dal quale si sviluppano i fusti,

spesso sdraiati nella parte basale poi eretti, con sezione quadrangolare, ramificati in alto, di colore rossastro e ricoperti da una fitta peluria patente. Altezza 20÷60 cm.

Le foglie sono opposte, ovali-allungate con breve picciolo, pelose sui grossi nervi, con la massima larghezza verso la base dove sono arrotondate, poco dentate, spesso con margine intero e peloso.

I fiori nascono all'ascella delle brattee sessili, che per la loro forma

sembrano foglie e sono spesso sfumate di rosso, sono portati da corti peduncoli e riuniti in capolini terminali di colore rosa purpureo, raramente bianchi. Il calice è simmetrico, diviso in 5 denti lunghi 1/3 del tubo, tubuloso campanulato; la corolla ha il labbro superiore smarginato e quello inferiore più lungo, trilobato.

I frutti sono tetracheni con mericarpi subsferici, con apice acuto, con due triangolini biancastri nella superficie di inserzione, di colore castano scuro.

Habitat: Luoghi aridi e assolati, boschi radi e luoghi sassosi, rupi, soprattutto su terreni gessosi.



Uva spina, Ribes uva-crispa

Piante legnose con gemme perennanti poste tra 20 cm e 2 m dal suolo. Piccolo arbusto deciduo di 0,60-1,50 m, con fusti eretto-arcuati; rami intricati, muniti generalmente di spine robuste (3,5-10 mm) 3-partite agli internodi; corteccia liscia, grigio-perlacea.

Foglie alterne e spiralate, piccole, larghe 2-5 cm, palmatofide con 3-5 lobi ottusi, inciso-crenolati; lamina a contorno triangolare o pentagona a base cordata o cuneata; picciolo pubescente di 1-2 cm.

Il frutto è una bacca polisperma ovoide o globosa e traslucida di ca 10 mm di Ø, verde, gialla o rosso porporina, generalmente ispida o ± glabra a maturità.

Habitat: Siepi, margini boschi e pascoli del piano montano e culminale, da 100 a 1600 m s.l.m.



Salvia comune, salvia pratensis

Piante perennanti per mezzo di gemme poste a livello del terreno e con asse florale allungato, spesso privo di foglie. Pianta perenne erbacea, non vischiosa, con radice a fittone ingrossato; fusti eretti, tetragoni, pubescenti per peli riflessi, legnosi e ramificati in alto; altezza fino a 70 cm.

Le foglie consistenti, bollose, le basali picciolate, disposte in rosetta, caratterizzate da una nervatura reticolare, margine leggermente crenato o inciso lobato; le cauline, più piccole, sessili sovente semiabbraccianti il fusto. La pagina superiore rugosa, quella inferiore irsuta.

I fiori portati da un breve pedicello, sono azzurro-violetti, raramente rosa o biancastri, 4÷5 verticillastri situati all'ascella di brattee verdi; l'insieme forma una spiga chiusa. Calice bilabiato, irsuto per peli mai bianchi; il tubo calicino più lungo delle 5 lacinie calicine.

Gli stami, si comportano come piccole leve: quando un insetto, in cerca di nettare, penetra nel fiore, aziona un meccanismo a bilanciere, che gli ribalta sul dorso il braccio dello stame che porta l'antera: il polline si rovescia allora sul dorso dell'insetto.

I frutti sono tetracheni formati da 4 mericarpi, con semi tondeggianti e brunastri.

Habitat: Nei pascoli magri, nei prati, nei luoghi sassosi, nelle radure, frequente nei luoghi asciutti e soleggianti. 0÷1.600 m s.l.m.

<https://www.actaplantarum.org/forum/viewtopic.php?t=3136>



Papavero comune, Papaver rhoeas

Piante annue con asse fiorale allungato, spesso privo di foglie. Pianta annua, erbacea, con radice bianca a fittone; fusti eretti, ramificati e setolosi, ricoperti di peli lunghi e patenti. Altezza 20÷80 cm.

Le foglie sono dotate di peli segosi e morbidi, quelle basali a rosetta sono pennatopartite con i segmenti lanceolati o ellittici e margine dentato, con apice acuto e base lungamente picciolata, le foglie cauline sono più semplici e sessili.

I fiori solitari, sbocciano all'apice di lunghi peduncoli coperti di peli patenti, sono inodori, larghi 5÷7 cm, con i boccioli penduli prima della fioritura.

I frutti sono capsule ovali glabre, sormontate da uno stigma piatto, contenente numerosi piccoli semi, reniformi, grigiastri e reticolati che, a maturità escono dalle aperture poste sotto lo stigma. Ogni pianta produce mediamente da 10.000 a 20.000 semi che rimangono vitali nel terreno fino a 40 anni.

Tutta la pianta emette un forte odore e produce un succo lattiginoso bianco e acre.

Habitat: Specie sinantropica presente nei campi, negli incolti secchi e negli ambienti ruderali, ai bordi di strade e ferrovie; infestante dei cereali e delle colture.



Pratolina comune o margheritina, Bellis perennis

Pianta perenne, erbacea, rizomatosa, a crescita lenta, con fusti semplici generalmente affilli e pubescenti; altezza 5÷15 cm. Le foglie tutte inserite sul rizoma, formano una rosetta basale, sono spatolate con massima larghezza verso l'apice, la base è cuneata e si restringe in un picciolo alato; sono tomentose da giovani poi ±

glabre, una sola nervatura è visibile, il margine è dentellato o crenulato, raramente intero. I fiori sono capolini solitari apicali, le infiorescenze hanno un ricettacolo lungo 2 volte il \emptyset , convesso e conico composto da 2 file di brattee pubescenti, di forma lineare con apice ottuso, tutte della stessa lunghezza. I fiori periferici sono ligulati, bianchi, spesso sfumati di rosa carico o addirittura rosso purpureo esternamente; il disco comprende fiori ermafroditi, tubulosi, di colore giallo. I fiori periferici si inclinano e chiudono durante la notte e con il tempo nuvoloso e si riaprono la mattina e quando riappare il sole. I frutti sono piccoli acheni di forma ovale, senza pappo.

Habitat: Molto comune, la si trova nei prati, negli incolti e in genere nei luoghi calpestati. La disposizione della rosetta, appressata al suolo, evita che sia brucata dal bestiame e che sia falciata, questo permette il propagarsi della Pratolina in fitte ed estese colonie, impedendo lo svilupparsi dell'altra vegetazione erbacea. 0 ÷ 2.000 m s.l.m.



Malva selvatica, Malva sylvestris

Pianta perenne raramente annua, di aspetto erbaceo, pubescente, con fusti robusti, striati, ispidi, molto ramificati, legnosi alla base. Strisciante oppure eretta raggiunge generalmente i 60 cm di altezza, ma talvolta è dotata di steli che possono raggiungere 1,5 m di lunghezza. La lunga e carnosa radice fittonante, nel primo anno, produce una rosetta di foglie basali dal lungo picciolo, palmato-lobate, le cauline sono stipolate, profondamente divise, alterne, con lamina fogliare pubescente, pentalobate, palminervie a margine crenato. All'ascella delle foglie cauline sono inseriti i fiori, solitari o raggruppati 2÷6, hanno lungo peduncolo, il calicetto è costituito da 3 piccole brattee, calice a cinque sepali triangolari, la corolla è formata da 5 petali bilobati, di color rosa-violaceo con striature più scure, numerosi stami con filamenti saldati. I carpelli sono 10÷12, disposti a verticillo.

Habitat: Incolti, luoghi calpestati, ambienti ruderali, ai margini delle strade, frequente anche nei campi e nei prati; 0÷1.600 m s.l.m.

Segue la comunità legata agli elementi acquatici;



Carex elevata, Carex elata

Piante perennanti per mezzo di gemme poste a livello del terreno e con aspetto di ciuffi serrati di tipo perenne alta 30-100 cm, senza stoloni, formante cespi robusti e compatti che possono superare 1 m di altezza. Fusto eretto, robusto, acutamente trigono molto scabro specialmente nella parte superiore. Guaine basali, squamiformi, intere, di colore da bruno-giallastro a bruno-rossastro scuro, raramente violacee. Foglie piane glauche larghe 3-8 mm, generalmente più corte del fusto, scabre ai margini e sulla nervatura mediana della pagina inferiore.

Spighe apicali maschili lunghe (1) 2-8 cm, \pm cilindriche; gluma lunga circa 5 mm, strettamente oblunga con apice da arrotondato a subacuto di colore da bruno rossastro a nero, con nervatura centrale verde.

Spighe inferiori femminili lunghe (2,5) 4,5-5 cm, cilindriche, dense, (5-10 flore) talvolta con fiori maschili all'apice distribuite lungo la parte superiore del fusto, erette o pendule; glume lunghe 3-4 mm, ovali o oblungo-lanceolate, con apice acuto, lunghe quanto gli otricelli o poco inferiori, di colore bruno-nerastro, con venatura centrale verde.

I frutti sono pseudanteci (otricelli) di 3-4 x 1,5-1,8 mm, eretti o eretto-patenti, ellittici, compressi, leggermente biconvessi o piano-convessi, lisci o papillosi, con nervi percettibili, bruscamente ristretti in un breve becco di 0,2 mm, troncato o raramente emarginato.

Habitat: Laghi, fiumi, fossi, sponde di canali e stagni, cariceti, paludi, indifferente al substrato. Forma densi cespugli con le radici generalmente immerse nell'acqua.



Cannuccia di palude, *Phragmites australis*

Piante con un particolare fusto sotterraneo, detto rizoma, che ogni anno emette radici e fusti avventizi. Di tipo perenni delle rive di ambienti umidi, paludi, stagni. Munita di un grosso rizoma orizzontale ipogeo generalmente con stoloni allungati fino a 6-10 m, talora epigei e radicanti ai nodi. Specie invasiva che sviluppa densi fragmiteti.

Culmi eretti, lisci, cilindrici e fragili, alti fino a 3 m e di 1(2) cm \emptyset , fistolosi negli internodi e fogliosi fino all'infiorescenza, non persistenti durante l'inverno. Foglie lanceolato-lineari, larghe fino a 2-3 cm, di colore grigiastro o verde glauco, di consistenza cartilaginea, spesso spinescenti all'apice e con margini scabri e taglienti per la presenza di piccoli aculei rivolti verso il basso. Esse sono spesso disposte perpendicolarmente nella parte apicale del culmo; ligula nulla, sostituita da una frangia di peli corti. Il frutto è una piccola cariosside con pericarpo aderente.

Habitat: Paludi, sponde dei laghi, argini dei fiumi, stagni, fossi, in acque poco profonde, ambienti umidi anche lievemente salmastri, da 0 a 1200 (max 2000) m s.l.m.



Ninfea gialla, *Nuphar lutea*

Pianta perenne acquatica, con spesso e lunghissimo rizoma, di oltre 3 m di lunghezza sino a 10 cm di diametro, leggermente appiattito, con la faccia superiore che mostra numerose cicatrici

fogliari di forma triangolare, mentre da quella inferiore partono numerose radici secondarie filiformi.

Le grandi foglie dai lunghissimi peduncoli, sono galleggianti, ovali, cuoriformi, carnose, cerose, la pagina superiore è di colore verde scuro, quella inferiore violacea. I lembi raggiungono 40 cm di lunghezza e 30 di larghezza, le nervature secondarie si ramificano ad angolo acuto. Le foglie sommerse sono più chiare, ondulate e fragili, compaiono per prime in primavera, talvolta anche in autunno.

I peduncoli hanno consistenza gommosa, sezione leggermente triangolare e sono estensibili: la loro lunghezza perciò si adatta facilmente al livello delle acque, sono percorsi da canali aeriferi che conducono l'ossigeno alle radici immerse nel fango.

I fiori solitari e dall'intenso profumo, si aprono all'alba, per richiudersi al tramonto. Sono di colore giallo oro, hanno forma sferica sono formati da 5 sepal e da numerosi piccoli petali gialli squamiformi, stami sottilissimi e un ovario a stimma circolare, leggermente depresso a imbuto; emergono dall'acqua per mezzo di lunghi peduncoli, raggiungono i 4÷6 cm di diametro.

I frutti capsule a forma di urna, 5÷6 cm di diametro, contengono nelle numerose logge, semi di colore giallo, immersi in un liquido vischioso. A maturazione, aprendosi e sfaldandosi le logge di consistenza spugnosa e a forma di barchetta, galleggiano liberando i semi, piccoli e giallastri.

I semi vengono disseminati dagli uccelli, ma la moltiplicazione avviene soprattutto per divisione naturale dei rizomi.

Habitat: Piccoli laghi, stagni e fossi con acque lente o ferme, dove forma ampie colonie; 0÷1.500 m s.l.m.

Si conclude riportando gli elementi strutturali, che concorrono alla comunità legata al tema della produttività (alberi da frutto):



Castagno comune, castanea sativa

In Italia vegeta in tutto il piano medio montano dell'Appennino e delle isole e al nord, dal piano basale alle Prealpi e alcune valli alpine, è la specie indicatrice della zona fitoclimatica denominata dal Pavari Castanetum. Il suo limite sono le basse temperature e la siccità, preferisce un clima suboceanico e rifugge dalla continentalità. La fioritura è tardiva, da fine giugno a luglio. Il frutto è normalmente deiscente ma a volte il riccio può cadere e rimanere intero a lungo.

Habitat: Specie moderatamente termofila e piuttosto mesofila anche nelle esigenze edafiche e moderatamente eliofila patendo nelle vallate interne delle gelate tardive; ama terreni abbastanza sciolti, freschi e

ricchi in nutrienti, specialmente in potassio e fosforo. Viene considerato una specie acidoclima, preferendo terreni a reazione subacida ma anche acida; in zone dove l'eccesso di calcio viene continuamente dilavato da forte piovosità può dare buoni accrescimenti e produttività. Si ritrova fra 200÷ 800 m s.l.m. nelle zone alpine, mentre nell'Appennino meridionale può spingersi sino a 1000÷1300 m. La flora dei castagneti denuncia la sua eccessiva densità ed espansione di origine antropica non essendo caratteristica ma ascrivibile ai querceti caducifogli e nelle zone più fresche anche della faggeta e a volte di conifere.



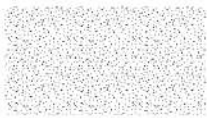
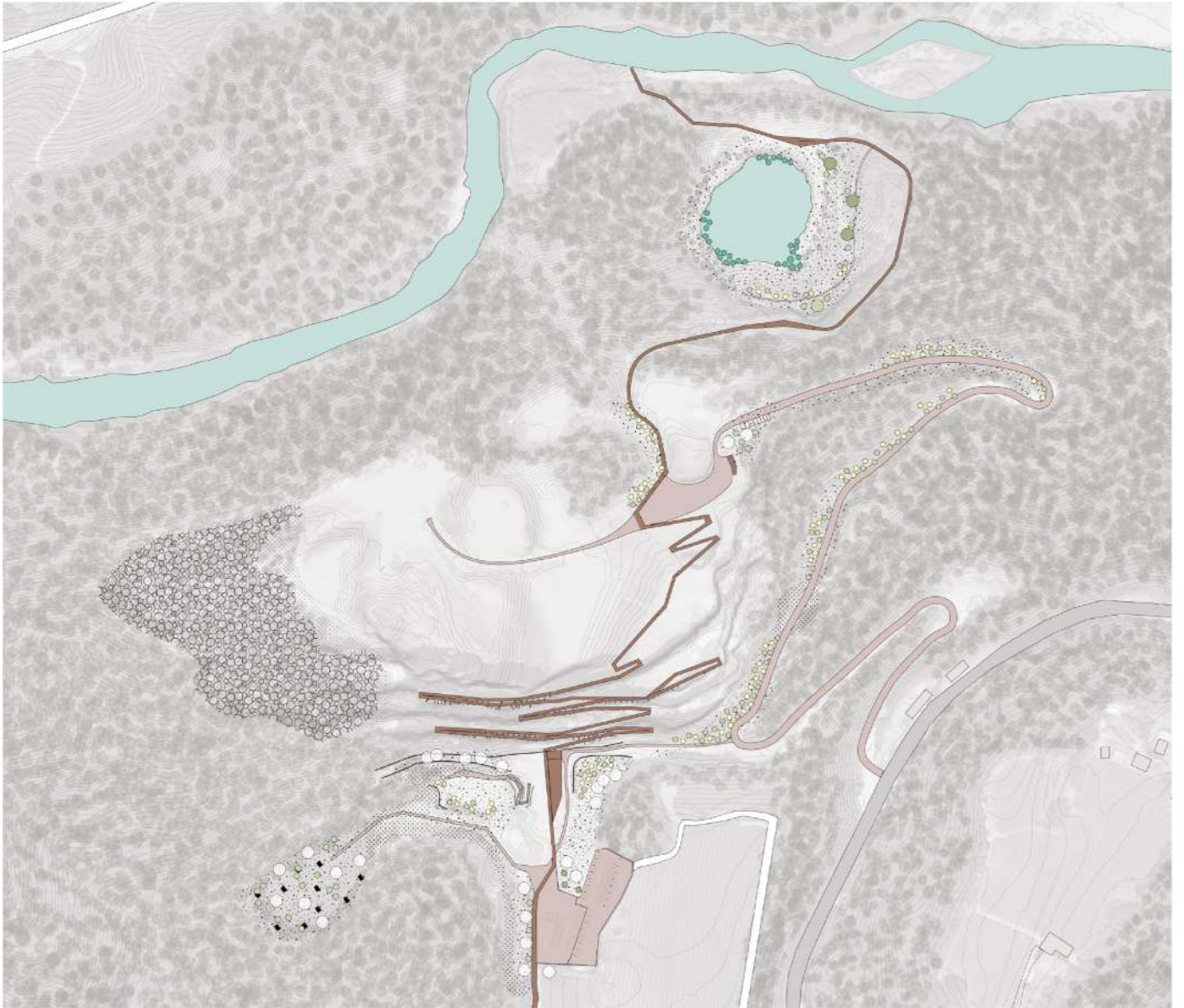
Melo comune, malus sylvestris

Alberello di aspetto per lo più gracile, alto 3-10 m, non molto longevo (fino a circa 80 anni), con fusto ±diritto; rami principali robusti e patenti; rametti inizialmente verdastri, poi bruno-rossicci, induriti all'apice e di regola spinescenti; chioma globosa e densamente fogliosa; corteccia grigio-bruna, piuttosto liscia in gioventù e sfaldantesi in placche a

maturità; gemme disposte a spirale, ovato-arrotondate e smussate, con molte perule rosso-brune. I fiori sono composti da 5 petali subrotondi, solitamente non sovrappoventisi, lunghi 10-15 mm, bianchi (solo nei boccioli, talvolta, rosei esternamente)

Habitat: Specie a largo areale europeo ed anche asiatico occidentale, mesofila e lucivaga; vegeta con individui solitari in boschi di latifoglie sia puri che misti con conifere, preferendo spazi marginali o radure, dove riesce ad espandere la chioma in forma globosa; predilige terreni limosi o sabbiosi ricchi di humus e ben drenati; tollera bene e quasi esige climi rigidi invernali, pur soffrendo grandemente per gelate tardive durante la fioritura. Da 0 a 800 (1400) m.

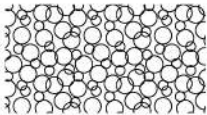
È introdotta un'ultima comunità legata al bosco. Vuole raggruppare le specie presenti nelle tipologie forestali circostanti alla cava per permettere, nelle zone indicate, un'espansione consona del bosco.



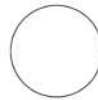
ground layer del
prato



ground layer
del bosco



Layer strutturale del
bosco presente in
espansione



Layer strutturale del
frutteto



Layer stagionale e di
riempimento con fiori

Ecosistema della cava



Pero cervino comune
Amelanchier ovalis



Calcatreppola ameti
Eryngium amethystinum



Ruscolo pungitopo
Ruscus aculeatus



Dittamo
Dictamnus albus



Salvia
Salvia pratensis



Origano comune
Origanum vulgare



Uva spina
Ribes uva crispa



Papavero
Papaver rhoeas



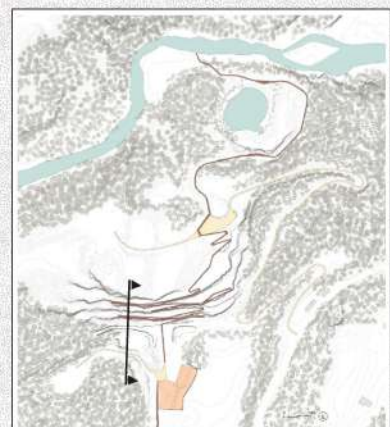
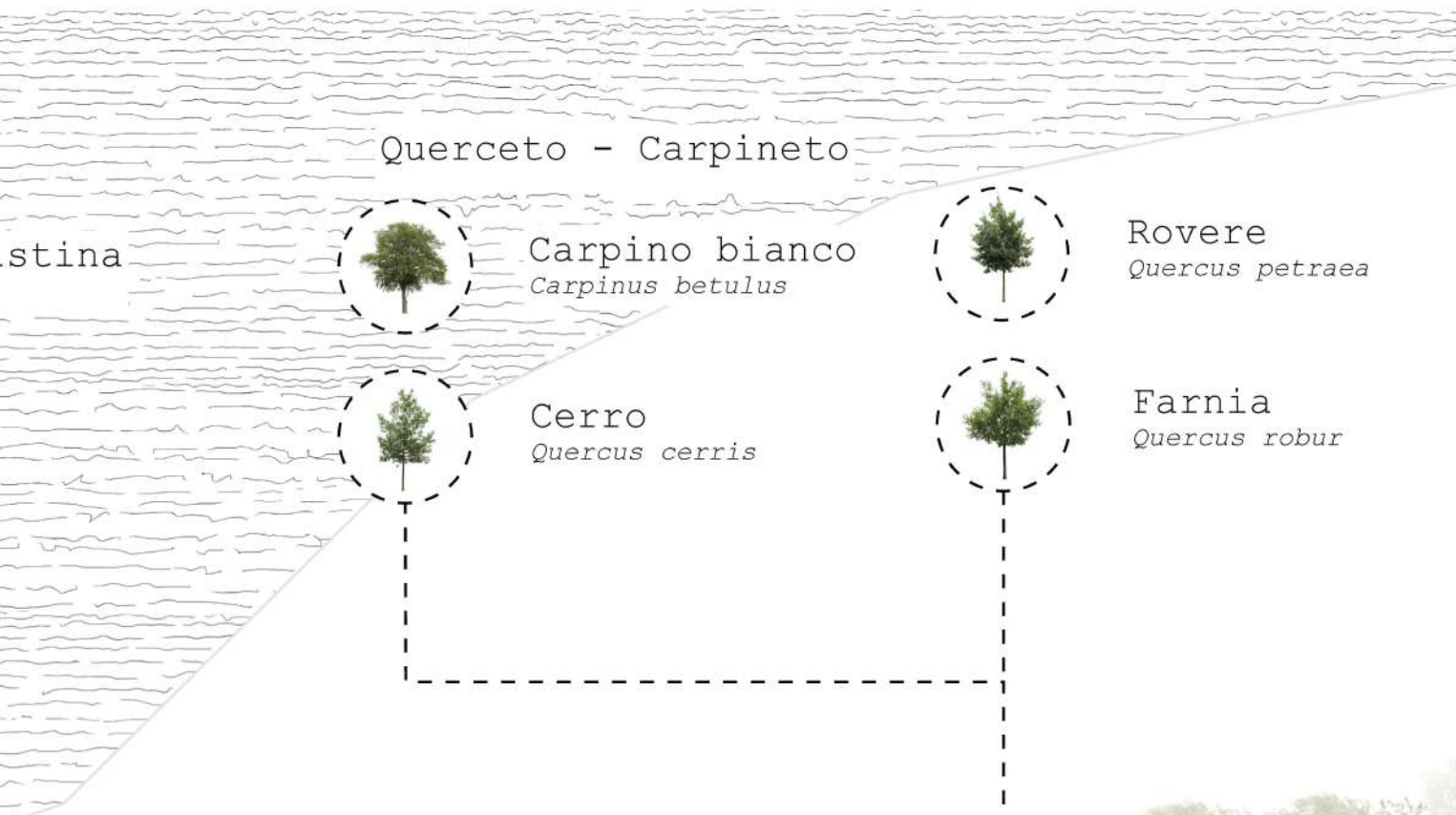
Margherita
Bellis perennis



Mava selvatica
Malva sylvestris



1:200



Querceto - Carpineto

Ecosistema de



Carpino bianco
Carpinus betulus



Cerro
Quercus cerris



Rovere
Quercus petraea



Farnia
Quercus robur



Carice
Carex elata

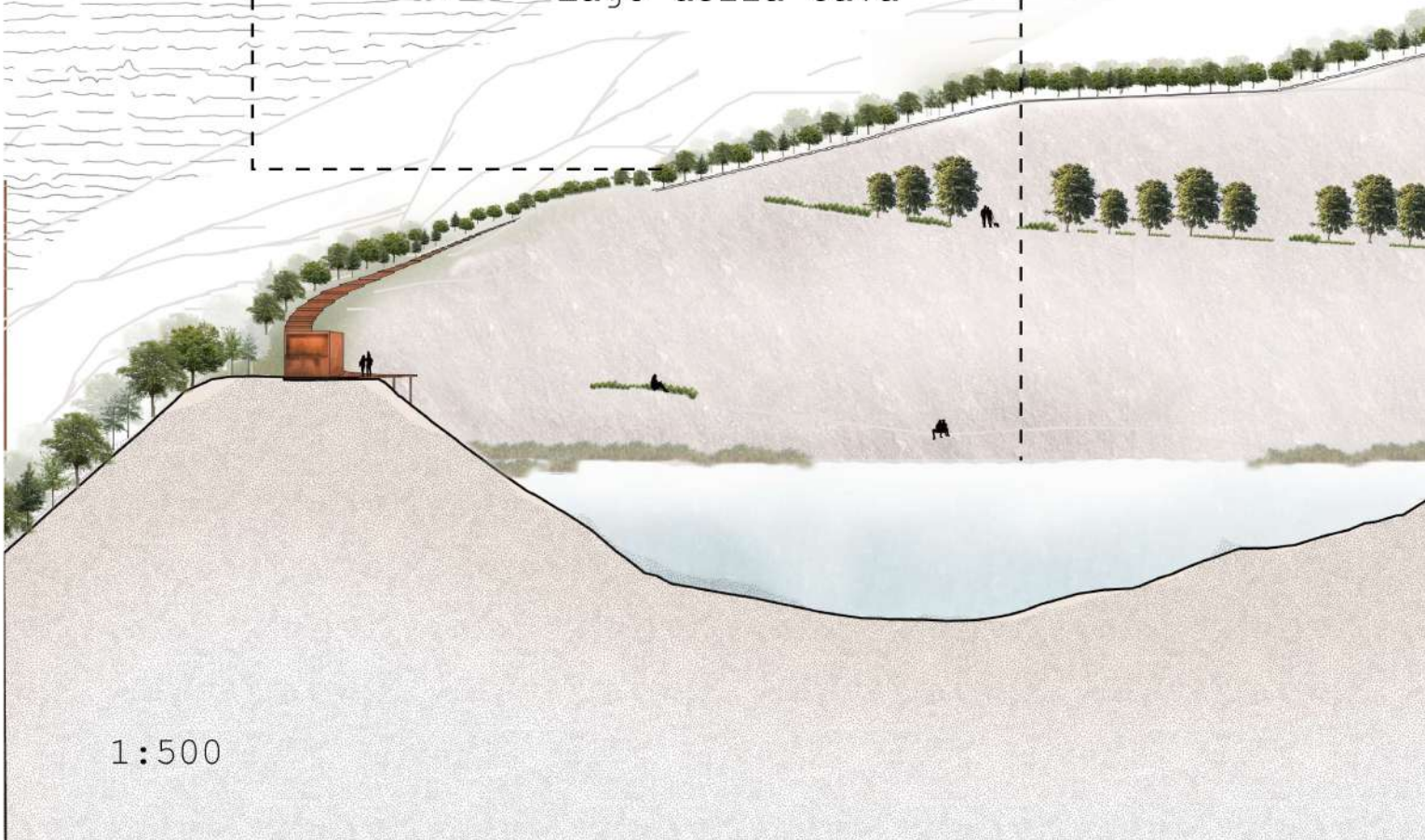


Cannucce di p
Phragmites australis



Ninfea gialla
Nuphar lutea

Lago della Cava



1:500

ella cava



Castagno
Castanea sativa



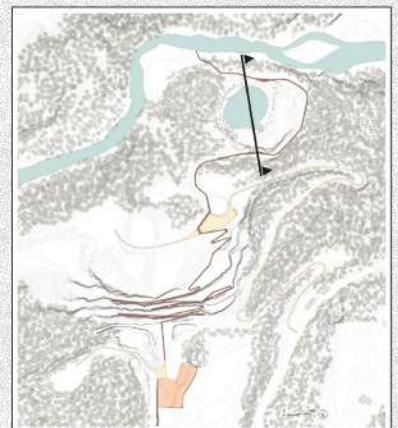
Dittamo
Dictamnus albus



Salvia
Salvia pratensis

palude
is

a



Bosco di Orno - Ostrieto



Orniello
Fraxinus ornus



Carpino Nero
Ostrya carpinifolia



Roverella
Quercus pubescens

Torrente Avisio

1:200

Querceto - Carpineto



Carpino bianco
Carpinus betulus



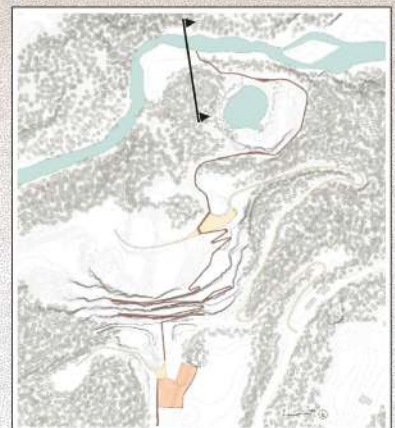
Rovere
Quercus petraea



Cerro
Quercus cerris



Farnia
Quercus robur



8.1 Il processo costruttivo

L'intero complesso della cava di Camparta presenta una metratura di 27 ettari e gli interventi che sono stati studiati e proposti all'interno di questo lavoro toccano le più disparate aree della cava. Questo implica che le lavorazioni necessarie per la realizzazione dell'intero parco debbano essere organizzate sia temporalmente sia sotto un'ottica di apertura e accessibilità agli spazi stessi. Per questo viene indagato come ottenere una fruibilità nel più breve tempo possibile.

In tal senso il fattore tempo e spazio vanno a intrecciarsi tra loro. La selezione delle zone su cui agire è strettamente legata anche alle tempistiche di realizzazione. Si crea così un rapporto bidirezionale tra spazio e tempo, e la mutevolezza di questo luogo ne dipenderà da essi.

Vengono quindi identificate delle zone d'azione:

1. La Sommità della cava
2. Il fronte cava
3. Il fondo cava e il lago

Definiti gli spazi sui cui si vuole agire vengono identificate le azioni di ogni area. Tali fasi sono a loro volta suddivise in azioni di pulizia e sistemazione – fase A – e fasi di costruzione e edificazione degli elementi architettonici – fase B.

Azioni area 1

A - pulizia

Le azioni di pulizia e sistemazione della sommità della cava comprendono i seguenti interventi:

- Demolizione delle baracche in disuso e sistemazione di quelle a valenza commemorativa
- Sistemazione pulizia e messa in sicurezza del percorso ad ovest, il manto stradale rimarrà sterrato
- depavimentazione area lavorazione materiali
- Pulizia e sistemazione del collegamento alla strada

B - edificazione

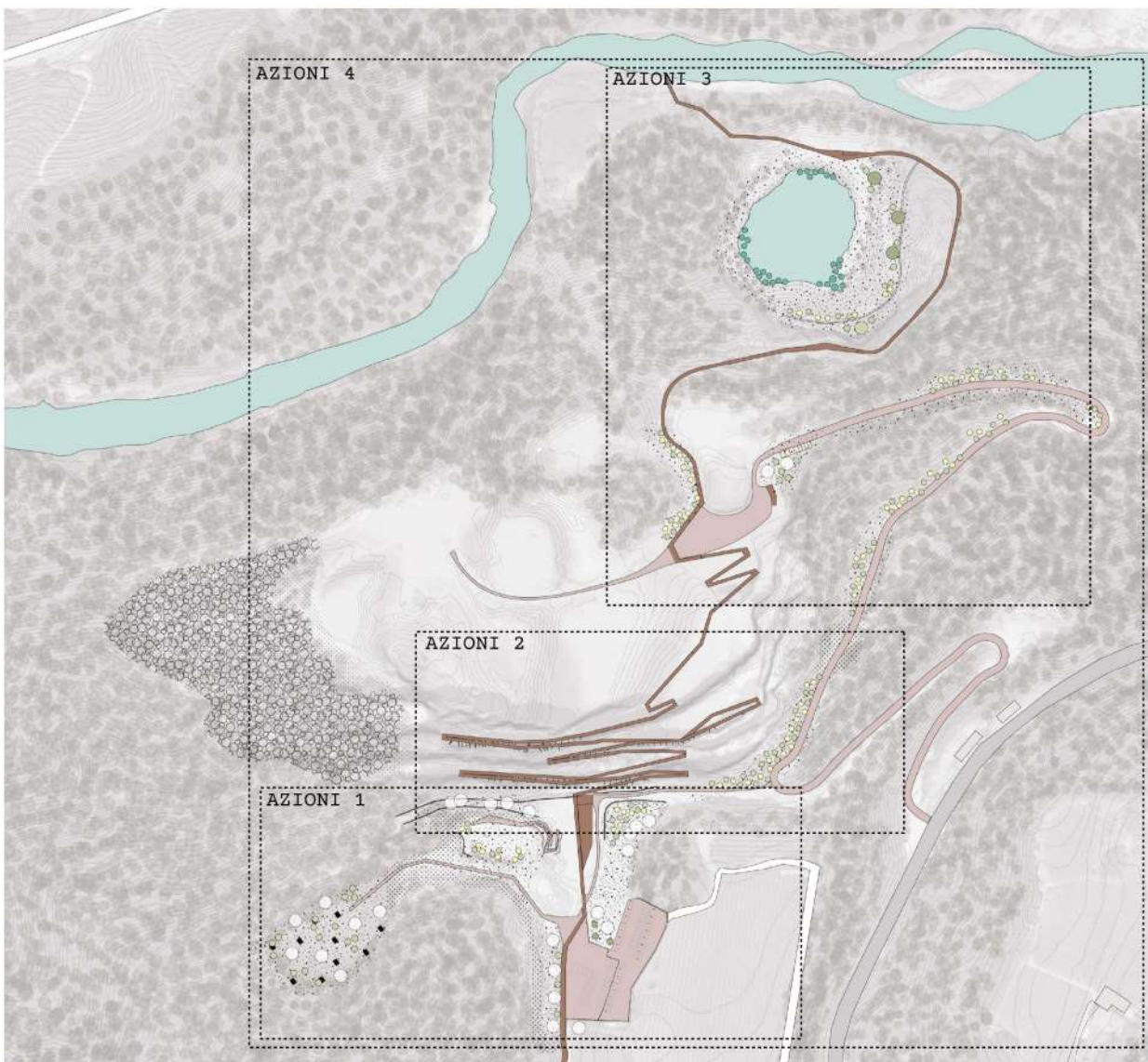
La fase di edificazione si concentra sugli interventi architettonici e paesaggistici

- Costruzione prima parte del percorso principale e del parcheggio
- Edificazione della struttura ricettiva a bar
- Sistemazione e costruzione del playground
- Costruzione della strada per il frutteto

Il primo luogo su cui si andrà ad agire sarà la sommità della cava; in questo spazio, già ora potenzialmente accessibile, le prime azioni che saranno svolte saranno quelle di demolizione delle baracche abbandonate e di sistemazione e messa in sicurezza degli elementi

industriali. È inoltre possibile agire sulla vecchia strada situata ad ovest in modo da sgomberarla da materiali vari e soprattutto sistemare il manto stradale. La pulizia della vegetazione è necessaria sulla sommità della cava, in cresta all'ultimo gradone, e nel sentiero laterale che permette l'accesso ad un punto panoramico sulla cava. La fase di edificazione comprende la costruzione di una prima parte del parcheggio, quindi la posa in opera della pavimentazione in porfido, la costruzione del primo tratto del percorso che dall'accesso della sommità della cava arriva fino al ciglio dell'ultimo gradone. In seguito, verrà edificata la struttura ricettiva dedicata al bar ed ai servizi igienici. L'ultima azione di questa fase prevede la messa in opera degli elementi di decoro del playground.

Conclusa questa prima fase sarà possibile la visita alla cava contingentata alle aree presenti alla sommità di questa. Sarà quindi possibile accedere al bar, godere della vista che si pone di fronte alla cava ed accedere al playground.



Azioni area 2

Il secondo gruppo di azioni risulta essere quello più oneroso in termini di tempistiche, ovvero la costruzione della passerella..

Tale fase è suddivisa in due sottofasi, una preliminare all'altra:

A - analisi ed indagini geotecniche

In primo luogo vanno eseguite tutte le indagini geotecniche delle pareti di porfido. Nel capitolo 6 sono state esplicitate le problematiche legate alla mancanza di dati del terreno e quindi alla fattibilità e sicurezza del fronte cava. Sotto questa ottica sarà quindi necessario intervenire per valutare le caratteristiche del sottosuolo e conseguentemente agire.

Nel migliore dei casi si prevede una stabilità tale per la quale non vi è necessità di interventi geotecnica sia prima della costruzione della passerella sia dopo la sua costruzione - la quale potrebbe comportare delle problematiche di stabilità. Nel peggiore dei casi saranno necessari degli interventi di stabilizzazione del pendio, uno fra i tanti potrebbe essere l'introduzione di tiranti al suolo per impedire un cedimento.

B - costruzione della passerella

La seconda fase consiste nella vera e propria messa in opera della passerella. Nella fase di progettazione sono state considerate le particolarità e difficoltà che insorgono nei cantieri, per questo motivo tutti i giunti sono stati pensati bullonati e gli unici elementi che richiedono saldature possono essere effettuate in officina.

Azioni area 3

Il terzo gruppo di azioni è così impostato:

A - pulizia

- Pulizia fondo cava
- Pulizia sentiero verso lago e fondo cava

B - edificazione

- Costruzione percorso verso lago
- Strade secondarie lago e cava
- Accesso al torrente
- Impermeabilizzazione lago

La seconda a fase del processo realizzativo prevede dapprima la pulizia del fondo cava, la rimozione quindi degli inerti detritici del porfido derivanti dalla produzione e dallo scavo. Si procede quindi alla pulizia della vecchia strada che congiunge la cava principale a quella secondaria: sistemazione e pulizia della strada e la valutazione di interventi legati alla stabilità del suolo a monte della strada. Conclusa la prima parte di pulizia si dà inizio alla costruzione e continuazione del percorso

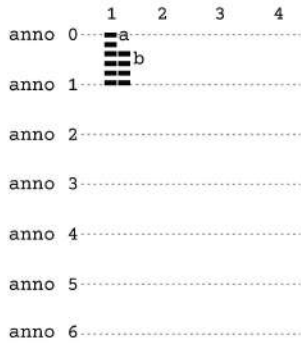
permettendo il collegamento dal fondo cava fino al torrente. In seguito, vengono edificate la struttura di servizio dedicata all'attività sportiva e il chiosco sul lago. Si attua anche la procedura di impermeabilizzazione del fondo lago e, conseguentemente, inizia la raccolta delle acque e i lavori di natura idraulica per la realizzazione di quest'ultimo.

Concluse le operazioni di questa fase l'accessibilità è garantita anche al fondo cava e al lago della cava fino al torrente.

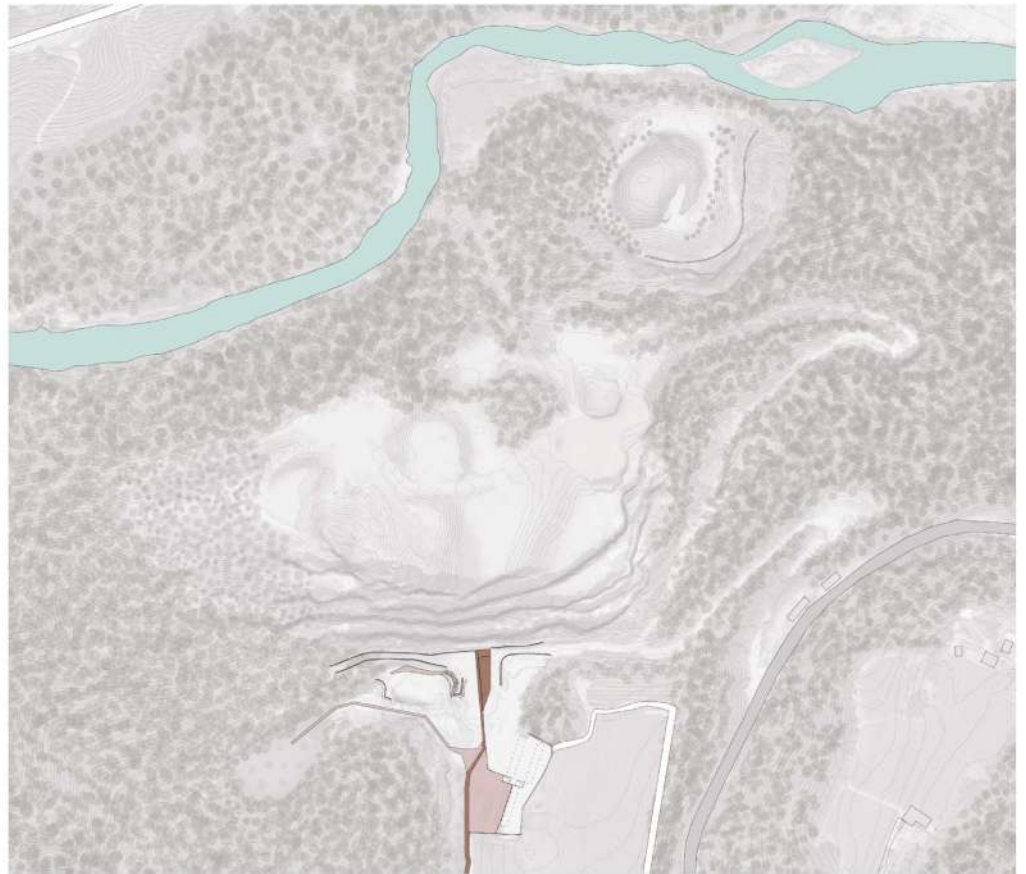
Azioni area 4

L'area quattro comprende l'intero complesso della cava, introducendo le azioni di rinaturalizzazione. Si eseguirà l'inserimento di svariate specie arboree e floreali all'interno del progetto, così come l'attuazione delle strategie legate alla fertilizzazione del suolo e all'incitamento dell'espansione del bosco nelle aree dedicate. Difatti essa toccherà ogni luogo della cava, ma richiederà molti anni per essere realizzata. Per questo la fase quattro si può sovrapporre alla realizzazione delle azioni finali della fase 1 e durante la realizzazione della fase 2. Entrando più nel dettaglio nel mentre si concludono le operazioni di costruzione di playground e struttura ricettiva del bar è possibile iniziare a piantare le specie designate in questa zona, e quindi già avviare il piano di crescita di tali elementi. Successivamente, concluse le azioni di pulizia del fondo cava e del lago, è possibile già iniziare l'introduzione degli elementi naturali in queste zone e contemporaneamente agire sulla proliferazione del bosco.

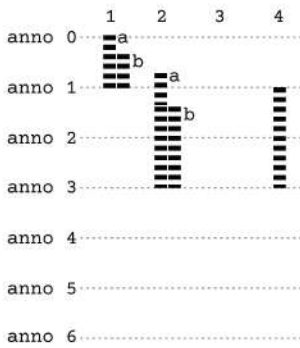
AREE/AZIONI



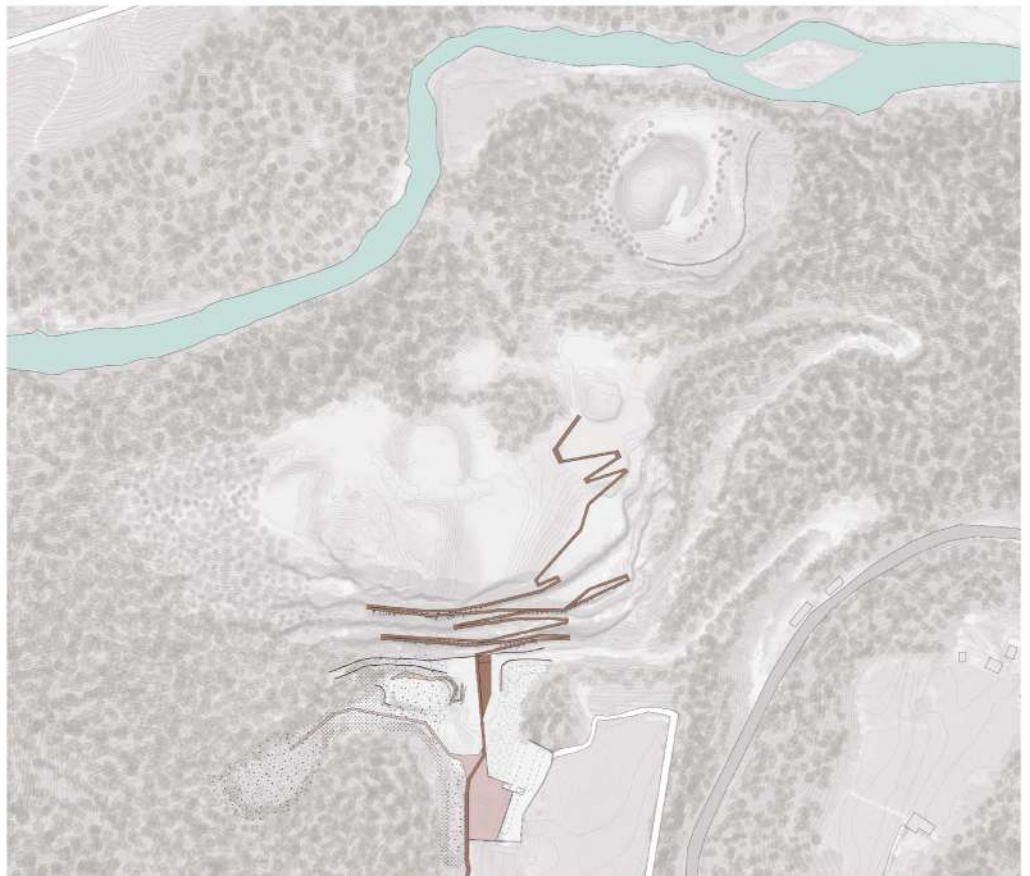
- sommità della cava - **AZIONI 1**
 A. pulizia e messa in sicurezza
 B. costruzione percorso e struttura ricettiva
- fronte cava - **AZIONI 2**
 A. indagini geotecniche
 B. costruzione passerella sospesa
- fondo cava e lago - **AZIONI 3**
 A. pulizia gradoni e strade
 B. costruzione percorsi interni e impermeabilizzazione lago
- AZIONI 4**
 progetto di rinaturalizzazione

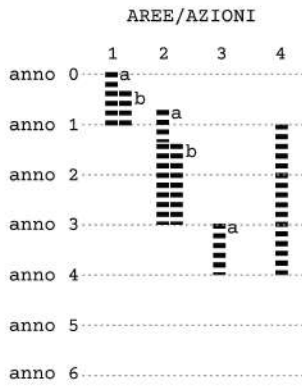


AREE/AZIONI

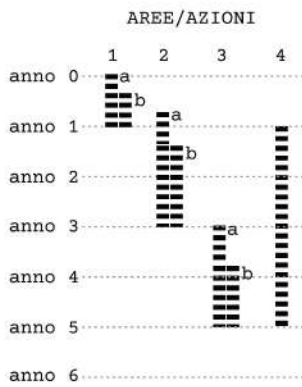
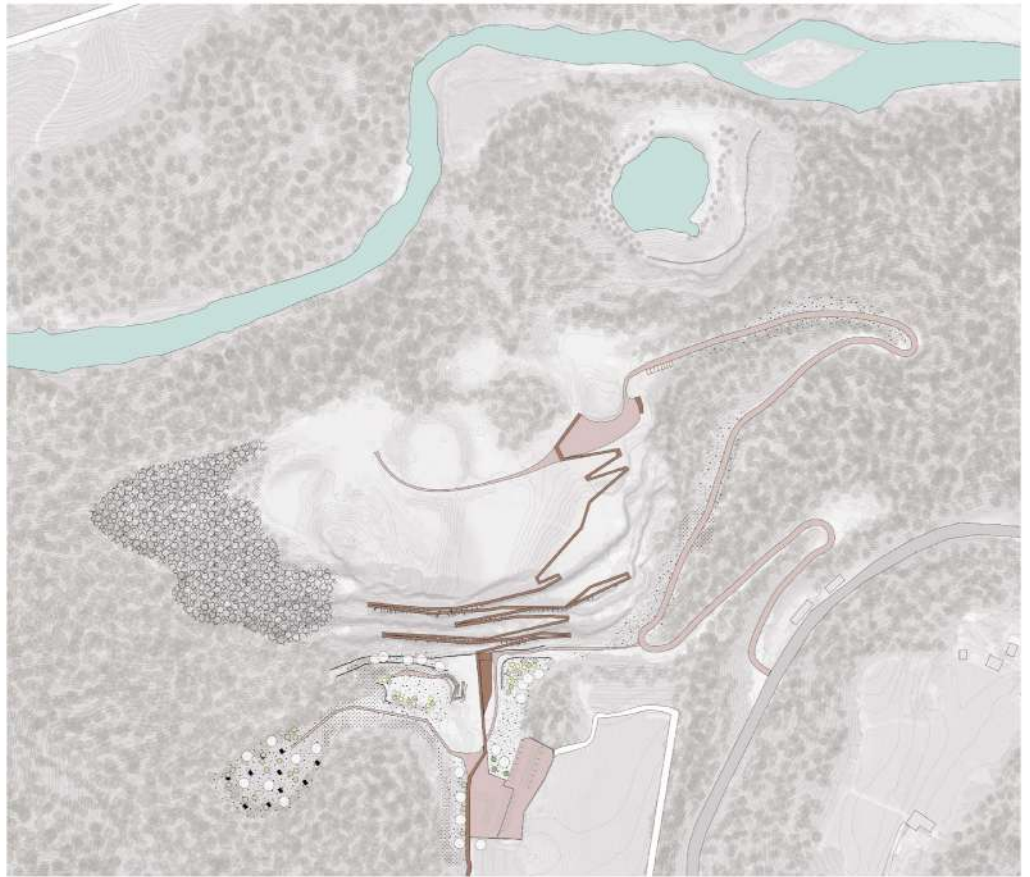


- sommità della cava - **AZIONI 1**
 A. pulizia e messa in sicurezza
 B. costruzione percorso e struttura ricettiva
- fronte cava - **AZIONI 2**
 A. indagini geotecniche
 B. costruzione passerella sospesa
- fondo cava e lago - **AZIONI 3**
 A. pulizia gradoni e strade
 B. costruzione percorsi interni e impermeabilizzazione lago
- AZIONI 4**
 progetto di rinaturalizzazione

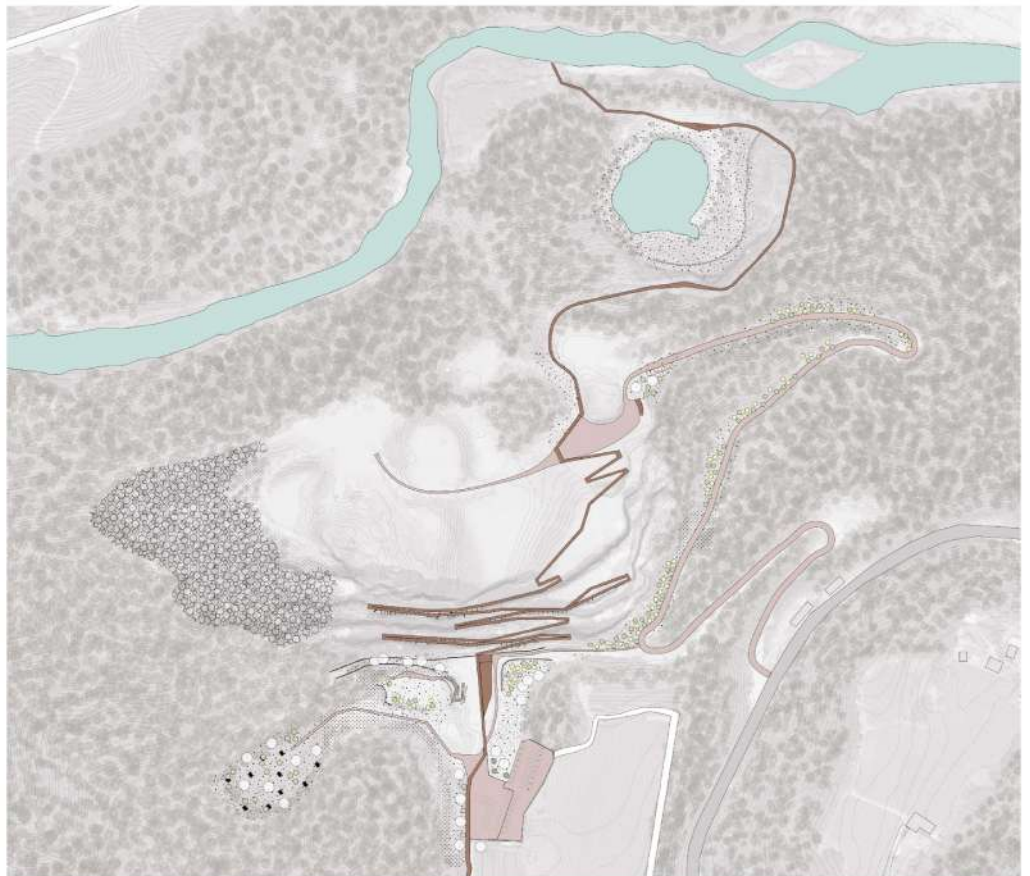


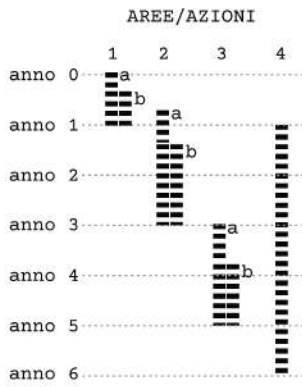


- sommità della cava - **AZIONI 1**
 A. pulizia e messa in sicurezza
 B. costruzione percorso e struttura ricettiva
- fronte cava - **AZIONI 2**
 A. indagini geotecniche
 B. costruzione passerella sospesa
- fondo cava e lago - **AZIONI 3**
 A. pulizia gradoni e strade
 B. costruzione percorsi interni e impermeabilizzazione lago
- AZIONI 4**
 progetto di rinaturalizzazione

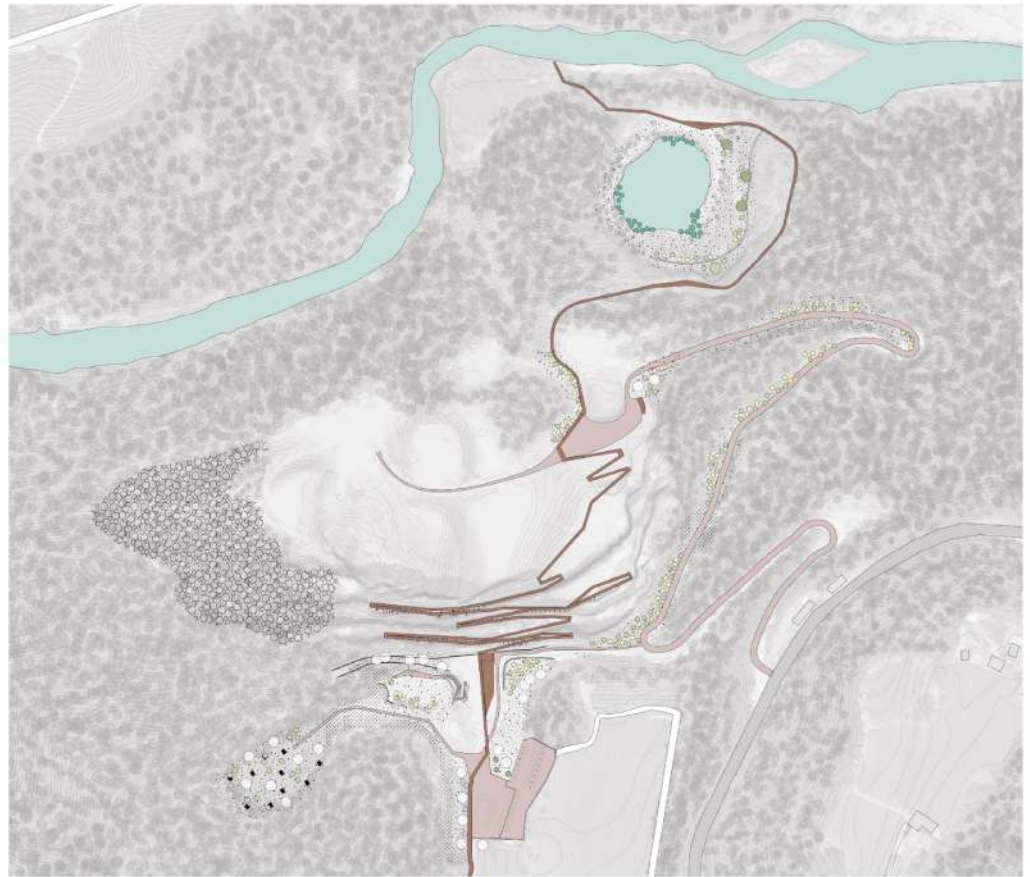


- sommità della cava - **AZIONI 1**
 A. pulizia e messa in sicurezza
 B. costruzione percorso e struttura ricettiva
- fronte cava - **AZIONI 2**
 A. indagini geotecniche
 B. costruzione passerella sospesa
- fondo cava e lago - **AZIONI 3**
 A. pulizia gradoni e strade
 B. costruzione percorsi interni e impermeabilizzazione lago
- AZIONI 4**
 progetto di rinaturalizzazione





- sommità della cava - **AZIONI 1**
 A. pulizia e messa in sicurezza
 B. costruzione percorso e struttura ricettiva
- fronte cava - **AZIONI 2**
 A. indagini geotecniche
 B. costruzione passerella sospesa
- fondo cava e lago - **AZIONI 3**
 A. pulizia gradoni e strade
 B. costruzione percorsi interni e impermeabilizzazione lago
- AZIONI 4**
 progetto di rinaturalizzazione



Conclusioni

Attraverso questo processo si è voluta analizzare sia la dinamica costruttiva dell'intero complesso che la sua vivibilità. La volontà è quella di poter rendere accessibile questo luogo il prima possibile con lo scopo di poter sottolineare la sua evoluzione temporale e le sue caratteristiche dinamiche. L'accessibilità deve in ogni modo andare a pari passo degli elementi prettamente organizzativi del cantiere e garantire la sicurezza di lavoratori e visitatori.

Capitolo 9

Conclusione

Considerazioni finali

“Chi progetta spazi, progetta comportamenti”

M.Murgia

L'intera ricerca, partendo da uno studio territoriale, ha percorso una discesa di scala fino a giungere alla definizione del dettaglio architettonico-ingegneristico. Ciò ha permesso di valutare e comprendere le dinamiche relazionali che il territorio rispecchia su elementi locali. Il progetto si è evoluto e formato sulle necessità della valle. Necessità sia antropiche che ecosistemiche. Il percorso che si genera all'interno della cava di Camparta rappresenta un equilibrio tra natura e uomo. È simbolo di un ecosistema che contempla elementi naturali ed antropici.

Le tematiche e gli obiettivi definiti dal programma comprendono tre elementi principali: l'acqua, l'ecologia e il suolo. Obiettivi che vengono raggiunti tramite le strategie attuative improntate sulla produttività, la naturalità e la fruibilità.

La correlazione di questi elementi ha permesso di generare un nuovo volto della cava, integrando zone interamente dedicate all'attività ricreativa quali le strutture ricettive e le pareti d'arrampicata, aree estremamente naturali dove la presenza del bosco e la morfologia del pendio rende impossibile l'accesso e la fruibilità da parte dell'uomo ed aree di impronta ibrida dove uomo e natura convivono armoniosamente.

Così come in fase di studio è avvenuta una discesa di scala ora si vuole ritornare ad una visione territoriale. Le azioni progettuali si sono concentrate puntualmente sulla cava di Camparta, ma gli obiettivi preposti e le azioni – riadattati in funzione del contesto locale – possono essere proposte per altri complessi di cave. In particolare, per cave che sono tutt'ora attive ed in lavorazione. Luoghi dove è possibile agire in maniera programmatica anche sullo scavo stesso per poter modellare il territorio assecondando le esigenze.

Il complesso delle cave di Albiano ne sono un chiaro esempio; a differenza della cava di Camparta godono di un'esposizione solare adatta all'agricoltura. Il tema della produttività può essere quindi declinato attraverso la conversione di questi luoghi in campi agricoli mettendo in relazione i terrazzamenti delle cave ed i terrazzamenti tipici dei campi trentini. A tal scopo i "crateri" generati dall'attività di scavo sono adattabili a bacino di raccolta e stoccaggio delle acque a scopo produttivo e i terrazzamenti meno esposti convertiti a scopo ricreativo. Questo è solo una delle infinite possibilità che le cave permettono a livello rigenerativo.

L'intero progetto di ricerca mira a ricucire il territorio, con la volontà di rigenerare luoghi post-estrattivi dismessi senza dover dimenticare la storia che ha profondamente segnato un paesaggio. Ricreando ed equilibrando un sistema naturale ed una biodiversità scomparsa con l'attività estrattiva.

In particolare si vuole sottolineare che la rinaturalizzazione è solo una delle strade percorribili e questa non esclude la concomitanza con altre modalità di recupero e rivitalizzazione di questi luoghi.

In conclusione, ciò che emerge maggiormente da questo studio è la necessità di gestione di luoghi post-estrazione. Spazi mutevoli ed in continua evoluzione, i quali riconvertiti possono essere stimolo e provocazione per ricordare che anche piccoli segni progettuali possono innescare cambiamenti su intere popolazioni.

Appendice A

Tabelle di calcolo dei carichi agenti

CARICO PERMANENTE STRUTTURALE G1K

| | Massa [kg/m] | G1k [kN/m] |
|--------|--------------|------------|
| IPE300 | 42,2 | 0,422 |
| IPE330 | 49,1 | 0,491 |
| IPE400 | 66,3 | 0,65 |

| Elementi strutturali | Profilo | Massa [kg/m] | G1k [kN/m] |
|-------------------------|------------|--------------|------------|
| Travi longitudinali | IPE300 | 42,2 | 0,422 |
| Travi per irrigidimento | HEA100 | 16,7 | 0,167 |
| Pilastri | CHS219,1x5 | 13,8 | 0,138 |

CARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE G2K**Lamiera grecata**

| | | |
|-------|-------|-------------------|
| G2k,1 | 0,105 | kN/m ² |
|-------|-------|-------------------|

Pavimentazione in lamiera bugnata antiscivolo in corten

| | | |
|--------------|------|-------------------|
| Peso acciaio | 78,5 | kN/m ³ |
| Spessore | 0,02 | m |
| G2k,2 | 1,57 | KN/m ² |

Parapetto in acciaio corten

| | | |
|---------------------|-------|-------------------|
| Peso acciaio | 78,5 | kN/m ³ |
| Spessore lamiera | 0,01 | m |
| Peso lamiera corten | 0,785 | kN/m |
| Peso Montante | 0,08 | kN |
| Peso corrimano | 0,07 | kN |
| G2k,3 | 0,863 | KN/m |

| | | | |
|--------|-----|-------|------|
| TOTALE | G2k | 5,075 | KN/m |
|--------|-----|-------|------|

*peso del parapetto moltiplicato per due

SOVRACCARICO Q

| | | |
|-----|---|-------------------|
| Qks | 5 | kN/m ² |
|-----|---|-------------------|

| CARICO NEVE | (NTC18) | | |
|-----------------------|---------|-------|-------------------|
| valore di riferimento | qk | 1,926 | KN/m ² |
| quota | as | 452 | m |
| coeff. Forma | μ | 0,8 | - |
| coeff. Di esposizione | Ce | 1 | - |
| coeff. Termico | Ct | 1 | - |
| carico neve | qs | 1,54 | KN/m ² |

CARICO VENTO (circolare applicativa 2019)

| | | | | |
|-------------------------|------------|------------|------|---------|
| Velocità di riferimento | v_r | 25,0183445 | m/s | *zona 1 |
| | α_R | 1,0 | - | |
| | v_b | 25 | m/s | |
| | T_r | 50 | anni | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|-------------------|
| Pressione cinetica di riferimento | q_R | 391,20 | N/m ² |
| | ρ | 1,25 | kg/m ³ |

| | | | | |
|-----------------------------|-----------|------|---|----------------|
| Coefficiente di Esposizione | $C_e(z)$ | 3,76 | - | *Categoria III |
| | K_r | 0,2 | - | |
| | z_0 | 0,1 | m | |
| | z_{min} | 5 | m | |
| | z | 90 | m | |
| | c_t | 1 | | |

rugosità C: ostacoli diffusi

Coefficiente di Pressione secondo CNR

| Capitolo G5 MURI E PARAPETTI | | Capitolo G6.1 TETTOIE FALDA SINGOLA | |
|------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| ϕ | 1 | ϕ | 0 |
| l/h | 0,91 | $C_f +$ | 0,2 |
| Area | D | $C_f -$ | -1,4 |
| C_p | 1,2 | L^2 | 1 |

| | | | | |
|---------------------|-------------------------|-----------|-----------|-------------------|
| Pressione del vento | sopravento su parapetto | $Q_{w,h}$ | 1,76301 | kN/m ² |
| | sollevamento passerella | $Q_{w,v}$ | 0,293835 | kN/m ² |
| | | $Q_{w,v}$ | -2,056844 | kN/m ² |

Appendice B

Estratti dell'analisi modale (RFEM)

| Mode No. | Eigenvalue λ [1/s ²] | Angular Frequency ω [rad/s] | Natural Frequency f [Hz] | Natural Period T [s] |
|----------|--|------------------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | 520,597 | 22,817 | 3,631 | 0,2754 |
| 2 | 587,955 | 24,248 | 3,859 | 0,2591 |
| 3 | 629,034 | 25,081 | 3,992 | 0,2505 |
| 4 | 679,385 | 26,065 | 4,148 | 0,2411 |
| 5 | 857,766 | 29,288 | 4,661 | 0,2145 |
| 6 | 865,970 | 29,427 | 4,684 | 0,2135 |
| 7 | 1058,943 | 32,541 | 5,179 | 0,1931 |
| 8 | 1179,954 | 34,350 | 5,467 | 0,1829 |
| 9 | 1299,515 | 36,049 | 5,737 | 0,1743 |
| 10 | 1862,489 | 43,157 | 6,869 | 0,1456 |
| 11 | 2306,901 | 48,030 | 7,644 | 0,1308 |
| 12 | 2533,201 | 50,331 | 8,010 | 0,1248 |
| 13 | 2675,275 | 51,723 | 8,232 | 0,1215 |
| 14 | 3303,465 | 57,476 | 9,148 | 0,1093 |
| 15 | 3882,190 | 62,307 | 9,917 | 0,1008 |
| 16 | 4281,035 | 65,430 | 10,413 | 0,0960 |
| 17 | 4688,243 | 68,471 | 10,897 | 0,0918 |
| 18 | 6201,404 | 78,749 | 12,533 | 0,0798 |
| 19 | 6979,870 | 83,546 | 13,297 | 0,0752 |
| 20 | 7132,903 | 84,457 | 13,442 | 0,0744 |
| 21 | 7420,311 | 86,141 | 13,710 | 0,0729 |
| 22 | 7669,410 | 87,575 | 13,938 | 0,0717 |
| 23 | 8058,968 | 89,772 | 14,288 | 0,0700 |
| 24 | 8121,598 | 90,120 | 14,343 | 0,0697 |
| 25 | 8178,771 | 90,437 | 14,393 | 0,0695 |
| 26 | 8407,400 | 91,692 | 14,593 | 0,0685 |
| 27 | 8434,018 | 91,837 | 14,616 | 0,0684 |
| 28 | 8632,172 | 92,909 | 14,787 | 0,0676 |
| 29 | 8840,518 | 94,024 | 14,964 | 0,0668 |
| 30 | 8929,699 | 94,497 | 15,040 | 0,0665 |
| 31 | 9106,051 | 95,426 | 15,187 | 0,0658 |
| 32 | 9212,748 | 95,983 | 15,276 | 0,0655 |
| 33 | 9390,781 | 96,906 | 15,423 | 0,0648 |
| 34 | 9577,866 | 97,867 | 15,576 | 0,0642 |
| 35 | 9600,224 | 97,981 | 15,594 | 0,0641 |
| 36 | 9655,925 | 98,265 | 15,639 | 0,0639 |
| 37 | 9733,173 | 98,657 | 15,702 | 0,0637 |
| 38 | 9765,543 | 98,821 | 15,728 | 0,0636 |
| 39 | 9791,518 | 98,952 | 15,749 | 0,0635 |
| 40 | 9876,026 | 99,378 | 15,817 | 0,0632 |
| 41 | 10153,083 | 100,763 | 16,037 | 0,0624 |
| 42 | 10375,158 | 101,859 | 16,211 | 0,0617 |
| 43 | 10464,250 | 102,295 | 16,281 | 0,0614 |
| 44 | 10577,387 | 102,846 | 16,369 | 0,0611 |
| 45 | 10677,502 | 103,332 | 16,446 | 0,0608 |
| 46 | 10834,962 | 104,091 | 16,567 | 0,0604 |
| 47 | 11148,823 | 105,588 | 16,805 | 0,0595 |
| 48 | 11577,115 | 107,597 | 17,125 | 0,0584 |

| | | | | |
|----|-----------|---------|--------|--------|
| 49 | 11654,437 | 107,956 | 17,182 | 0,0582 |
| 50 | 12005,056 | 109,568 | 17,438 | 0,0573 |
| 51 | 12152,525 | 110,238 | 17,545 | 0,0570 |
| 52 | 12502,767 | 111,816 | 17,796 | 0,0562 |
| 53 | 12556,534 | 112,056 | 17,834 | 0,0561 |
| 54 | 12792,253 | 113,103 | 18,001 | 0,0556 |
| 55 | 12982,130 | 113,939 | 18,134 | 0,0551 |
| 56 | 13248,102 | 115,100 | 18,319 | 0,0546 |
| 57 | 13984,614 | 118,257 | 18,821 | 0,0531 |
| 58 | 14371,967 | 119,883 | 19,080 | 0,0524 |
| 59 | 14742,933 | 121,420 | 19,325 | 0,0517 |
| 60 | 14956,986 | 122,299 | 19,464 | 0,0514 |
| 61 | 15661,906 | 125,148 | 19,918 | 0,0502 |
| 62 | 16761,363 | 129,466 | 20,605 | 0,0485 |
| 63 | 17106,819 | 130,793 | 20,816 | 0,0480 |
| 64 | 17286,680 | 131,479 | 20,926 | 0,0478 |
| 65 | 17575,620 | 132,573 | 21,100 | 0,0474 |
| 66 | 18138,331 | 134,679 | 21,435 | 0,0467 |
| 67 | 18708,356 | 136,778 | 21,769 | 0,0459 |
| 68 | 20565,526 | 143,407 | 22,824 | 0,0438 |
| 69 | 21694,271 | 147,290 | 23,442 | 0,0427 |
| 70 | 22220,995 | 149,067 | 23,725 | 0,0422 |
| 71 | 22792,900 | 150,973 | 24,028 | 0,0416 |
| 72 | 22983,735 | 151,604 | 24,129 | 0,0414 |
| 73 | 23468,739 | 153,195 | 24,382 | 0,0410 |
| 74 | 24015,931 | 154,971 | 24,664 | 0,0405 |
| 75 | 25096,418 | 158,418 | 25,213 | 0,0397 |
| 76 | 25556,952 | 159,865 | 25,443 | 0,0393 |
| 77 | 26175,073 | 161,787 | 25,749 | 0,0388 |
| 78 | 27688,163 | 166,398 | 26,483 | 0,0378 |
| 79 | 27883,143 | 166,982 | 26,576 | 0,0376 |
| 80 | 28010,092 | 167,362 | 26,637 | 0,0375 |
| 81 | 28073,134 | 167,550 | 26,666 | 0,0375 |
| 82 | 28364,523 | 168,418 | 26,805 | 0,0373 |
| 83 | 28590,970 | 169,089 | 26,911 | 0,0372 |
| 84 | 28959,954 | 170,176 | 27,084 | 0,0369 |
| 85 | 29159,589 | 170,762 | 27,178 | 0,0368 |
| 86 | 29241,133 | 171,000 | 27,216 | 0,0367 |
| 87 | 29357,468 | 171,340 | 27,270 | 0,0367 |
| 88 | 29408,899 | 171,490 | 27,294 | 0,0366 |
| 89 | 29457,870 | 171,633 | 27,316 | 0,0366 |
| 90 | 29486,839 | 171,717 | 27,330 | 0,0366 |
| 91 | 29543,778 | 171,883 | 27,356 | 0,0366 |
| 92 | 29562,781 | 171,938 | 27,365 | 0,0365 |
| 93 | 29645,610 | 172,179 | 27,403 | 0,0365 |
| 94 | 30043,138 | 173,330 | 27,586 | 0,0362 |
| 95 | 30453,202 | 174,508 | 27,774 | 0,0360 |
| 96 | 30482,523 | 174,592 | 27,787 | 0,0360 |
| 97 | 30589,355 | 174,898 | 27,836 | 0,0359 |
| 98 | 30741,832 | 175,333 | 27,905 | 0,0358 |

| | | | | |
|-----|-----------|---------|--------|--------|
| 99 | 31218,125 | 176,687 | 28,121 | 0,0356 |
| 100 | 31683,719 | 177,999 | 28,329 | 0,0353 |
| 101 | 33135,738 | 182,032 | 28,971 | 0,0345 |
| 102 | 33399,910 | 182,756 | 29,087 | 0,0344 |
| 103 | 36721,706 | 191,629 | 30,499 | 0,0328 |
| 104 | 37003,880 | 192,364 | 30,616 | 0,0327 |
| 105 | 37281,337 | 193,084 | 30,730 | 0,0325 |
| 106 | 37634,367 | 193,996 | 30,875 | 0,0324 |

| Mode No. | Modal Mass Mi [kg] | Effective Modal Mass - Translational Direction [kg] | | | Factor for Effective Modal Mass - Translational Direction [--] | | |
|----------|-----------------------|--|---------|---------|---|-------|-------|
| | | meX | meY | meZ | fmeX | fmeY | fmeZ |
| 1 | 8631,6 | 7,0 | 18,9 | 23,5 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 11147,8 | 13,8 | 53,4 | 2194,8 | 0,000 | 0,001 | 0,022 |
| 3 | 6198,4 | 27,0 | 341,1 | 2699,7 | 0,000 | 0,003 | 0,028 |
| 4 | 5367,2 | 386,8 | 2270,6 | 13112,8 | 0,004 | 0,023 | 0,134 |
| 5 | 9660,8 | 260,3 | 1584,7 | 1732,7 | 0,003 | 0,016 | 0,018 |
| 6 | 2922,4 | 74,9 | 3763,7 | 0,4 | 0,001 | 0,038 | 0,000 |
| 7 | 11653,1 | 241,5 | 8549,8 | 16285,9 | 0,002 | 0,087 | 0,166 |
| 8 | 8603,6 | 465,8 | 227,2 | 18003,0 | 0,005 | 0,002 | 0,183 |
| 9 | 5998,4 | 360,4 | 962,1 | 4706,2 | 0,004 | 0,010 | 0,048 |
| 10 | 4835,6 | 4068,6 | 1105,1 | 5,0 | 0,041 | 0,011 | 0,000 |
| 11 | 38819,0 | 56495,9 | 1945,4 | 1332,4 | 0,576 | 0,020 | 0,014 |
| 12 | 16102,4 | 15668,9 | 13,5 | 548,4 | 0,160 | 0,000 | 0,006 |
| 13 | 20003,6 | 366,4 | 30013,9 | 181,9 | 0,004 | 0,306 | 0,002 |
| 14 | 22150,1 | 161,5 | 0,1 | 3760,2 | 0,002 | 0,000 | 0,038 |
| 15 | 5533,7 | 163,9 | 11675,2 | 3775,1 | 0,002 | 0,119 | 0,038 |
| 16 | 9761,9 | 4832,8 | 239,4 | 183,2 | 0,049 | 0,002 | 0,002 |
| 17 | 9096,2 | 1881,4 | 4099,9 | 141,8 | 0,019 | 0,042 | 0,001 |
| 18 | 10611,3 | 0,8 | 415,0 | 1,6 | 0,000 | 0,004 | 0,000 |
| 19 | 6548,1 | 87,3 | 593,2 | 1152,8 | 0,001 | 0,006 | 0,012 |
| 20 | 3549,4 | 9,0 | 848,8 | 765,1 | 0,000 | 0,009 | 0,008 |
| 21 | 7142,4 | 638,6 | 60,2 | 1558,2 | 0,007 | 0,001 | 0,016 |
| 22 | 10393,3 | 232,4 | 693,9 | 255,0 | 0,002 | 0,007 | 0,003 |
| 23 | 1426,2 | 4,8 | 4873,3 | 407,1 | 0,000 | 0,050 | 0,004 |
| 24 | 60,9 | 3,6 | 236,2 | 19,0 | 0,000 | 0,002 | 0,000 |
| 25 | 126,8 | 672,4 | 252,5 | 0,5 | 0,007 | 0,003 | 0,000 |
| 26 | 421,7 | 2454,9 | 2,1 | 57,7 | 0,025 | 0,000 | 0,001 |
| 27 | 148,3 | 38,3 | 330,8 | 109,9 | 0,000 | 0,003 | 0,001 |
| 28 | 44,0 | 29,9 | 11,5 | 24,6 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 29 | 44,0 | 147,6 | 3,8 | 76,0 | 0,002 | 0,000 | 0,001 |
| 30 | 58,3 | 21,7 | 64,5 | 1,0 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |
| 31 | 1755,2 | 488,5 | 2133,0 | 61,9 | 0,005 | 0,022 | 0,001 |
| 32 | 67,8 | 101,1 | 588,8 | 60,5 | 0,001 | 0,006 | 0,001 |
| 33 | 355,0 | 623,4 | 1620,5 | 4,0 | 0,006 | 0,017 | 0,000 |
| 34 | 597,1 | 51,5 | 44,6 | 36,9 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 35 | 44,5 | 1,1 | 68,2 | 3,8 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |
| 36 | 12060,7 | 31,0 | 28,0 | 2,7 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37 | 12769,0 | 4,6 | 6,7 | 13,3 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 38 | 5690,6 | 0,2 | 56,5 | 33,7 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |
| 39 | 7498,9 | 9,1 | 90,8 | 0,8 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |
| 40 | 43,7 | 1,0 | 8,8 | 23,0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 41 | 1312,5 | 268,7 | 0,4 | 18,1 | 0,003 | 0,000 | 0,000 |
| 42 | 4750,5 | 0,0 | 133,0 | 0,1 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |
| 43 | 5241,0 | 2,7 | 14,3 | 15,4 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 44 | 9452,2 | 418,3 | 200,6 | 16,7 | 0,004 | 0,002 | 0,000 |
| 45 | 12452,6 | 328,5 | 102,9 | 26,3 | 0,003 | 0,001 | 0,000 |
| 46 | 15799,9 | 1117,3 | 3014,8 | 381,6 | 0,011 | 0,031 | 0,004 |

| | | | | | | | |
|----|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 47 | 5741,7 | 1463,0 | 967,8 | 1731,2 | 0,015 | 0,010 | 0,018 |
| 48 | 10439,8 | 24,9 | 78,4 | 47,0 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |
| 49 | 7150,3 | 148,9 | 40,0 | 262,1 | 0,002 | 0,000 | 0,003 |
| 50 | 8243,5 | 53,6 | 6,5 | 31,4 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 51 | 10156,0 | 0,5 | 20,3 | 4,6 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 52 | 16723,8 | 12,1 | 25,2 | 0,5 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 53 | 39653,0 | 0,2 | 61,5 | 10,8 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |
| 54 | 9518,0 | 2,3 | 19,4 | 107,5 | 0,000 | 0,000 | 0,001 |
| 55 | 9050,5 | 9,5 | 38,6 | 3,2 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 56 | 7341,0 | 86,1 | 44,0 | 2,1 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 57 | 6999,0 | 64,0 | 194,4 | 216,7 | 0,001 | 0,002 | 0,002 |
| 58 | 7307,7 | 110,6 | 75,8 | 168,7 | 0,001 | 0,001 | 0,002 |
| 59 | 9573,9 | 60,2 | 16,5 | 14,2 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 60 | 8628,5 | 17,5 | 1,9 | 5,1 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 61 | 4017,7 | 5,5 | 24,7 | 24,6 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 62 | 7013,0 | 1,9 | 32,7 | 175,6 | 0,000 | 0,000 | 0,002 |
| 63 | 22749,1 | 13,1 | 1,9 | 0,2 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 64 | 1611,5 | 143,1 | 232,8 | 1942,2 | 0,001 | 0,002 | 0,020 |
| 65 | 4316,8 | 26,3 | 1937,5 | 12,7 | 0,000 | 0,020 | 0,000 |
| 66 | 8333,7 | 53,2 | 113,2 | 2,1 | 0,001 | 0,001 | 0,000 |
| 67 | 9393,7 | 27,3 | 80,7 | 16,2 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |
| 68 | 7325,5 | 1,7 | 60,8 | 174,5 | 0,000 | 0,001 | 0,002 |
| 69 | 26,8 | 18,2 | 190,9 | 226,0 | 0,000 | 0,002 | 0,002 |
| 70 | 411,9 | 94,9 | 1907,5 | 1702,8 | 0,001 | 0,019 | 0,017 |
| 71 | 34,4 | 9,5 | 0,6 | 0,7 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 72 | 1348,6 | 12,6 | 105,6 | 14,1 | 0,000 | 0,001 | 0,000 |
| 73 | 665,4 | 1,0 | 181,6 | 4,8 | 0,000 | 0,002 | 0,000 |
| 74 | 38,0 | 2,4 | 67,3 | 130,6 | 0,000 | 0,001 | 0,001 |
| 75 | 578,2 | 10,9 | 0,0 | 19,8 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 76 | 1511,3 | 3,7 | 329,8 | 167,5 | 0,000 | 0,003 | 0,002 |
| 77 | 1089,5 | 0,7 | 1031,1 | 2209,3 | 0,000 | 0,011 | 0,023 |
| 78 | 142,7 | 92,8 | 2,8 | 35,5 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 79 | 63,7 | 57,7 | 555,9 | 804,2 | 0,001 | 0,006 | 0,008 |
| 80 | 27,4 | 5,9 | 47,3 | 57,6 | 0,000 | 0,000 | 0,001 |
| 81 | 24,6 | 0,1 | 10,7 | 12,4 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 82 | 77,6 | 148,0 | 295,4 | 567,8 | 0,002 | 0,003 | 0,006 |
| 83 | 31,3 | 35,5 | 138,3 | 244,6 | 0,000 | 0,001 | 0,002 |
| 84 | 30,9 | 0,2 | 87,0 | 218,1 | 0,000 | 0,001 | 0,002 |
| 85 | 203,7 | 96,3 | 11,2 | 62,7 | 0,001 | 0,000 | 0,001 |
| 86 | 27,5 | 12,8 | 4,3 | 6,4 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 87 | 46,9 | 0,9 | 0,4 | 1,4 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 88 | 53,2 | 0,0 | 9,8 | 12,3 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 89 | 51,0 | 6,2 | 26,9 | 45,1 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 90 | 32,1 | 0,3 | 0,0 | 1,0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 91 | 54,7 | 6,9 | 31,0 | 48,5 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 92 | 37,7 | 0,0 | 0,3 | 3,0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 93 | 88,1 | 24,1 | 87,1 | 170,5 | 0,000 | 0,001 | 0,002 |
| 94 | 125,2 | 75,3 | 0,5 | 0,4 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 95 | 37,9 | 0,0 | 1,0 | 2,5 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 96 | 74,6 | 13,2 | 12,1 | 1,2 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

| | | | | | | | |
|-----|----------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|
| 97 | 51,9 | 3,0 | 5,0 | 12,0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 98 | 81,9 | 225,2 | 36,8 | 0,6 | 0,002 | 0,000 | 0,000 |
| 99 | 8303,6 | 7,7 | 122,8 | 395,2 | 0,000 | 0,001 | 0,004 |
| 100 | 3092,1 | 22,2 | 76,7 | 251,4 | 0,000 | 0,001 | 0,003 |
| 101 | 10447,1 | 128,5 | 196,6 | 9,2 | 0,001 | 0,002 | 0,000 |
| 102 | 7378,6 | 34,5 | 57,1 | 177,3 | 0,000 | 0,001 | 0,002 |
| 103 | 11339,0 | 16,7 | 81,5 | 358,5 | 0,000 | 0,001 | 0,004 |
| 104 | 7030,2 | 5,7 | 1,5 | 42,1 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 105 | 12124,2 | 1,4 | 1,1 | 961,8 | 0,000 | 0,000 | 0,010 |
| 106 | 6793,8 | 45,7 | 10,5 | 685,9 | 0,000 | 0,000 | 0,007 |
| Σ | 621817,3 | 96811,3 | 93162,5 | 88431,9 | 0,986 | 0,949 | 0,901 |
| ΣM | | 98159,7 | 98159,7 | 98159,7 | | | |
| % | | 98,63 | 94,91 | 90,09 | | | |

Appendice C

Tabelle di calcolo dei nodi

Calcolo giunto di continuità della trave a cerniera

Caratteristiche meccaniche delle viti

| Denominazione | 4,6 | 5,6 | 5,8 | 6,8 | 8,8 | 10 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| ft,b | 400 | 500 | 500 | 600 | 800 | 1000 |
| fy,b | 240 | 300 | 400 | 480 | 640 | 900 |

Valori delle grandezze geometriche per viti a passo grosso

| d | p | Ares | A | Are/A |
|----|------|------|------|-------|
| 8 | 1,25 | 38,6 | 50,3 | 0,77 |
| 10 | 1,5 | 58 | 78,5 | 0,74 |
| 12 | 1,75 | 84,3 | 113 | 0,75 |
| 14 | 2 | 115 | 154 | 0,75 |
| 16 | 2 | 157 | 201 | 0,78 |
| 18 | 2,5 | 192 | 254 | 0,76 |
| 20 | 2,5 | 245 | 314 | 0,78 |
| 22 | 2,5 | 303 | 380 | 0,80 |
| 24 | 3 | 353 | 452 | 0,78 |
| 27 | 3 | 459 | 573 | 0,80 |
| 30 | 3,5 | 581 | 707 | 0,82 |

Progetto

| | | | |
|----------------------------|--------|-----|-------|
| diametro vite | d vite | 16 | mm |
| diametro del foro per fori | d0 | 17 | mm |
| classe bullone | 4,6 | | |
| tensione ultima bullone | fub | 400 | N/mm2 |
| area resistente | Ares | 157 | mm2 |
| area bullone | As | 201 | mm2 |
| spessore lamiera | t | 5 | mm |
| acciaio s235 | fu | 360 | N/mm2 |

| | | |
|------------|----|---|
| nr bulloni | n | 4 |
| nr sezioni | nv | 2 |

Limitazioni dimensionali per le forature

| | Minime | | Massime | |
|--------------|--------|------|-------------------|-----|
| e1 dal bordo | 1,2·d0 | 20,4 | max (8t; 125 mm) | 125 |
| e2 dal bordo | | | | |
| p1 | 2,2·d0 | 37,4 | min (14t; 175 mm) | 70 |
| p2 | | | | |

Misure scelte

| | | |
|--------------|----|------------|
| e1 dal bordo | 40 | VERIFICATO |
| e2 dal bordo | 40 | VERIFICATO |
| p1 | 50 | VERIFICATO |
| p2 | 50 | VERIFICATO |

Azioni agenti

| | | | |
|------------------|----------|-------|---|
| Azione assiale | N,Ed,tot | 88700 | N |
| Azione di Taglio | T,Ed,tot | 57360 | N |

| | | | |
|------------------------|------|---------|---|
| Azione assiale bullone | N,Ed | 11087,5 | N |
| Taglio torcente | Vt,i | 14196 | N |

| | | | |
|-------------------------|-------|-------|---|
| Azione di taglio totale | Fv,Ed | 18013 | N |
|-------------------------|-------|-------|---|

| | | | |
|---------------------|----|---------|-----|
| Momento torcente | T | 4015200 | Nmm |
| Eccentricità | e | 70 | mm |
| Distanza baricentro | ai | 35,4 | mm |

| | | | |
|--------------------|-----------|---|---|
| Azione di trazione | Ft,Ed,tot | 0 | N |
| | Ft,Ed | 0 | N |

Verifica della resistenza a taglio del bullone

| | | | | | |
|-------|-------|---------------|------------|--------|------|
| Fv,Rd | 30144 | Fv,Rd > Fv,Ed | VERIFICATO | η | 0,60 |
|-------|-------|---------------|------------|--------|------|

Verifica della resistenza a trazione del bullone

| | | | | | |
|-------|-------|---------------|------------|--------|------|
| Ft,Rd | 57888 | Ft,Rd > Ft,Ed | VERIFICATO | η | 0,00 |
|-------|-------|---------------|------------|--------|------|

| | | |
|----|------|----------------------|
| k2 | 0,9 | vite normale |
| | 0,63 | vite a testa svasata |

Verifica della resistenza a rifollamento della piastra - direzione assiale

| | | | | | |
|-----------|-----------|-------------------|------------|--------|------|
| Fb,Rd,ext | 45176,471 | Fb,Rd,ext > Fv,Ed | VERIFICATO | η | 0,25 |
| Fb,Rd,int | 40684,734 | Fb,Rd,int > Fv,Ed | VERIFICATO | η | 0,27 |

| | | | | |
|------------|------|----------------------|--------------|------|
| α_b | 0,78 | per bulloni di bordo | e1 dal bordo | 0,45 |
| | 0,73 | per bulloni interni | e2 dal bordo | 40 |
| k1 | 2,5 | per bulloni di bordo | p1 | 80 |
| | 2,4 | per bulloni interni | p2 | 80 |

Verifica della resistenza a rifollamento dell'anima/flangia

| | | | | | |
|-----------|-----------|-------------------|------------|--------|------|
| Fb,Rd,ext | 45176,471 | Fb,Rd,ext > Fv,Ed | VERIFICATO | η | 0,25 |
| Fb,Rd,int | 40684,734 | Fb,Rd,int > Fv,Ed | VERIFICATO | η | 0,27 |

| | | | | |
|------------|------|----------------------|--------------|----|
| α_b | 0,78 | per bulloni di bordo | e1 dal bordo | 40 |
| | 0,73 | per bulloni interni | e2 dal bordo | 90 |
| k1 | 2,5 | per bulloni di bordo | p1 | 50 |
| | 2,4 | per bulloni interni | p2 | 50 |

Verifica a block tearing

| | | | |
|----------------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| Lunghezza di rottura | L | 98 | mm |
| Area | A | 490 | mm ² |
| Tensione assiael | Rdt | 168000,00 | N/mm ² |
| | f _{yd} | 342,86 | N/mm ² |
| | f _{yd} > σ | | |

Verifica sezione piastra

geometria

| | | |
|-----------------|-----------|-----------------|
| t | 5 | mm |
| h | 130 | mm |
| A | 650 | mm |
| W _{pl} | 14083,333 | mm ³ |

f_{yd} 342,86

| | | |
|-----------------|-----------|---|
| N _{rd} | 222857 | N |
| T _{rd} | 128667 | N |
| M _{rd} | 4828571,4 | N |

| | | |
|-------------------------------------|------|------------|
| N _{Ed} /N _{rd} <1 | 0,40 | VERIFICATO |
| T _{Ed} /T _{rd} <1 | 0,45 | VERIFICATO |
| Med/M _{rd} <1 | 0,83 | VERIFICATO |

Verifica della resistenza a rifollamento della piastra - direzione taglio

| | | | | | |
|-----------------------|----------|---|------------|--------|------|
| F _{b,Rd,ext} | 45176,47 | F _{b,Rd,ext} > F _{v,Ed} | VERIFICATO | η | 0,16 |
| F _{b,Rd,int} | 40684,73 | F _{b,Rd,int} > F _{v,Ed} | VERIFICATO | η | 0,18 |

| | | | | |
|------------|----------|----------------------|--------------|----|
| α_b | 0,78 | per bulloni di bordo | e1 dal bordo | 40 |
| | 0,73 | per bulloni interni | e2 dal bordo | 40 |
| k1 | 2,5 | per bulloni di bordo | p1 | 50 |
| | 2,417647 | per bulloni interni | p2 | 50 |

Calcolo giunto di continuità della trave a completo ripristino di momento

Progetto

| | | | |
|-------------------------|--------|-----|-------|
| diametro vite | d vite | 18 | mm |
| diametro del foro per | d0 | 19 | mm |
| classe bullone | 8,8 | | - |
| tensione ultima bullone | fub | 800 | N/mm2 |
| area resistente | Ares | 192 | mm2 |
| area bullone | As | 254 | mm2 |
| spessore lamiera | t | 10 | mm |
| acciaio s235 | fu | 360 | N/mm2 |

| | | |
|------------|----|---|
| nr bulloni | n | 4 |
| nr sezioni | nv | 2 |

Limitazioni dimensionali per le forature

| | Minime | | Massime | |
|--------------|--------|------|-------------------|-----|
| e1 dal bordo | 1,2·d0 | 22,8 | max (8t; 125 mm) | 125 |
| e2 dal bordo | | | | |
| p1 | 2,2·d0 | 41,8 | min (14t; 175 mm) | 140 |
| p2 | | | | |

Misure scelte

| | | |
|--------------|-----|------------|
| e1 dal bordo | 40 | VERIFICATO |
| e2 dal bordo | 40 | VERIFICATO |
| p1 | 50 | VERIFICATO |
| p2 | 110 | VERIFICATO |

Azioni agenti

| | | | |
|------------------|------|-------|---|
| Azione assiale | N,Ed | 74250 | N |
| Azione di Taglio | T,Ed | 87720 | N |

| | | | |
|------------------------|------|----------|---|
| Azione assiale bullone | N,Ed | 4640,625 | N |
| Taglio torcente | Vt,i | 0 | N |

| | | | |
|-------------------------|-------|------|---|
| Azione di taglio bullon | Fv,Ed | 5483 | N |
|-------------------------|-------|------|---|

| | | | | |
|---------------------|----|--------|-----|--------------|
| momento torcente | T | 438600 | Nmm | TRASCURABILE |
| eccentricità | e | 5 | mm | |
| distanza baricentro | ai | 2,5 | mm | |

| | | | |
|--------------------|-----------|----------|---|
| Azione di trazione | Ft,Ed,tot | 583333 | N |
| | Ft,Ed | 77557,25 | N |

Verifica della resistenza a taglio del bullone

| | | | |
|-------|-------|---------------|------------|
| Fv,Rd | 73728 | Fv,Rd > Fv,Ed | VERIFICATO |
|-------|-------|---------------|------------|

η 0,07

Verifica della resistenza a trazione del bullone

| | | | |
|-------|--------|---------------|------------|
| Ft,Rd | 146304 | Ft,Rd > Ft,Ed | VERIFICATO |
|-------|--------|---------------|------------|

η 0,53

| | | |
|----|------|----------------------|
| k2 | 0,9 | vite normale |
| | 0,63 | vite a testa svasata |

Verifica della resistenza a rifollamento della piastra - direzione assiale

| | | | |
|-----------|-----------|-------------------|------------|
| Fb,Rd,ext | 90947,368 | Fb,Rd,ext > Fv,Ed | VERIFICATO |
| Fb,Rd,int | 81284,211 | Fb,Rd,int > Fv,Ed | VERIFICATO |

η 0,05

η 0,06

| | | | | |
|----------------|------|----------------------|--------------|-----|
| α _b | 0,70 | per bulloni di bordo | e1 dal bordo | 40 |
| | 0,63 | per bulloni interni | e2 dal bordo | 40 |
| k1 | 2,5 | per bulloni di bordo | p1 | 50 |
| | 2,5 | per bulloni interni | p2 | 110 |

Verifica della resistenza a rifollamento dell'anima/flangia

| | | | |
|-----------|-----------|-------------------|------------|
| Fb,Rd,ext | 90947,368 | Fb,Rd,ext > Fv,Ed | VERIFICATO |
| Fb,Rd,int | 81284,211 | Fb,Rd,int > Fv,Ed | VERIFICATO |

η 0,05

η 0,06

| | | | | |
|----------------|------|----------------------|--------------|-----|
| α _b | 0,70 | per bulloni di bordo | e1 dal bordo | 40 |
| | 0,63 | per bulloni interni | e2 dal bordo | 90 |
| k1 | 2,5 | per bulloni di bordo | p1 | 50 |
| | 2,5 | per bulloni interni | p2 | 110 |

Verifica a block tearing

| | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------------|
| Lunghezza di rottura | L | 98 | mm |
| Area | A | 980 | mm ² |
| Tensione assiale | σ | 75,77 | N/mm ² |
| | f _{yd} | 342,86 | N/mm ² |
| | f _{yd} > σ | VERIFICATO | |

Verifica sezione piastra

| geometria | | |
|-----------------|-----------|-----------------|
| t | 10 | mm |
| h | 130 | mm |
| A | 1300 | mm |
| W _{pl} | 28166,667 | mm ³ |

f_{yd} 342,86

| | | |
|----------|-----------------|-------------|
| trazione | N _{rd} | 445714,29 |
| taglio | Tr _d | 257333,2628 |
| momento | Mr _d | 9657142,857 |

| | | |
|-------------------------------------|------|------------|
| N _{Ed} /N _{rd} <1 | 0,17 | VERIFICATO |
| T _{Ed} /T _{rd} <1 | 0,34 | VERIFICATO |
| Med/M _{rd} <1 | 0,05 | VERIFICATO |

Verifica della resistenza a punzonamento della piastra

| | | | |
|-------|--------|-------------|------------|
| Fp,Rd | 146574 | Fp,Rd>Ft,Ed | VERIFICATO |
|-------|--------|-------------|------------|

η

0,53

dm 27

tp 10

*Bibliografia
e sitografia di
riferimento*

Bibliografia

Batlle i Roig, Arquitectos. Merging City and Nature: 30 Commitments to Combat Climate Change. New York, N.Y. ; Actar, 2022.

A. Casetti, Storia documentata di Albiano: centro della zona del porfido, Calliano, Manfrini, 1986

A. Folgheraiter G. Zotta, La comunità della val d'icembra, i villaggi dell'avisio tra le vigne e il bosco, Edizione FZ, 2018

A. Stella, L'industria mineraria del principato vescovile di Trento nei secoli XVI e XVII

A. Stella, Politica ed economia nel territorio trentino-tirolese dal XIII al XVII secolo, Editrice antenore, Padova,

Aldo M., Ghezzer A., Vettori M., L'Avisio in Val di Cembra: racconto di un torrente selvaggio, Bertelli Editore, 2010

Angheben, Andrea. Porfido: guida tecnica di una pietra nobile. Trento: Italphorphyry, 2023.

Ballio G, Mazzolani FM. Strutture in acciaio. ISEDI; 1979.

Battaino C, Zecchin L. Extractscapes : oltre le cave : il progetto di ricomposizione del territorio scavato. Edizioni della laguna; 2009.

Berger, Alan. Designing the Reclaimed Landscape. London ; Routledge, 2008.

Bernuzzi C. Progetto e verifica delle strutture in acciaio : secondo le norme tecniche per le costruzioni 2018 e l'Eurocodice 3. 2. ed. Hoepli; 2018.

Bernuzzi C. Proporzionamento di strutture in acciaio : progettazione e verifiche semplificate secondo NTC 2018. Hoepli; 2018.

Bertè F., La valutazione di possibili destinazioni di aree estrattive a fine coltivazione, Trento, 2015

Betti L., Butterini G.A., Masè G., Mattevi E., Nardon W., Nicoletti W., L'Avisio in Valle di Cembra. Il corso selvaggio di un torrente, Trento, Edizione Alcione, 2002

Cartographic Grounds: Projecting the Landscape Imaginary. Stati Uniti, Princeton Architectural Press, 2016.

Clément, Gilles., e Filippo. De Pieri. Manifesto del terzo paesaggio. Manifesto del terzo paesaggio. Nuova ed. ampliata. Quodlibet ; 40. Macerata: Quodlibet, 2016.

Congresso internazionale del Porfido: Trento – Bolzano, 3 – 4 giugno 1950: atti del congresso

Doherty G, Waldheim C. *Is Landscape _? : Essays on the Identity of Landscape*. Routledge; 2015.

E. Schri, *Paesaggi (S)cavati, dalla cava attiva al sito dismesso: approcci metodologici e futuri scenari per il territorio del porfido Trentino*, Trento, LiSt Lab Internazionale Editoriale, 2012

Farina, Almo. *Verso una scienza del paesaggio. Verso una scienza del paesaggio*. Bologna: Perdisa, 2004.

I tipi forestali descrizione e aspetti dinamici, Provincia autonoma di Trento. Servizio foreste e fauna 2018

J. Desimini, C. Waldheim, *Cartographic Grounds: Projecting the Landscape Imaginary*, Princeton Architectural Press, 2016

Logan, Daryl L.. *A First Course in the Finite Element Method*. Stati Uniti, Cengage Learning, 2011.

Masè, Guido. *L'Avisio in Valle di Cembra : il corso selvaggio di un torrente. L'Avisio in Valle di Cembra : il corso selvaggio di un torrente*. Segonzano (TN): Cassa rurale di Albiano e Alta Val di CembraIS, 2002.

P. Zammattéo, *Itinerario nel porfido di Lona Lases, Pergine Valsugana*, Publistampa, 2010

Perna G., *Studi sui giacimenti minerari nella regione Trentino-Alto Adige*,

Rainer T, West C. *Planting in a Post-Wild World : Designing Plant Communities for Resilient Landscapes*. Timber press; 2015.

Rapporto Cave 2021, Legambiente

Rizzi, Chiara. *Quarto paesaggio. Quarto paesaggio*. Trento [etc: LISt, 2014.

Trasi, Nicoletta. *Paesaggi rifiutati paesaggi riciclati : prospettive e approcci contemporanei : le aree estrattive dismesse nel paesaggio : fenomenologia di un problema progettuale. Paesaggi rifiutati paesaggi riciclati : prospettive e approcci contemporanei : le aree estrattive dismesse nel paesaggio : fenomenologia di un problema progettuale*. Roma: Dedalo, 2004.

Waldheim C. *The Landscape Urbanism Reader*. Princeton architectural press; 2006.

Woudstra, Jan, e James Corner. «Recovering Landscape: Essays in Contemporary Landscape Architecture». *Garden History* 28, fasc. 1 (2000): 169.

Sitografia

<https://calatrava.com/art/head-037-b.html>

https://divisare.com/projects/85775-d_progetti-donati-d-elia-associati-francesco-d-elia-recupero-e-valorizzazione-delle-cave-di-fantiano

<https://landscape.coac.net/parque-de-la-cantera-de-tangshan>

<https://webgis.provincia.tn.it/>

<https://www.actaplantarum.org/forum/viewtopic.php?t=614>

<https://www.archdaily.com/969521/quarry-gardens-in-nanning-garden-expo-park-atelier-dyjj>

https://www.archdaily.com/983719/quarry-no-9-stage-space-plus-quarry-no-10-live-performance-dna?ad_medium=office_landing&ad_name=articlee-di-

<https://www.area-arch.it/landscaping-of-the-tram-line-1/>

<https://www.batlleiroig.com/en/projectes/diposit-del-garraf/>

<https://www.cbd.int/recommendation/sbstta?id=7027>

<https://www.comune.albiano.tn.it/Territorio/Il-paese-di-Albiano/La-storia-di-Albiano>

<https://www.domusweb.it/it/notizie/2009/05/01/il-parco-dei-suoni-di-riola-sardo.html>

<https://www.marconereorotelli.it/installazione/cava-dei-poeti/>

<https://www.mbmarquitectes.cat/>

https://www.menorca.es/it/Pedreras_dHostal/10040

<https://www.provincia.tn.it/Documenti-e-dati/Documenti-di-supporto/Porfido-di-Monte-Gaggio-Camparta-Albiano>

<https://www.provincia.tn.it/News/Approfondimenti/Pietre-ornamentali#page-contentprojectes/diposit-del-garraf/>

www.visitfemme.it

