ARCHITETTURA VERNACOLARE DEL XXI SECOLO IN VAL D'OSSOLA

Relatore
Andrea Bocco Guarneri

Correlatrice
Redina Mazelli

Candidata
Maddalena Gallotto

Politecnico di Torino

Dipartimento di Architettura e Design

Corso di Laurea Magistrale in Architettura per la Sostenibilità

A.A.: 2024/2025

Tesi di Laurea Magistrale

Architettura vernacolare del XXI secolo in Val d'Ossola

Relatore
Andrea Bocco Guarneri

Correlatrice
Redina Mazelli

Candidata
Maddalena Gallotto

Febbraio 2025

«la montagna è invece fatta di rovine che,
a differenza delle macerie possono ancora parlare e
dire la loro per cambiare rotta, creando degli spazi di
resistenza per un'inversione di tendenza
dell'attuale modello di sviluppo»

Maria Anna Bertolino, *Eppur si vive.*

Abstract

La presente tesi indaga il potenziale dell'architettura vernacolare come modello progettuale capace di rispondere alle sfide del XXI secolo, proponendosi come alternativa virtuosa a un'architettura convenzionale spesso inadeguata e caratterizzata da un uso dissoluto delle risorse. Partendo dalla definizione di architettura vernacolare proposta da Paul Oliver e da un'analisi delle sue caratteristiche fondamentali, tra cui l'uso efficiente delle risorse locali, la centralità del ruolo dell'abitante e la sinergia tra ambiente costruito e contesto naturale, la ricerca indaga come questi principi possano essere reinterpretati in chiave contemporanea. In questa prospettiva, emerge l'importanza di valutare sia i meriti che i limiti dell'architettura vernacolare, in una visione dinamica della tradizione che da sempre si ibrida ed evolve attraverso scambi culturali e l'introduzione di innovazioni, adattandosi alle esigenze del presente.

La scelta di concentrarsi sulla Val d'Ossola nasce dalla necessità di radicare il progetto in un contesto specifico, inteso come sistema integrato di territorio, storia che lo ha modellato, cultura che lo permea e comunità che lo vive. In questo territorio, segnato dall'abbandono ma custode di un prezioso patrimonio architettonico tradizionale, sta crescendo il fenomeno del neoruralismo: un ritorno consapevole alle aree rurali che suggerisce un ripensamento del modello abitativo contemporaneo in linea con i principi di un'architettura vernacolare del XXI secolo.

Il processo progettuale ha avuto inizio con un'approfondita conoscenza del territorio, sviluppata attraverso l'esperienza diretta in cantiere presso il villaggio laboratorio di Ghesc, dove la pratica delle tecniche costruttive tradizionali locali si è integrata con le metodologie contemporanee della bioedilizia. La successiva esplorazione delle numerose frazioni disabitate guidata dalla sapienza di architetti, artigiani e abitanti locali, ha portato a una classificazione dei manufatti edilizi analizzati e alla successiva selezione dell'oggetto del progetto: Casa Ščròsa.

La fase preliminare del progetto ha previsto la definizione di un modello abitativo fondato sul coinvolgimento attivo e consapevole degli abitanti dalla fase di ideazione alla gestione, in una condivisione di valori, risorse e responsabilità. Parallelamente, è stato necessario un ripensamento del concetto di comfort in relazione a quello di adattamento dell'utente e ai principi della progettazione bioclimatica.

La scelta dei materiali e delle tecniche costruttive è stata invece l'esito di un bilancio tra diversi fattori. Da un lato, si è puntato sull'uso ottimale di materiali naturali, grazie a una conoscenza approfondita delle loro proprietà, privilegiando soluzioni a bassa energia incorporata. Dall'altro, si è integrato l'impiego mirato di materiali ad alta intensità energetica, utilizzati solo laddove indispensabili per garantire buoni livelli prestazionali o in risposta a determinati requisiti.

Infine, la valutazione dell'ecocompatibilità del progetto, condotta attraverso il metodo Life Cycle Assessment, ha permesso di quantificare l'impatto ambientale dei materiali e dei componenti edilizi in termini di energia primaria totale impiegata (PEI) e di potenziale di riscaldamento globale (GWP). L'analisi ha rivelato punti di forza e criticità, fornendo spunti utili per affinare le strategie progettuali e tracciare nuove direzioni per un'Architettura Vernacolare del XXI secolo.

English Abstract

This thesis explores the potential of vernacular architecture as a design model capable of addressing the challenges of the 21st century, presenting itself as a virtuous alternative to conventional architecture, which is often inadequate and characterized by an excessive use of resources. Starting from Paul Oliver's definition of vernacular architecture and an analysis of its fundamental characteristics, such as the efficient use of local resources, the central role of the inhabitant, and the synergy between the built environment and the natural context, this research investigates how these principles can be reinterpreted in a contemporary key. From this perspective, it becomes essential to assess both the strengths and limitations of vernacular architecture within a dynamic vision of tradition, which has always evolved through cultural exchanges and the introduction of innovations that allow it to adapt to present needs.

The decision to focus on the Val d'Ossola stems from the need to anchor the project within a specific context, understood as an integrated system of territory, history, culture, and community. In this area, marked by depopulation but rich in a valuable heritage of traditional architecture, the phenomenon of neo-ruralism is gaining momentum. This conscious return to rural areas suggests the necessity of rethinking contemporary housing models in alignment with the principles of a 21st-century vernacular architecture.

The design process began with an in-depth understanding of the territory, developed through hands-on experience on-site at the Ghesc laboratory village, where traditional local construction techniques were integrated with contemporary bio-building methodologies. The subsequent exploration of numerous abandoned settlements, guided by the expertise of architects, artisans, and local residents, led to the classification of the analyzed buildings and the selection of the project's case study: Casa Ščròsa.

The preliminary phase of the project focused on defining a housing model based on the active and conscious involvement of residents, from the design phase to the management process, fostering the sharing of values, resources, and responsibilities. At the same time, it was necessary to rethink the concept of comfort in relation to user adaptation and the principles of bioclimatic design.

The choice of materials and construction techniques resulted from a careful balance of multiple factors. On one hand, priority was given to the optimal use of natural materials, supported by an in-depth knowledge of their properties, favoring solutions with low embodied energy. On the other hand, the selective integration of high-energy-intensity materials was applied only where essential to ensure performance levels or meet specific requirements.

Finally, the project's environmental sustainability was assessed using the Life Cycle Assessment method, allowing for the quantification of the environmental impact of materials and building components in terms of total primary energy consumption (PEI) and global warming potential (GWP). This analysis highlighted both strengths and critical aspects, offering valuable insights to refine design strategies and outline new directions for a 21st-century Vernacular Architecture.

Indice

CAP 1

Introduzione *1*

Perché parlare di architettura vernacolare nel XXI secolo? *2*

Perché la Val d'Ossola? *4*

CAP 2

La Val d'Ossola *7*

Inquadramento territoriale *8*

La ricerca del caso studio tra le Valli Antigorio e Isorno *10*

- La Valle Antigorio: Premia e Baceno *10*
- La Valle Isorno: Montecrestese *20*
- La scelta del caso studio: Piccioledo *23*

CAP 3

Casa Ščròsa *27*

Ipotesi di datazione *30*

Condizioni climatiche *35*

Rilievo architettonico *38*

CAP 4

Il progetto *47*

Destinazione d'uso *48*

Ripensamento del concetto di comfort *50*

Sistemi passivi: strategie bioclimatiche *51*

- Una zona intermedia che si adatta alle stagioni: la serra bioclimatica *51*
- La compressione spaziale: stanze che mutano *55*
- Il bozzolo: il calore del corpo umano che modella gli spazi *55*
- L'hot-spot: il riscaldamento che genera attività sociali *58*

Sistemi attivi *58*

- Sistemi di riscaldamento *58*
  - *1. Stufa ad accumulo a pirolisi*
  - *2. Pannelli radianti*
  - *3. Compostaggio termico*
- Sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria *68*
- Sistema di approvvigionamento dell'acqua *70*
- Sistema di produzione della corrente elettrica *72*

La scelta dei materiali *74*

- Il manto di copertura *74*
  - *1. Pietra*
  - *2. Legno*
  - *3. Paglia*
  - *4. Lamiera di alluminio*
  - *La scelta del manto di copertura*
- L'involucro opaco *85*
  - *1. Muratura in pietra con isolamento interno in termointonaco*
  - *2. Muratura in pietra con isolamento interno in canna palustre e termointonaco*
  - *3. Muratura in pietra a vista*
  - *4. Tamponamento in calce-canapa su struttura lignea*

Le partizioni interne in torchis *90*
Orizzontamenti *91*

1. Solaio contro terra in battuto di calce
2. Solaio interpiano in brettstapel
3. Solaio superiore sottotetto

Le strutture portanti in legno *93*
L'involucro trasparente *94*

1. La scelta dei serramenti
2. La risoluzione dei ponti termici

CAP 5

Calcolo dell'LCA ***107***

Strumenti di valutazione *108*

Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione *108*

Analisi dell'inventario e degli impatti *108*

Risultati dell'LCA *109*

Provenienza dei prodotti edilizi *114*

Considerazioni rispetto all'LCA svolta *114*

Conclusioni ***118***

Bibliografia *120*

Sitografia *123*

CAP 1 Introduzione

Perché parlare di architettura vernacolare nel XXI secolo?

Il termine 'vernàcolo' è stato originariamente usato in ambito linguistico per indicare «l'uso popolare del parlare caratteristico di un determinato luogo o regione, con particolare riferimento ai tratti che lo differenziano dalla lingua letteraria»[1]. Per analogia, si può affermare che l'architettura vernacolare sia 'il linguaggio architettonico del popolo'[2]. In quanto tale, essa comprende un ventaglio di tradizioni costruttive ampio quanto quello delle tradizioni linguistiche.

Tale ampiezza pone quindi un dubbio riguardo la possibilità di descrivere l'architettura vernacolare, tanto largamente diversificata, come un unico fenomeno, con il rischio di ridurne la ricchezza. Tuttavia, Paul Oliver nella *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World (EVAW)* nel 1997 ha individuato alcune caratteristiche che accomunano l'architettura vernacolare di tutto il mondo. La sua definizione è:

> L'architettura vernacolare comprende le abitazioni e tutti gli edifici delle persone. In relazione ai loro contesti ambientali e alle risorse disponibili, sono solitamente costruiti dai proprietari o dalla comunità, utilizzando tecnologie tradizionali. Tutte le forme di architettura vernacolare sono costruite per soddisfare esigenze specifiche, accogliendo i valori, le economie e gli stili di vita delle culture che le producono.[3]

Tra i caratteri comuni a tutti gli edifici vernacolari è innanzitutto la *centralità dell'umano*, il quale plasma lo spazio in funzione delle attività che svolge. Tale protagonismo è reso possibile dalla *conoscenza diffusa*, all'interno della famiglia o della comunità. Ciò implica la capacità da parte di ogni membro di poter costruire e manutenere la propria abitazione. Incentiva inoltre il pensiero progettuale e l'atto costruttivo in qualsiasi componente della comunità, invece che affidarlo a professionisti. L'architettura professionale subentrata in seguito ha infatti inibito la capacità degli individui di interpretare i loro sistemi di valori attraverso le loro case modellando il proprio ambiente domestico.[4]

Nel passato è stata frequentemente ripetuta l'idea che l'architettura vernacolare fosse determinata principalmente dal clima in cui sorge. È vero che molte tipologie di edifici tradizionali sono ideali per i loro contesti climatici, così come per le risorse disponibili o per le esigenze culturali. È però proprio l'adeguatezza culturale, piuttosto che climatica, a spiegare la longevità delle tradizioni architettoniche, tanto che di frequente le motivazioni sociali prevalgono anche sul comfort climatico. Le richieste che poste all'edificio nell'interesse del concetto di comfort sono quindi fortemente condizionate dalla cultura, così che la questione non riguarda più 'le condizioni di comfort', bensì 'il condizionamento del comfort'[5], tema che sarà maggiormente approfondito nei capitoli a venire.

Altra fondamentale caratteristica dell'architettura vernacolare è rappresentata dal *localismo delle risorse*. Costretto in epoca preindustriale a causa

---

[1] «Vernàcolo», *https://www.treccani.it/enciclopedia/vernacolo/*, s.d., consultato 26 aprile 2024.

[2] Paul Oliver, *Built to Meet Needs: Cultural Issues in Vernacular Architecture* (London: Elsevier, 2006).

[3] Paul Oliver, *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*, vol. 1 (Cambridge: Cambridge University Press, 1997).

[4] Ivan Illich, *Per una storia dei bisogni*. (Milano: Mondadori, 1981).

[5] Oliver, p. 105.

dell'impossibilità sia fisica che economica di lunghi spostamenti di materiali, oggi il concetto di localismo va rivalutato, tenendo conto di vari fattori quali la disponibilità di risorse, la sostenibilità economica, ambientale e sociale dell'utilizzo di risorse locali rispetto all'importazione delle stesse, ma anche il soddisfacimento dei requisiti del progetto. Solo attraverso un'analisi puntuale e contestualizzata è possibile individuare il miglior compromesso tra queste esigenze, ottimizzando i benefici per il contesto locale senza sacrificare funzionalità dell'oggetto edilizio.

Infine, a definire il processo progettuale vernacolare vi è la stretta *correlazione* tra esigenze e risposte costruttive. Molti autori hanno rimarcato la capacità dell'architettura vernacolare di rispondere adeguatamente all'uso, pur in condizioni di limitate disponibilità di risorse. Il progetto vernacolare è elaborato caso per caso, senza soluzioni standardizzate.

Emerge dunque come l'architettura vernacolare, in qualsiasi sua applicazione, porti con sé un *know-how* che muta a seconda della natura e della complessità della società alla quale appartiene, della sua economia, delle sue risorse e delle sue aspirazioni. Esso incorpora la saggezza e l'intelligenza collettiva, l'esperienza della società interessata e le norme accettate da questa come appropriate riguardo l'abitazione, l'edificio o l'insediamento.
Fa parte del know-how anche la conoscenza, oltre che delle risorse naturali e dei materiali, di come questi possano essere utilizzati nella maniera più efficace, ma anche coltivati o sostituiti, e della creazione e l'utilizzo degli strumenti necessari ai processi costruttivi. Include inoltre la conoscenza ereditata dell'ambiente naturale, del clima, della topografia, delle variazioni stagionali, dei rischi naturali e dell'idoneità dei siti.
La tradizione architettonica vernacolare, definita anche spontanea in quanto ritenuta 'senza autore', che per lungo tempo è stata trascurata poiché prodotto di classi subalterne e di società rurali, da quella contadina a quella montanara, viste come in via di estinzione, si rivela oggi per la sua virtuosità, svelando allo stesso tempo l'inadeguatezza della maggior parte dei manufatti contemporanei, che non dimostrano la stessa consapevolezza e capacità costruttiva.

È questo il motivo della scelta del percorso di tesi: la convinzione che i principi dell'architettura vernacolare possano ispirare risposte a sfide contemporanee, offrendo antidoti all'architettura convenzionale e all'uso dissoluto delle risorse. Tuttavia, dal momento che nelle sue soluzioni tradizionali essa non può rispondere pienamente alle esigenze odierne, sorge la necessità di un suo ripensamento in chiave attuale, che possiamo definire Architettura Vernacolare del XXI secolo. [6]

È necessario comprendere che i meriti tecnici attribuibili all'architettura vernacolare necessitano di essere compresi e apprezzati, ma è altrettanto doveroso indagarne i limiti e financo i fallimenti strutturali e fisico-ambientali sulla base delle conoscenze tecnico-scientifiche del XXI secolo, proponendo eventuali miglioramenti e misure correttive.
Abbiamo inoltre il vantaggio di poter accedere al know-how di culture diverse, e poter quindi comparare tecniche costruttive applicate in condizioni ambientali ed economiche simili seppure

[6] Oliver.

in contesti socioculturali diversi.
Gli stessi costruttori vernacolari, del resto, non erano impermeabili alle influenze esterne, né resistenti al cambiamento, ma attraverso esperimenti, prove e valutazioni introducevano nuove tecniche quando il loro impiego era considerato vantaggioso e quando non sussistevano motivi di inaccettabilità culturale o economica.

Il tema della diffusione e assimilazione di fenomeni culturali, trattato da Paul Oliver in *Built to Meet Needs: Cultural Issues in Vernacular Architecture*, è centrale in quanto tutte le culture sono in una certa misura ibride e, come per gli esseri viventi, è ciò a renderle più forti.[7] Il prestito da culture adiacenti è infatti la forma più pervasiva di diffusione: ammirazione e invidia conducono al tentativo di imitare ed eccellere utilizzando gli stessi materiali e impiegando processi analoghi, laddove soddisfino bisogni e siano compatibili con valori. Il cambiamento può essere repentino, ma più spesso è l'esito di una successione di piccole modifiche che vengono provate, ripetute e dimostrate efficaci quindi gradualmente incorporate nella pratica consueta.

Da tutte queste riflessioni risulta evidente la natura dinamica della tradizione, che non può rimanere inalterata nel tempo ma al contrario rappresenta, come sostiene Paul Oliver[8], «una continuità complessa ereditata dal passato, vissuta nel presente e sostenuta nel futuro»[9].

[7] Paul Oliver, *«Transmitting technologies»*, Mimar. Architecture in Development 38, Construction Technologies issue, 1991, p. 56–57.
[8] Oliver.
[9] Marcel Vellinga, *«The End of the Vernacular: Anthropology and the Architecture of the Other»* 23, fasc. n. 1 (2011): 171–92.

Perché la Val d'Ossola?

La Val d'Ossola rappresenta uno dei numerosi territori profondamente segnati nel corso del XX secolo da spopolamento delle aree rurali, in particolare di quelle montane, a favore delle città di pianura. Un tempo caratterizzata da attività agricole e pastorali, la regione le ha progressivamente abbandonate in seguito allo sviluppo del settore industriale nel fondovalle. Questo cambiamento ha trasformato il paesaggio: i terreni coltivati e i pascoli sono stati sostituiti dal rapido avanzamento del bosco.
In contrapposizione a tale repentino mutamento, si staglia la maestosità di un vasto e plurisecolare patrimonio architettonico vernacolare[10], in parte abbandonato e in stato di rovina. Significativa per la comprensione dell'enorme potenziale di tale patrimonio[11], è la distinzione proposta da Maria Anna Bertolino tra *rovina* e *maceria*.

Secondo l'autrice, le macerie sono l'esito di disastri di natura sociale e ambientale causati dal progresso economico. Sono macerie i capannoni dismessi, gli impianti industriali, edifici abusivi e mai portati a termine, periferie urbane che costituiscono dei «vuoti a rendere», ma anche le nuove costruzioni, il cemento, il petrolio: di esse non ci si accorge perché di macerie non hanno l'aspetto, ma in futuro sono destinate a restare tracce inerti e scomode del passato.
Le rovine, dal canto loro, sono degli abbandoni.

[10] Jean Langé, *L'architecture vernaculaire: Une tradition contemporaine* (Parigi: Editions du Moniteur, 1997).
[11] Giovanni Paludi e Paolo Zeppetella, *Valorizzare le risorse della valle Ossola. Borgate, energia: analisi e proposte del progetto CAPACities* (Savigliano: L'artistica editrice, 2011).

Sono tutte quelle costruzioni, quegli abitati, quei territori e paesaggi che nel secolo scorso sono stati dimenticati, una volta venute meno le loro funzionalità legate prevalentemente all'agricoltura e alla pastorizia. Però, «a differenza delle macerie, [le rovine] possono ancora parlare e dire la loro per cambiare rotta, creando degli spazi di resistenza per un'inversione di tendenza dell'attuale modello di sviluppo». Esse, infatti, conservano tracce che indicano un percorso da seguire e che possono condurre alla riabilitazione, poiché danno ancora segni di vita. È proprio questa vitalità, secondo Bertolino, la ragione per la quale le macerie nate dalla storia recente e le rovine nate nel passato non si assomigliano.

Questa distinzione mette in risalto la grande risorsa costituita da questo patrimonio. Nel contesto ossolano, il recupero del patrimonio edilizio tradizionale ha avuto inizio negli anni Ottanta del secolo scorso, attraverso alcune operazioni di ripristino avvenute principalmente per mano di neoinsediati di provenienza estera. Tra queste vi è la riqualificazione del borgo di Canova (Crevoladossola), che ha portato poi alla nascita di Associazione Canova (ora Fondazione Canova) nei primi anni Duemila, con lo scopo di valorizzare il patrimonio storico architettonico locale attraverso attività didattiche, divulgative e artistiche. Tra i progetti attualmente portati avanti dalla Fondazione c'è Ghesc, un villaggio medievale composto da otto edifici in pietra e abbandonato nell'Ottocento che è diventato negli ultimi vent'anni un villaggio laboratorio, centro delle attività e delle ricerche sull'architettura tradizionale organizzate dalla Fondazione.[12]

[12] Fondazione Canova. *https://www.canovacanova.com/*

Questa e altre iniziative pionieristiche hanno rappresentato in Ossola il punto di partenza di una serie di esperienze molto diverse tra loro, racchiudibili in un fenomeno definito da alcuni come neoruralismo.

Con neoruralismo si fa riferimento a «una delle tendenze socio-culturali più caratteristiche della post-modernità, fenomeno legato alla crisi dell'urbanesimo occidentale, reazione al degrado ecologico e sociale della città moderna»[13]. Questo 'concetto-ombrello', che racchiude una molteplicità di esperienze, è segnato da una rielaborazione di numerosi aspetti critici della società occidentale contemporanea, tra i quali la crescita economica incondizionata, e da movimenti migratori verso aree rurali che erano state colpite da forte spopolamento.

Si parla anche specificamente di «neoruralismo montano»[14]. Come afferma Salsa[15], «la tendenza al ritorno alla ruralità, che nella campagna si esprime con il nome di neoruralismo, è estensibile ai territori montani».

Scegliere di vivere in luoghi nei quali è avvenuto o è in corso un forte spopolamento, a seguito di un'esperienza abitativa più o meno prolungata in città, comporta una ridefinizione critica e creativa del proprio stile di vita. Si può quindi parlare di chi migra in questi luoghi come di una popolazione consapevole, che sceglie consciamente di insediarsi

[13] Annibale Salsa, *Il tramonto delle identità tradizionali. Spaesamento e disagio esistenziale nelle Alpi* (Scarmagno: Priuli e Verlucca, 2007).

[14] Alessandro Carucci, *«Neoruralismo in Val Maira. La montagna per un ripensamento degli stili di vita.»* (Dottorato di Ricerca in Sociologia Applicata e Metodologia della Ricerca Sociale, Milano, Università degli Studi di Milano-Bicocca, 2018).

[15] Salsa.

altrove.

Tale aspetto è fondamentale, in quanto il ripensamento del modello abitativo è il primo passo da compiere per un cambiamento coerente con i principi dell'architettura vernacolare del XXI secolo. Come affermò Bernard Rudofsky già nel 1938: «Non ci vuole un nuovo modo di costruire, ci vuole un nuovo modo di vivere»[16].

La predisposizione da parte di alcuni neoabitanti a un ripensamento valoriale, congiuntamente alla disponibilità di un patrimonio architettonico che è portatore esso stesso di significato, fa pensare all'Ossola come a un contesto ideale per la sperimentazione che costituisce l'obiettivo di questo percorso di tesi.

[16] Bernard Rudofsky, *The Architecture of Humanism: A Study of the History of Taste* (London: Rizzoli, 1938).

CAP 2

La Val d'Ossola

Inquadramento territoriale

La Val d'Ossola costituisce la punta settentrionale del Piemonte e si estende per una superficie di 1600 km^2. Inserendosi a cuneo nel territorio svizzero, confina a nord-ovest con il Vallese, a nord-est con il Canton Ticino, a sud con la Valsesia, la valle Strona e l'area del Verbano. **[1]**

La morfologia delle valli ossolane, composta da una valle principale con andamento longitudinale nord-sud, dalla quale si diramano le valli secondarie con andamento trasversale est-ovest, è stata causata dall'azione di demolizione e di scavo delle acque di fiumi e torrenti, oltre che dello scioglimento dei ghiacciai che, durante l'ultima glaciazione risalente a 560.000 anni fa, ricoprivano il territorio. Le tracce di questi mutamenti sono oggi ben visibili nei lisciamenti, negli arrotondamenti, nelle demolizioni e nell'abbandono di materiale morenico e massi erratici che sono frequenti in Ossola. Con la scomparsa dei ghiacciai nasce la piana alluvionale dell'Ossola, lunga 40 km e larga in media 2 km. Essa è percorsa per tutta la sua lunghezza dal fiume Toce, che termina il suo corso nel lago Maggiore, ed è circondata da valli «strette e tortuose»[17], le quali definiscono il paesaggio della valle che, come scrive Mortarotti:

> si arrampica ripidamente, con qualche breve sosta su ripiani e terrazzi, e ci porta in breve tratto dal piatto fondovalle ossolano alle altezze vertiginose della grande catena alpina. Quanto erta sia questa arrampicata lo si può capire se si considera che Domodossola, a soli 272 m sul livello del mare, non dista più di 17 km dai 4023 metri della Weissmies e che Piedimulera a 247 metri di altezza è a circa 25 km dalla vetta del Rosa (m 4637).[18]

Le acque, erodendo la roccia, hanno prodotto delle vistose incisioni verticali, come quelle visibili oggi agli Orridi di Uriezzo. Sui conoidi di deiezione sono sorti molti insediamenti umani: tra i più vasti ci sono quelli compresi tra i torrenti Melezzo e Isorno a est di Domodossola, e tra Diveria e Bogna a ovest. E ancora, salendo nella valle Antigorio sono presenti importanti depositi favorevoli all'insediamento di comunità come quelle di Crodo e di Baceno.

L'Ossola presenta un clima temperato nel quale, però, l'aria fredda proveniente dai monti che la circondano, in particolar modo dai ghiacciai del Monte Rosa, del Gries e del Vallese, determina un clima più freddo e piovoso rispetto alle zone a uguale latitudine. Infatti, dal lago Maggiore e dalla pianura Padana provengono grandi masse di aria umida che, spostandosi da sud verso le pendici delle montagne, incontrano i venti freddi provenienti dai ghiacciai dando luogo a frequenti precipitazioni e a violenti temporali, e contribuendo a rendere l'Ossola una delle regioni più piovose d'Italia. Allo stesso tempo, le catene montuose svolgono il ruolo di diaframma per le fredde correnti provenienti dal nord Europa, aiutando a mantenere il clima ossolano temperato.
Queste considerazioni sono di carattere generale, ma, come fa notare Tullio Bertamini, «ogni luogo dell'Ossola ha il suo clima, che dipende da fattori generali, ma spesso e soprattutto, da fattori locali come l'altitudine, l'esposizione al sole e ai venti.»[19] Risulta a questo punto necessario scendere di scala, analizzando in maniera più puntuale il territorio delle valli Isorno e Antigorio.

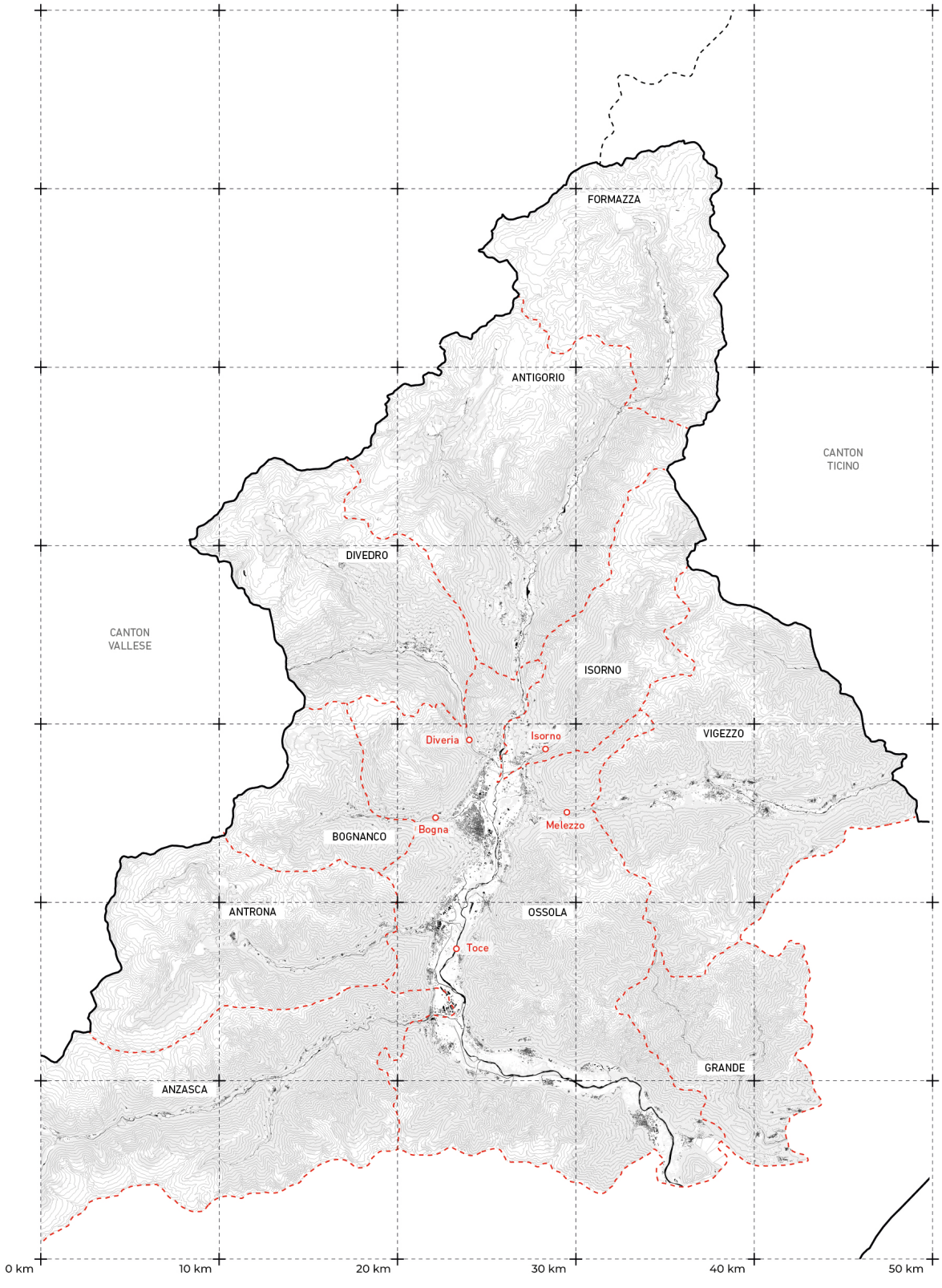
---

[17] Renzo Mortarotti, *Un Paesaggio verticale*, in AA.VV. Terra d'Ossola (Domodossola: Grossi, 1984).

[18] R Mortarotti.

[19] Tullio Bertamini, *"Il clima"*, in Terra d'Ossola (Domodossola: Grossi, 1984).

[1]


FORMAZZA
ANTIGORIO
CANTON
TICINO
DIVEDRO
CANTON
VALLESE
ISORNO
VIGEZZO
Diveria
Isorno
Melezzo
Bogna
BOGNANCO
ANTRONA
OSSOLA
Toce
GRANDE
ANZASCA
0 km
10 km
20 km
30 km
40 km
50 km

La ricerca del caso studio tra le Valli Antigorio e Isorno

La scelta di indagare le valli Antigorio e Isorno piuttosto che altre valli dell'Ossola è stata motivata da esperienze didattiche e lavorative precedenti al percorso di tesi che mi hanno portata a stabilirmi temporaneamente nel comune di Montecrestese, collocato proprio a cavallo delle due valli, dunque ad esplorarne il territorio e costruire una rete di conoscenze che mi hanno permesso di addentrarmi nella storia e nella vita di questo luogo.

Il lungo processo di esplorazione, tutt'ora in corso, ha individuato nella tesi un'importante tappa di elaborazione delle conoscenze acquisite, e un'occasione di sviluppo di idee progettuali che mi auguro di approfondire e concretizzare in futuro.

La scelta dell'oggetto della proposta progettuale è stata l'esito di una lunga fase di ricerca, svolta in collaborazione con il mio compagno Andrea Vernetti, con il quale ho avviato questo percorso di tesi, nel territorio delle valli Antigorio e Isorno. Attraverso l'osservazione del patrimonio architettonico vernacolare di queste valli, è stato possibile indagare il territorio stesso, nelle sue radici culturali e nelle conseguenti manifestazioni architettoniche.

Due sono le aree oggetto di indagine: i comuni di Premia e Baceno in valle Antigorio, e di Montecrestese tra le valli Antigorio e Isorno.

La Valle Antigorio: Premia e Baceno

La Valle Antigorio si sviluppa a partire dalla piana dell'Ossola, dalla quale si stacca per risalire il corso del Toce verso la valle Formazza, incuneandosi tra il Vallese a ovest e il Ticino a est. Ai piedi del monte Gorio in prossimità di Baceno, il torrente Devero, gettandosi nel Toce, divide la vallata in due: da un lato la valle Devero, dall'altro la piana di Premia.

Seguendo il corso del Devero si incontrano Croveo, Osso ed Esigo, arrivando infine a Goglio, oltrepassato il quale, con un notevole salto di quota, si arriva ai pascoli di Devero e Crampiolo. Sopra il corso del torrente stanno Ausone e la valle dove sorgeva Agàro, prima che venisse sommersa dalle acque di un bacino artificiale realizzato negli anni '30 del Novecento.

Nella piana di Premia invece si susseguono villaggi e gruppi sparsi di case: Pioda, Piazza, Piedilago, Cadarese, San Rocco, Passo e Rivasco. Il versante di San Rocco, che è stato oggetto di una più densa esplorazione, è ricco di località che un tempo erano abitate intensamente, come si può riscontrare dalla diffusa presenza, oltre che di case d'abitazione, di forni per il pane, forni per la calce, mulini, segherie, stalle, casere, ghiacciaie, terrazzamenti. La maestosità delle scale e delle mulattiere che si possono trovare numerose girando per queste località ben testimonia la vitalità di un tempo. Di tale intensa attività non restano che alcune tracce, sempre più degradate e inghiottite dalla vegetazione che progressivamente si sta riprendendo questo territorio. **[2-8]**

Le uniche località del versante ad oggi abitate (per lo più nel periodo estivo: gli edifici tradizionali sono usati come seconde case) sono Salecchio Inferiore,

[2] *Casera, Bigiogno (San Rocco).* Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

Scala in pietra (San Rocco). **[3]**
Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

[4] *Forno per il pane, Bigiogno (San Rocco).* Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

[5] *Mulino, Bigiogno (San Rocco).*
Fonte: Maddalena Gallotto (marzo 2024)

[6] *Balma, Ariola (San Rocco).* Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

[7] *Forno per la calce, Case Francoli (San Rocco).* Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

[8] *Segheria, Salecchio Superiore (San Rocco).* Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

Salecchio Superiore e Case Francoli, grazie soprattutto alle buone condizioni di accessibilità che consentono il raggiungimento di queste frazioni in auto.

Il resto del versante si può dire che sia quasi completamente abbandonato, ad eccezione di Fiume e Ariola, due località per le quali è avviato un progetto di conservazione e recupero, entrambe appartenenti al medesimo proprietario: Enea Radice. Enea ha di recente acquistato entrambi i villaggi con l'idea prioritaria di impedire la perdita irreversibile dei manufatti esistenti, e avviare un processo di ripopolamento.
Rilevanti sono le difficoltà riguardo la fattibilità di un cantiere distante 40 minuti a piedi con un notevole dislivello dall'ultima strada carrabile. Il cantiere che Enea sta portando avanti, attualmente in autocostruzione **[9]**, prevede ritmi lenti guidati dalla passione per la conservazione di questi luoghi impregnati di storia. Enea sta inoltre svolgendo un importante lavoro di recupero e manutenzione dei sentieri e delle mulattiere che originariamente collegavano le borgate, dei quali si è persa in gran parte traccia. Come racconta lui stesso, questo faticoso lavoro è prezioso, in quanto permette ogni volta di scoprire qualche traccia in più, e aggiungere informazioni e luoghi alla conoscenza di questo territorio. La guida di Enea nell'indagare il territorio di San Rocco è stata arricchente. La sensibilità e la cura che dimostra nel manutenere questo territorio sono di grande stimolo.

Un'altra località di particolare interesse, anch'essa sul versante di San Rocco, è Pioda, che si trova a metà strada tra Fiume e Ariola, in una posizione con ottima esposizione e quasi a capofitto su un dirupo alto un centinaio di metri.

Pioda è composta di cinque manufatti, tra ruderi e edifici meglio conservati. Uno di questi, costruito a fine Ottocento, è stato una vineria e tabaccheria utilizzata fino agli anni '60, secondo alcune fonti di Enea. **[10-11]**

Tra gli altri manufatti vi è una casa di chiara influenza walser, come si può ipotizzare dalla distribuzione che vede il fornetto a cavallo tra la stube, collocata verso valle e costruita con la tecnica del blockbau, e la stanza del caricamento del fornetto, in pietra come di consueto nelle abitazioni walser. Ciò che attira maggiormente attenzione è però un particolare elemento costruttivo in legno che permette di introdurre un discorso riguardante la commistione di influenze che caratterizzano il territorio antigoriano.

Cultura architettonica antigoriana

Per la sua collocazione, la valle Antigorio è stata infatti sin dall'antichità terra di passo e di confine, quest'ultimo inteso non solo come limite geografico e politico, bensì come punto di contatto etnico e culturale. Caratteristica comune a questa ed altre vallate ossolane di confine, come Divedro, Anzasca e Antrona, è l'incontro tra la lingua e la cultura romanza e quella germanica, tra la civiltà ossolana della pietra e quella vallesana del legno.

Tuttavia, solo la valle Antigorio ha sviluppato una cultura tecnica del legno e un proprio linguaggio espressivo, caratterizzato dall'unione tra le tradizioni costruttive ossolane e vallesane e dall'utilizzo di tecniche miste. Per questo, man mano che ci si avvicina al confine, il contrasto tra culture appare sempre meno evidente e le tradizioni costruttive sfumano l'una nell'altra, senza soluzione di continuità. I due mondi che si incontrano infatti

[9] *Segheria, Salecchio Superiore (San Rocco).* Fonte: Maddalena Gallotto (marzo 2024)
I ponteggi usati da Enea sono realizzati interamente con legno ricavato dalla pulizia del bosco circostante la casa. Una soluzione decisamente pratica ed economica visto il contesto.

Vineria, Pioda (San Rocco). **[11]**
Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)
Il muro contro terra della vineria sfrutta una roccia preesistente attorno alla quale è costruito.

[10] *Vineria, Pioda (San Rocco).*
Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)
Decorazioni che raffigurano falsi cantonali, tipiche del XIX secolo

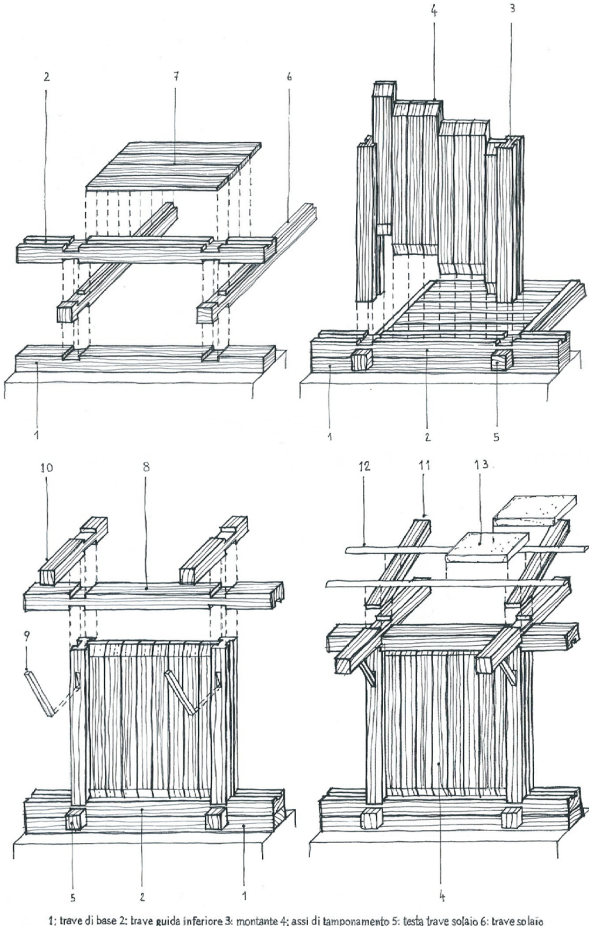
non sono estranei tra loro ma, come scrive Alessandro Zucca in Valle Antigorio: Architettura rurale e territorio, «parlano lingue diverse, ma vivono la stessa terra, affrontano le stesse sfide, sopravvivono con le stesse risorse»[20]. Anche i materiali utilizzati sono gli stessi, seppur declinati in tecniche costruttive differenti.

Tra le più caratteristiche tecniche costruttive antigoriane vi è quella dello *standerbau*, la tecnica a telaio. Questa tecnica, appena accennata nella casa di Pioda sul prospetto nord-est in corrispondenza della stanza di caricamento del fornetto **[12]**, è meglio visibile in uno dei edifici della località Bigiogno, prossima ad Ariola.

Come si può notare dalla facciata esposta a nord-est **[13]**, al volume realizzato con la tecnica del *blockbau* tipica walser, corrispondente alla porzione destra del prospetto, è accostato nella porzione di sinistra un sistema di chiusura verticale anch'esso in legno, ma in *standerbau*.

Il telaio ha funzione portante e consiste in una coppia di travi di banchina immorsate alle estremità nella muratura, tra le quali si incastrano a loro volta le travi che sorreggono i solai lignei. Tra la trave di banchina superiore e la radice che regge il carico delle capriate, in corrispondenza delle travi che reggono l'assito del solaio e delle catene delle capriate, vengono posti robusti montanti di sezione quadrata della stessa larghezza delle travi, a creare uno schema modulare. Lo spazio tra i montanti è tamponato con tavole di spessore variabile, in alcuni casi incastrate tra loro con giunti maschio-femmina, e incastrate agli estremi nelle scanalature di alloggiamento sui lati interni della trave di banchina superiore e della radice. **[14]**

Questo sistema è ben distante da quelli impiegati sia nelle dimore in pietra ossolane sia in quelle in legno walser. Infatti, mentre in queste l'intera parete ha funzione portante, nel sistema a telaio il peso del tetto è scaricato dalle capriate sui pilastri in legno che trasferiscono a loro volta il carico sulle travi di base e sulla muratura su cui poggiano, mentre le pareti funzionano solo da tamponamento, determinando un notevole alleggerimento della struttura complessiva.



[14] *Sistema a standerbau.*
Fonte: Alessandro Zucca, Valle Antigorio: architettura rurale e territorio

[20] Alessandro Zucca, *Valle Antigorio. Architettura rurale e territorio* (Domodossola: Edizioni Grossi, 2024).

[12] *Casa di influenza walser, Pioda (San Rocco).*
Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

[13] *Abitazione a Bigiogno (San Rocco).*
Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

Case d'abitazione con facciate realizzate a *standerbau* sono presenti già a Cravegna, all'imbocco della valle Antigorio, in costruzioni miste in pietra e legno. Ma è nella valle del Devero che la tecnica del telaio antigoriano trova maggior diffusione, tanto che, dal Censimento degli edifici storici del comune di Baceno realizzato dall'Associazione Musei d'Ossola, risulta che quasi un terzo delle case d'abitazione sia stato realizzato con questo sistema costruttivo[21].

A confermare la diffusa presenza di questa tecnica sono gli scritti di Aristide Baragiola, che nel 1903 appunta che «a Baceno vi sono parecchie costruzioni in legno e pietra nelle cascine. La facciata è a tavole perpendicolari, non orizzontali, colle spalline in muratura».[22]

E ancora i Mannoni, nel 1980, rilevano la presenza nella media valle Antigorio di «un certo numero di costruzioni miste, limitate alle prime fasi cronologiche, e caratterizzate dalla sola parete frontale in legno, probabile risultato di una interazione tra le due culture», quella romanza e quella vallesana.

La datazione attribuita dai Mannoni ad alcune delle dimore permanenti antigoriane a materiali misti, risale a prima del 1525, così da affermare che esse siano «le più vecchie case rurali sopravvissute all'Ossola Superiore».

I due studiosi avevano rilevato la presenza di abitazioni monofamiliari con struttura a telaio, «con un primo piano comprendente cucina, soggiorno e camere, delimitata da una facciata costruita a tavole incastrate in montanti (*standerbau*) che sporge notevolmente, appoggiando su colonne in muratura», ma anche di «una soluzione bifamiliare con le solite funzioni verticalizzate su quattro piani, delimitati i due intermedi da una facciata non sporgente e costruita a tronchi orizzontali (*blockbau*)», le une e le altre corredate di scala esterna d'accesso al primo piano, e colmo del tetto parallelo alla facciata principale in legno.

All'ultima tipologia citata appartengono diverse case ancora oggi visibili a Croveo e a Osso, nel comune di Baceno. Una di queste, estremamente interessante per le diverse tecniche costruttive adottate oltre che per la distribuzione dei locali, è Casa Frassetti a Osso **[15]**, costruita nel 1584 per l'appunto dalla famiglia Frassetti, una delle più facoltose in valle in quell'epoca. Osservando la facciata in legno è possibile notare come il piano primo, posizionato in aggetto rispetto al piano terra in pietra a creare un ingresso coperto, sia realizzato con il sistema costruttivo *blockbau*, come si può dedurre dagli incastri che sporgono in facciata e che internamente corrispondono a pareti. Al piano secondo invece, l'orditura verticale delle tavole di tamponamento indica l'utilizzo di un sistema diverso, lo *standerbau*, usato anche per realizzare le pareti interne.

Un'ulteriore interessante caratteristica di Casa Frassetti, che si può già leggere dalla facciata e confermare dalla pianta **[16]**, è che l'abitazione è perfettamente simmetrica. In effetti, in Valle Antigorio non è raro trovare abitazioni bifamiliari indipendenti seppur formanti uno stesso edificio. Proprio a partire dalla distribuzione planimetrica si può inoltre scorgere un'interessante scelta compositiva, che riguarda il posizionamento del

---

[21] Maurizio Cesprini et al., *Censimento degli edifici storici del Comune di Baceno* (Domodossola: Associazione Musei d'Ossola, 2016).

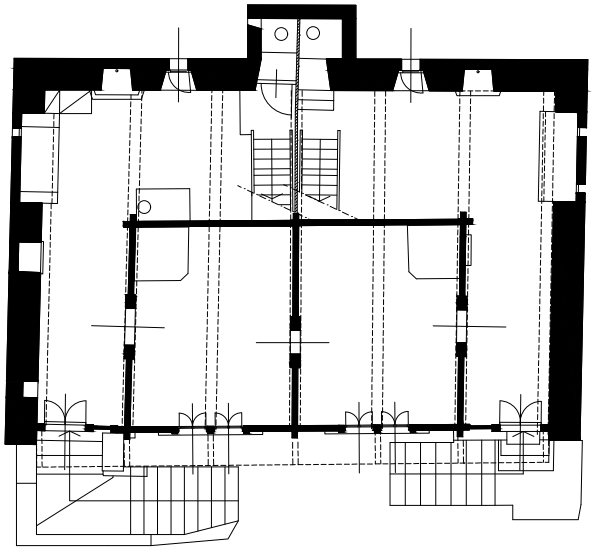
[22] Fondo Aristide Baragiola, *«Appunti riguardanti vacanze in Valle Anzasca, Valle Antigorio, Formazza, Salecchio, Agaro»* (Comune di Como, 1903 1902), Taccuini, Archivio Storico Civico.

fornetto. Questo, posto in corrispondenza del sistema a blockbau del piano primo, permette una suddivisione degli ambienti, dunque la possibilità di scaldare in maniera differente spazi adibiti a funzioni diverse. Se i locali antistanti, interni al volume del *blockbau*, rappresentavano il fulcro delle attività della famiglia, dunque necessitavano un buon livello di comfort sia per quanto riguarda la temperatura che l'assenza di fumo, lo spazio racchiuso tra il *blockbau* e il muro in pietra posteriore era di servizio, in quanto ospitava le scale, i gabinetti pensili, e il caricamento del fornetto, dunque non necessitava di essere riscaldato. Tale configurazione rappresenta un'interessante spunto progettuale in ottica di organizzazione ottimale degli spazi e delle risorse.

Secondo i Mannoni dunque, queste costruzioni che integrano tecniche costruttive provenienti da culture diverse, possono essere considerate un elemento di collegamento tra le case in legno e quelle in pietra, nato dalla reinterpretazione delle diverse tradizioni.

In conclusione, la commistione presente in valle Antigorio dimostra come l'incontro di culture differenti può portare a una maggiore varietà delle soluzioni e all'introduzione di scelte costruttive innovative quando queste si reputano più adeguate alle necessità contemporanee. Tale dinamica risulta un interessante spunto di riflessione per la ricerca di tesi, il cui obiettivo è l'individuazione di soluzioni progettuali che consentano di riabitare l'enorme patrimonio edilizio esistente e in disuso, tramite l'adattamento dell'architettura tradizionale alle nuove esigenze abitative e sociali odierne.

[15] *Casa Frassetti (Osso).*
Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)



[16] *Pianta piano primo Casa Frassetti (Osso).*
Fonte: Arch. Andrea Forni

La Valle Isorno: Montecrestese

La valle Isorno è compresa tra la valle Antigorio a nord ovest, il Canton Ticino a est, la val Vigezzo a sud est e la piana dell'Ossola a sud ovest, dalla quale si dirama. La valle, che costituisce il bacino imbrifero del torrente Isorno, presenta un andamento a 'Y', diramandosi in prossimità dell'alpeggio di Agarina in due convalli: a destra la val Agrasino e a sinistra la valle Nocca. Una seconda incisione valliva è solcata dal Fenecchio, affluente di sinistra dell'Isorno.

Come tutto il territorio ossolano peraltro, la valle Isorno è fortemente segnata dall'azione dei ghiacciai, che ne hanno lisciato le rocce «per far loro assumere quella caratteristica forma a mammellone per cui gli studiosi le denominano 'rocce montonate'»[23]. Come scrive Bertamini: «Queste rocce montonate hanno certamente dato il nome al territorio e all'insieme dei suoi insediamenti: Montecrestese, infatti, altro non significa che montagna costituita di croppi emergenti come creste»[24].

La maggior parte della valle Isorno ricade nei confini amministrativi del Comune di Montecrestese. Il suo territorio passa da un'altitudine minima di 287 m s.l.m. a una massima di 2795 m s.l.m. sulla Corona di Groppo, e si estende su un'area di 8647 ettari.
Il Comune di Montecrestese, nel quale si è svolta gran parte della ricerca di un caso studio, comprende circa cinquanta borgate, delle quali solo una ventina sono attualmente abitate. Parte di esse è abitata solo parzialmente, per lo più negli ampliamenti degli anni '70, che si sono affiancati ai nuclei più antichi. Un esempio è Chezzo **[17]**, il cui insediamento originale, estremamente caratteristico per il suo sviluppo lungo un percorso piuttosto ripido, è oggi in grave stato di abbandono. Ciò che ne risulta è un enorme patrimonio architettonico tradizionale in stato di degrado avanzato, destinato a perdersi nei prossimi decenni.

Fino alla prima metà del XX secolo il territorio di Montecrestese era densamente abitato e presentava un'economia essenzialmente agricola e pastorale. Ciò è dovuto alla sua ottima esposizione, che ne determina un clima particolarmente mite, caratterizzato da un notevole soleggiamento e da scarsità di vento, schermato dai monti che lo chiudono verso nord. Per questa caratteristica e per la ricchezza d'acque, le colline di Montecrestese un tempo erano per lo più disboscate, terrazzate e coltivate a vigna e seminativo (cereali e legumi).
In funzione della loro economia, i villaggi sorsero in luoghi soleggiati e in prossimità di torrenti, anche per sfruttarne la forza motrice per la macinazione della segale. L'agricoltura è diminuita nel tempo fino quasi a scomparire, lasciando avanzare il bosco nelle aree già destinate a coltivazione e pascoli.

Oggi si registrano segnali di inversione di rotta, con piccole realtà diffuse sul territorio che stanno provando ad avviare progetti di agricoltura e allevamento, sia individuali che condivisi.

Cultura architettonica isornese

La tradizione architettonica della Valle Isorno presenta molti punti di contatto con quelle delle valli adiacenti appartenenti all'Ossola centrale, tanto che è possibile ricondurle tutte ad un'unica cultura costruttiva.
In questo ampio territorio, la casa tradizionale è costruita prevalentemente in pietra, e impiega il

[23] Tullio Bertamini, *Storia di Montecrestese, Edizione di "Oscellana"* (Domodossola, 1991).
[24] Bertamini, pp. 22

legno soltanto dove necessario, ossia nella struttura portante dei tetti e dei solai. Nell'utilizzo prevalente della pietra su qualsiasi altro materiale si individua una delle principali differenze con la valle Antigorio, esito anche di una maggior distanza dell'Ossola centrale dal Vallese e dunque dall'influenza della cultura walser del legno.
Infatti la pioda se spaccata o tagliata in blocchi serviva nella costruzione delle pareti, se ridotta in lastre sottili costituiva il manto di copertura, ma veniva anche usata per pavimentazioni, balconi e scale. Vista la grande abbondanza di questo materiale da costruzione, chiunque volesse costruirsi una casa lo estraeva direttamente dal proprio fondo o dalle proprietà comunali stabilite dai consoli. In prossimità di alcuni villaggi di Montecrestese è ancora possibile ritrovare le tracce dell'estrazione della pietra sulle pareti rocciose.

La tipologia abitativa più frequente adottata nell'Ossola centrale prevede una disposizione dei locali che colloca al piano terra la cantina o ripostiglio, al primo piano, accessibile tramite una scala esterna, la cucina e le camere, e un sottotetto aperto per l'essiccazione delle granaglie. Questa tipologia, ampiamente diffusa a Montecrestese, permane pressoché invariata dal XV alla prima metà del XX secolo. In questa configurazione, la cucina rappresentava il locale più importante dell'abitazione nonché il fulcro della vita domestica. Non solo si cucinava e si mangiava, ma qui vi si riuniva la famiglia, in particolar modo la sera e durante l'inverno, e si ricevevano gli ospiti. Talvolta era anche utilizzata come stanza per dormire.

Il fienile posto nel sottotetto in Ossola rappresenta un elemento molto caratteristico dell'architettura tradizionale e prende il nome di *astrigo* **[18]**.

Chezzo (Montecrestese). **[17]**
Fonte: Maddalena Gallotto (gennaio 2025)

[18] *Astrigo a Naviledo Bassa (Montecrestese).*
Fonte: Samuele Di FIlippo

Collocato all'ultimo livello dell'edificio, così da massimizzare l'esposizione al sole, esso presenta delle grosse aperture sul lato del frontone o della gronda a seconda dell'orientamento. Esso veniva utilizzato sia per l'essiccazione del fieno e dei prodotti agricoli, che come aia coperta per la battitura della segale. Per questo motivo spesso il pavimento era composto da lastre di beola sovrapposte all'assito, che consentono di ottenere una superficie piana sufficientemente rigida da sopportare le sollecitazioni che questa lavorazione comporta.

Gran parte del patrimonio architettonico tradizionale ossolano ha subìto numerosi cambiamenti nel corso dei secoli, com'è naturale che avvenga con il susseguirsi delle generazioni, e dunque di esigenze abitative mutevoli. Alcuni sono più facile lettura, altri risultano difficili da ricostruire. La varietà degli interventi che è possibile ritrovare è estremamente ampia, anche per il carattere artigianale delle opere realizzate. Ogni intervento rispecchiava infatti le competenze e l'estro dell'artigiano. L'approccio si basava su un adattamento alle risorse disponibili e sulla capacità di risolvere esigenze funzionali o estetiche con soluzioni spesso uniche. Questo ha generato una diversità di soluzioni costruttive che rappresentano una preziosa testimonianza del rapporto tra abitante, territorio e cultura materiale.
Nonostante questa varietà di soluzioni, è possibile ritrovare alcuni elementi ricorrenti. Ad esempio, per quanto riguarda le modalità di ampliamento di un edificio, le discontinuità della tessitura muraria e della copertura possono aiutare a decifrare le sue evoluzioni volumetriche. Le modalità di ampliamento erano due: tramite il prolungamento di una o entrambe le falde, o con l'estensione del volume parallelamente al colmo. Spesso, gli ampliamenti erano attuati in fase di successione di un patrimonio a più discendenti. Affinché ognuno ottenesse parte della proprietà, venivano infatti costruiti degli ampliamenti così da facilitarne il frazionamento. In altri casi, interventi di questo tipo erano dovuti al cambio di destinazione d'uso o alla necessità di maggiore spazio. Un edificio a Panasa mostra un doppio ampliamento simmetrico, unico in tutta Montecrestese. **[19]**

[19] *Doppio ampliamento simmetrico a Panasa (Montecrestese).*
Fonte: Samuele Di Filippo

La scelta del caso studio: Piccioledo

La scelta del manufatto edilizio oggetto della proposta progettuale, tra tutti quelli emersi come possibili dall'esplorazione svolta tra i territori delle valli Antigorio e Isorno, è stata esito di un processo di classificazione **[20-22]** basata sui seguenti criteri:

1. *Posizione (P):* tiene conto della distanza dal fondovalle dunque dai servizi, del contesto ambientale e della vicinanza ad altri edifici o dell'inserimento in un nucleo abitativo, il che comporta anche una maggiore facilità di allacciarsi alle reti idrica ed elettrica.

2. *Accessibilità (A):* facilità di raggiungimento tramite strada carrabile o sentiero; da questa dipende anche la tipologia di cantiere che sarà possibile prevedere.

3. *Rilevabilità (R):* ossia la possibilità di entrare nell'edificio per effettuarne il rilievo architettonico e studiarlo. Tale possibilità può essere impedita dalla presenza di vegetazione, o dal disaccordo dei proprietari.

4. *Stato di conservazione (S):* manufatti troppo degradati possono richiedere consolidamenti eccessivamente onerosi in termini economici e temporali, che può non valer la pena intraprendere.

5. *Tipologia architettonica (T):* definita soprattutto dalla originale destinazione d'uso del manufatto. Abitazioni, stalle, fienili, edifici produttivi di altro tipo presentano caratteri compositivi differenti, e necessitano dunque di adeguamenti diversi, più o meno invasivi, a seconda della destinazione d'uso ipotizzata nel progetto.

6. *Dimensioni (D):* superficie, numero di piani, presenza di terreni circostanti di proprietà.

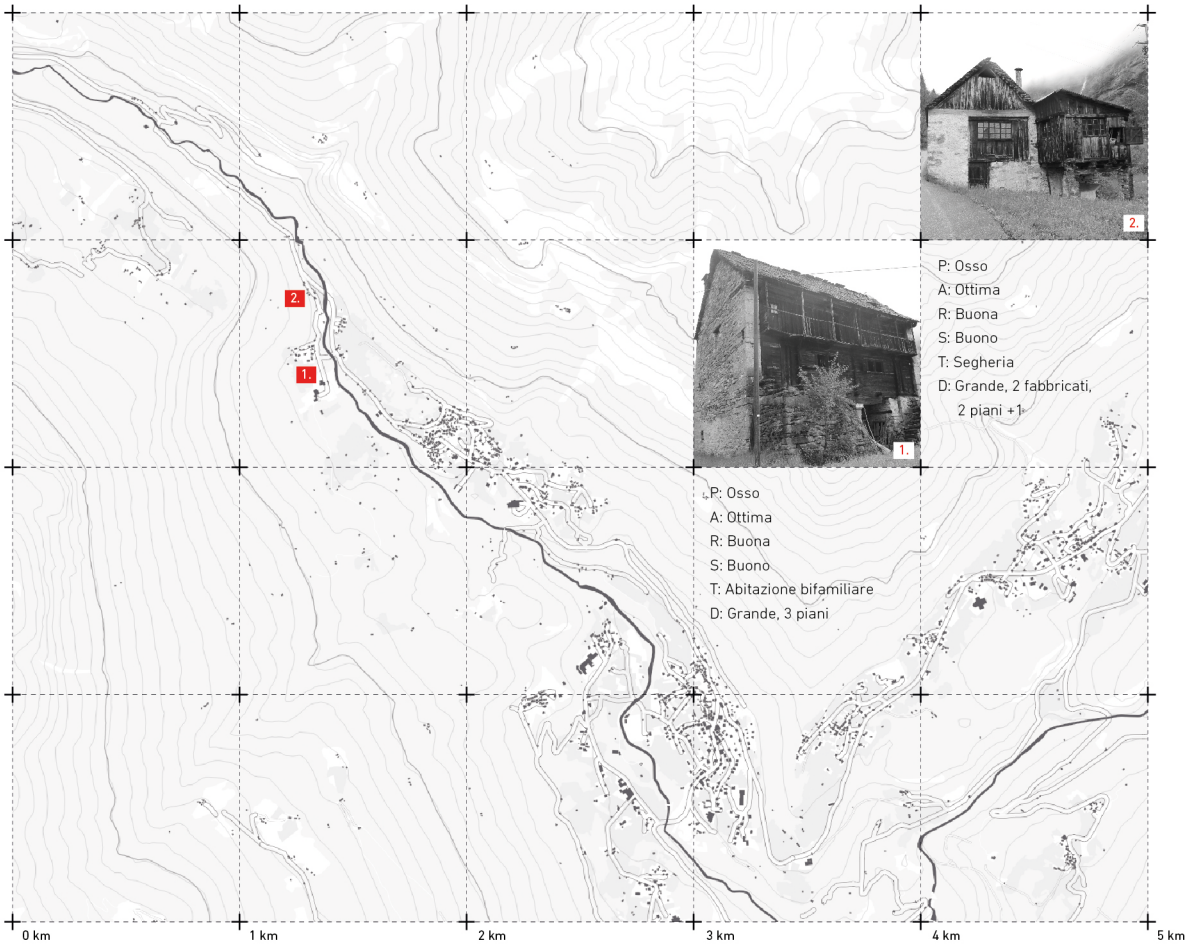
La fase di valutazione successiva è stata concepita con l'obiettivo di individuare una serie di interventi possibili da applicare al patrimonio esaminato, tenendo conto delle sue caratteristiche e delle specifiche necessità emerse durante il processo di studio. In particolare, sono stati presi in considerazione diversi approcci progettuali, ognuno dei quali risponde a differenti esigenze funzionali, estetiche e strutturali.

La proposta progettuale oggetto di questa tesi, sviluppata a partire da un caso studio selezionato, rappresenta solo una delle possibili soluzioni, ma non esaurisce tutte le potenzialità che il recupero del patrimonio potrebbe offrire. Per questo motivo tale lavoro si inserisce in una visione più ampia che intende esplorare la varietà di interventi che potrebbero essere realizzati, a seconda delle condizioni e degli obiettivi specifici di ciascun caso. Parallelamente a questa tesi, infatti, sarà sviluppato dal mio compagno Andrea Vernetti un altro approccio progettuale. La sua ricerca si concentrerà su un patrimonio distinto, ma con metodologie simili, consentendo così un confronto tra soluzioni alternative e una comprensione più ampia delle potenzialità progettuali applicabili sul patrimonio architettonico vernacolare.

Tornando alla presente tesi, la scelta del caso studio è ricaduta su un edificio in un'area rurale, ma non eccessivamente distante dal fondovalle e dai servizi essenziali, così da facilitarne la potenziale abitabilità. Un ulteriore criterio è stata la vicinanza a una strada carrabile, per agevolare sia l'accesso al sito sia la logistica del cantiere. Per facilitare lo studio, è stato selezionato un manufatto facilmente rilevabile e di proprietà nota, così da poter raccogliere informazioni dettagliate sulla sua storia.

Per quanto riguarda lo stato di conservazione, è stata preferita una struttura con un livello di degrado non troppo avanzato, per consentire il recupero di una parte significativa, ma che al contempo offrisse margine per interventi sostanziali, permettendo di sperimentare l'integrazione tra preesistenze e nuova costruzione. Infine, indipendentemente dalla destinazione d'uso originaria, un aspetto essenziale ha riguardato le dimensioni, che garantissero l'abitabilità attraverso una superficie adeguata, altezze interpiano idonee e aperture sufficienti per un buon livello di comfort.

Tra tutti i casi studio individuati, quello che meglio soddisfa i criteri sopra citati è il manufatto di Piccioledo a Montecrestese.



[20] *Casi studio in Valle Antigorio, Osso (Baceno)*

P: Pioda
A: Complessa
R: Discreta
S: Buono
T: Abitazione e stalla
D: Piccola, 2 piani +1 (sottotetto)

P: Pioda
A: Complessa
R: Ottima
S: Cattivo
T: Vineria
D: Media, 2 piani

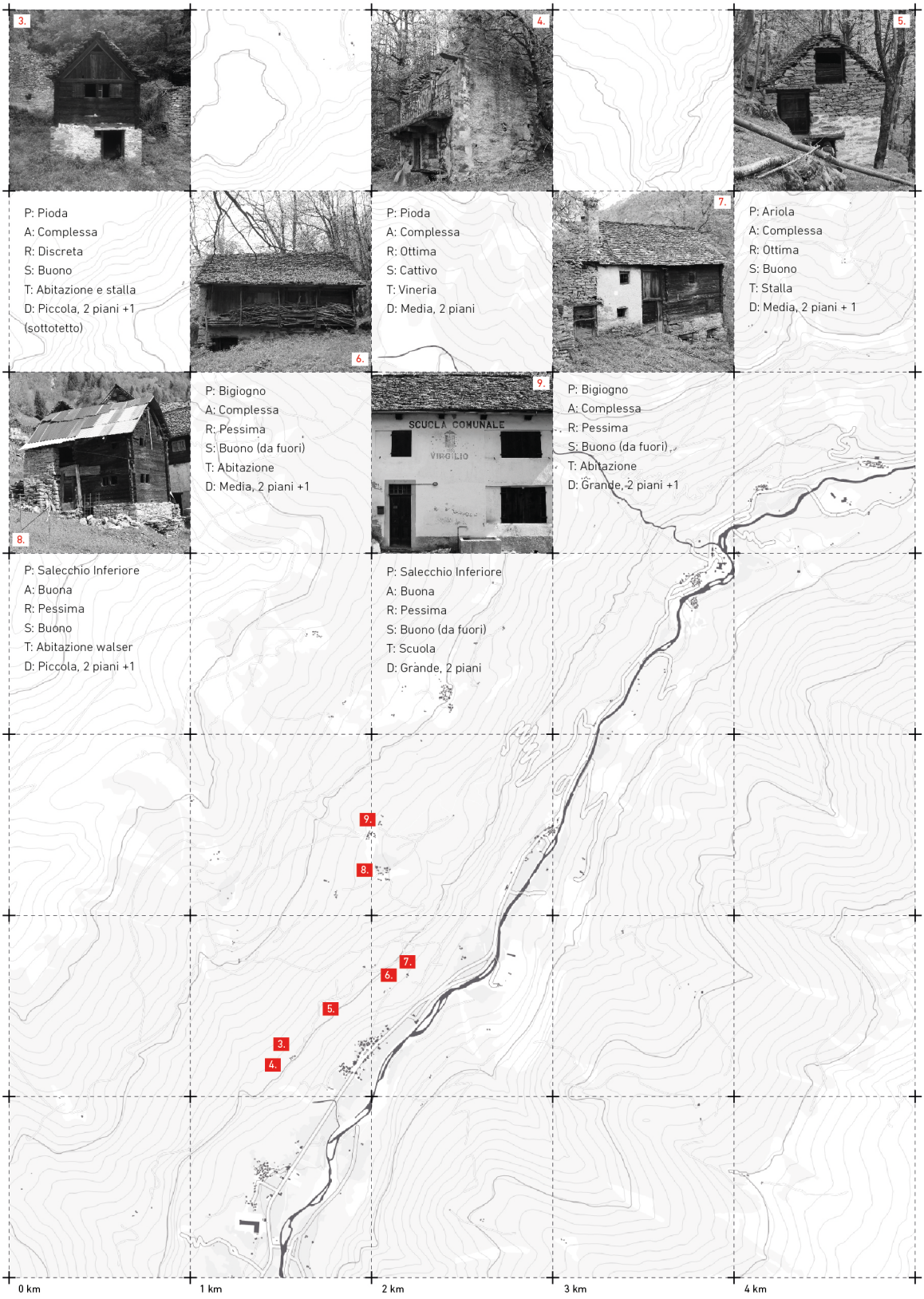
P: Ariola
A: Complessa
R: Ottima
S: Buono
T: Stalla
D: Media, 2 piani + 1

P: Bigiogno
A: Complessa
R: Pessima
S: Buono (da fuori)
T: Abitazione
D: Media, 2 piani +1

P: Salecchio Inferiore
A: Buona
R: Pessima
S: Buono
T: Abitazione walser
D: Piccola, 2 piani +1

P: Bigiogno
A: Complessa
R: Pessima
S: Buono (da fuori)
T: Abitazione
D: Grande, 2 piani +1

P: Salecchio Inferiore
A: Buona
R: Pessima
S: Buono (da fuori)
T: Scuola
D: Grande, 2 piani



[21] *Casi studio in Valle Antigorio, San Rocco (Premia)*

P: Borella
A: Ottima
R: Discreta
S: Buono
T: Stalla con astrigo
D: Piccola, 2 piani

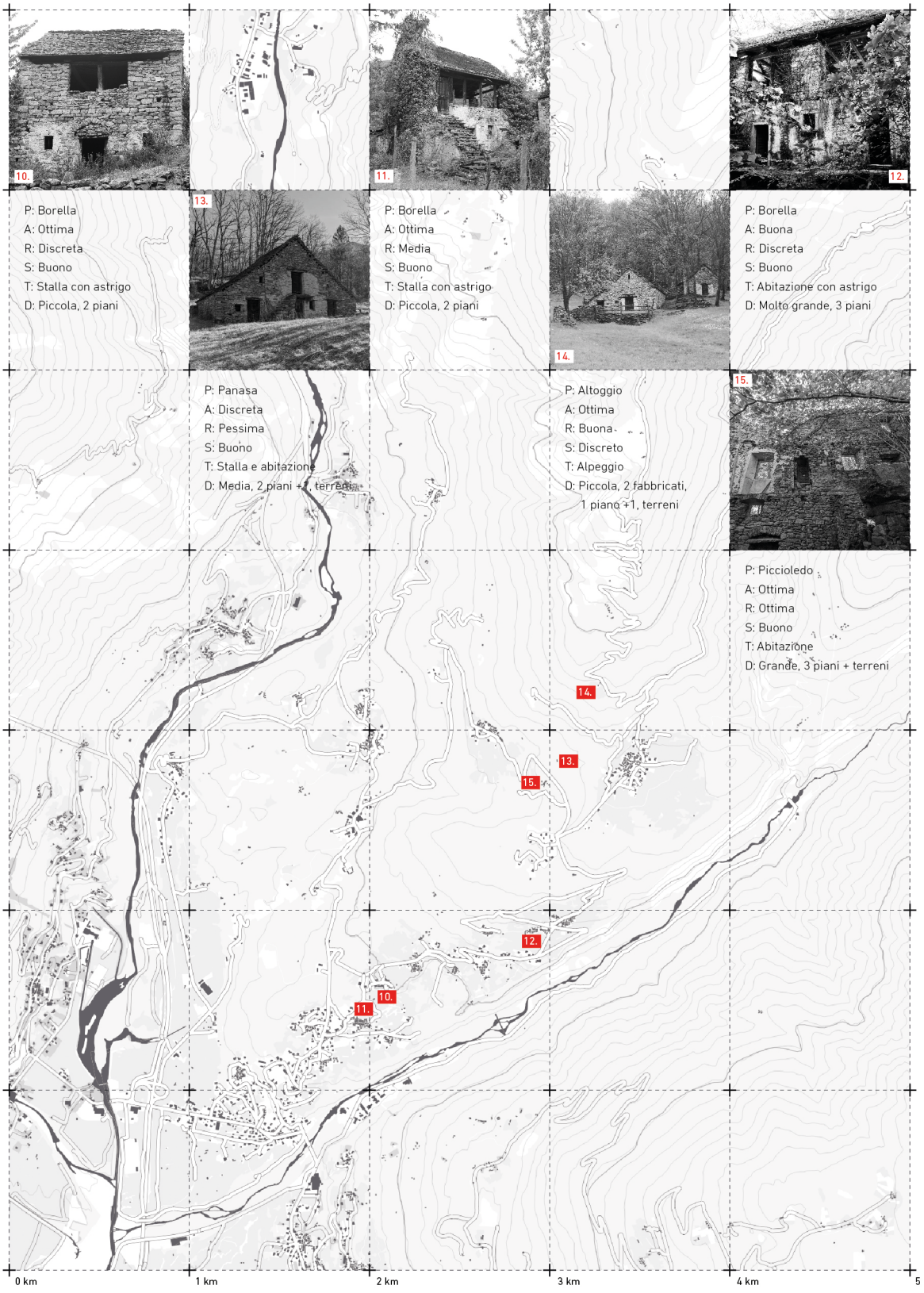
P: Panasa
A: Discreta
R: Pessima
S: Buono
T: Stalla e abitazione
D: Media, 2 piani +1, terreni

P: Borella
A: Ottima
R: Media
S: Buono
T: Stalla con astrigo
D: Piccola, 2 piani

P: Altoggio
A: Ottima
R: Buona
S: Discreto
T: Alpeggio
D: Piccola, 2 fabbricati,
1 piano +1, terreni

P: Borella
A: Buona
R: Discreta
S: Buono
T: Abitazione con astrigo
D: Molto grande, 3 piani

P: Piccioledo
A: Ottima
R: Ottima
S: Buono
T: Abitazione
D: Grande, 3 piani + terreni



[22] *Casi studio in Valle Isorno, Montecrestese*

CAP 3 Casa Ščròsa

«Ščròsa – un tronco scavato all'interno a cui rimane solo la corteccia; una mela o una pera scavata all'interno da vespe, api o calabroni, lasciando intatta solo la buccia»[25]

[25] Alfio Santus, *Dizionario, proverbi ed altre cose dal vecchio dialetto di Montecrestese* (edizioni Centro Culturale).

[23] *Prospetto sud di Casa Ščròsa (Piccioledo).*
Fonte: Maddalena Gallotto (gennaio 2025)

[24] *Prospetto interno nord di Casa Ščròsa.*
Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

[25] *Prospetto interno est di Casa Ščròsa.*
Fonte: Maddalena Gallotto (maggio 2024)

[26] *Prospetto nord di Casa Ščròsa (Piccioledo).*
Fonte: Maddalena Gallotto (gennaio 2025)

Ipotesi di datazione

Il caso studio scelto, che d'ora in avanti chiameremo Casa Šcròsa, per la sua conformazione attuale che la vede definita ormai solo dal suo involucro **[23-26]**, si trova a Piccioledo (comune di Montecrestese), 12 km a nord di Domodossola, a un'altitudine di 660 m s.l.m., e a 20 metri dalla strada carrabile.

Per comprendere il manufatto oggetto del progetto e ciò che resta di questo villaggio, è necessario conoscerne la storia. La ricostruzione che segue dei principali avvenimenti che hanno mutato Piccioledo corso dei secoli è l'esito della sovrapposizione di informazioni fornite dall'attuale proprietario e di ipotesi derivanti dall'osservazione diretta.

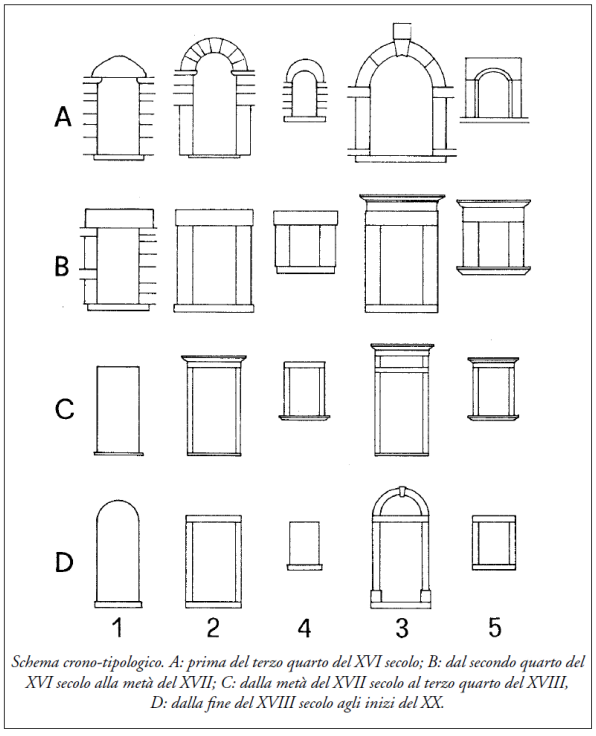
Per la datazione di Casa Šcròsa e la formulazione di ipotesi sulla sua evoluzione, grande importanza ha avuto l'analisi della tessitura muraria, delle aperture, della distribuzione e di altri elementi architettonici.
Sviluppata su tre livelli, Casa Šcròsa presenta al piano terra dei locali parzialmente contro terra probabilmente adibiti a cantine, al piano primo la cucina e le camere da letto e al piano secondo l'astrigo. Gli elementi distribuitivi esterni in pietra simmetrici e la disposizione delle porte fanno ritenere che fosse una casa bifamiliare.
I muri portanti, di spessore variabile tra i 60 e i 90 cm, sono composti di pietre non molto regolari ma i conci dei cantonali sono di grosse dimensioni e ben riquadrati **[27]**. Internamente sono visibili dei giunti sottili di malta tra i conci, a consolidare la muratura oltre che a migliorare le condizioni igieniche degli ambienti interni impedendo l'ingresso di sporcizia, insetti e infiltrazioni d'aria.

[27] *Cantonali su prospetto ovest Casa Šcròsa*
Fonte: Maddalena Gallotto (agosto 2024)

Le caratteristiche della tessitura muraria di Casa Šcròsa appartengono generalmente a muri quattro o cinquecenteschi. A partire dal XVII secolo, infatti, i cantonali tendono ad essere sempre meno evidenti e i paramenti sono più irregolari, dal momento che vengono quasi sempre intonacati. Nel XVIII secolo, i cantonali sono sottili e semplicemente spaccati, e la facciata appare spesso intonacata. Nel XIX secolo, invece, l'intonaco si estende all'intero perimetro dell'edificio e le facciate vengono arricchite da decorazioni che riproducono falsi cantonali in corrispondenza degli angoli.

Un ulteriore elemento utile alla datazione è la fattura delle aperture. Facendo riferimento allo schema crono-tipologico **[28]** proposto da Luciana e Tiziano Mannoni[26], è possibile individuare due tipi di finestre: il primo è riscontrabile nelle aperture collocate al piano terra ed è caratterizzato dalla presenza dei soli architravi sormontati da voltini e dall'assenza di stipiti monolitici **[29]**; il secondo, nel quale rientra la maggior parte delle aperture presenti, è caratterizzata da portali trilitici con

[26] Mannoni e Mannoni, *Problemi archeologici della casa rurale alpina: l'Ossola Superiore*, in: Archeologia Medioevale. (Firenze: Edizioni All'Insegna de Giglio, 1980)



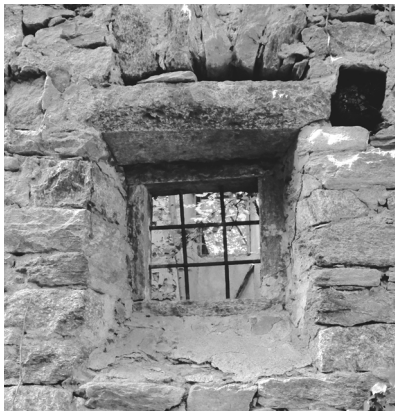
Schema crono-tipologico. A: prima del terzo quarto del XVI secolo; B: dal secondo quarto del XVI secolo alla metà del XVII; C: dalla metà del XVII secolo al terzo quarto del XVIII, D: dalla fine del XVIII secolo agli inizi del XX.

[28] *Schema crono-tipologico*
Fonte: Luciana e Tiziano Mannoni

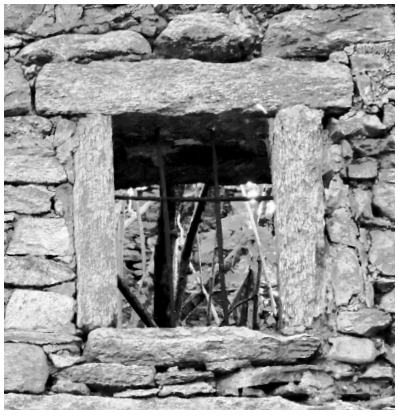
architrave e piedritti monolitici rettangolari di grandi dimensioni **[30]**. Si ipotizza che entrambi i tipi risalgano al periodo compreso tra il secondo quarto del XVI secolo alla metà del XVII secolo.

Le porte, disposte simmetricamente sul prospetto sud e caratterizzate da architravi e stipiti piuttosto massicci **[31]**, si possono attribuire al medesimo periodo. Dalla metà del XVII secolo fino al terzo quarto del XVII infatti, stipiti e architravi si assottigliano notevolmente, e spesso compaiono cornici e sopraluce rettangolari, specialmente per gli edifici più ricchi.

L'unica apertura che presenta una composizione attribuibile al periodo compreso tra la fine del XVIII secolo e gli inizi del XX è una finestra posta sul lato nord **[35]**, probabilmente aggiunta successivamente



[29] *Finestre con architrave e voltino, XVI-XVII sec.*
Fonte: Maddalena Gallotto (agosto 2024)



[30] *Finestre con portali trilitici, XVI-XVII sec.*
Fonte: Maddalena Gallotto (agosto 2024)

[31] *Finestra con stipiti sottili e collarino. XVIII-XX sec.*
Fonte: Maddalena Gallotto (agosto 2024)

alla costruzione del muro, viste la quantità di calce posta tutta intorno a ricucire la tessitura muraria e la presenza del collarino (una striscia di intonaco di calce usato per rifinire le aperture che hanno subito delle modifiche o degli ampliamenti, che evita l'impiego di pietre sagomate). Internamente, questa è l'unica apertura completamente intonacata.

Accanto alla finestra in questione, vi è un altro elemento certamente successivo alla costruzione della casa: il servizio igienico pensile **[32]**. A dimostrarlo è, anche in questo caso, la tessitura muraria circostante, che sembra interrotta e ricucita.

Infine, la compresenza di due camini mette in evidenza la complessità dell'edificio, nelle sue molteplici stratificazioni. Sul prospetto ovest è infatti collocato un camino tipico delle abitazioni più antiche, privo di canna fumaria **[33]**: l'evacuazione dei fumi avveniva attraverso un foro nella parete perimetrale, protetto esternamente da una pietra in aggetto. In questo tipo di camini il tiraggio era molto meno efficiente che nei camini successivi, muniti di canna fumaria. Probabilmente per questa ragione, il camino è stato successivamente murato, e ne è stato costruito un altro sul prospetto opposto **[34]**. Il fatto che la costruzione di questo camino sia avvenuta successivamente rispetto alla costruzione delle pareti perimetrali è dimostrato dalla canna fumaria sporgente rispetto al filo del muro.

[32] *Servizio igienico pensile, prospetto nord.* Fonte: Maddalena Gallotto (agosto 2024)

[33] *Camino originario, prospetto ovest.* Fonte: Maddalena Gallotto (agosto 2024)

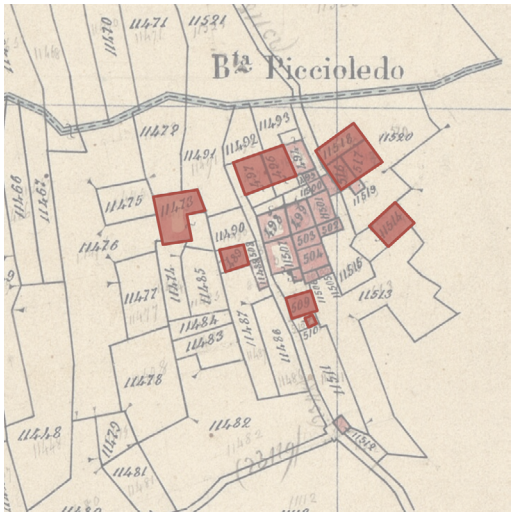
[34] *Camino aggiunto successivamente, prospetto est.* Fonte: Maddalena Gallotto

[35] *Porte d'accesso, prospetto sud.*
Fonte: Maddalena Gallotto (agosto 2024)

Incerta è anche l'epoca di costruzione degli edifici adiacenti. In due di questi sono incise le date 1844 e 1851, che potrebbero però indicare l'anno di risanamento di edifici preesistenti.
Dal Catasto Rabbini, risalente agli anni 1858–1870, risulta che Piccioledo era composta di numerosi edifici che componevano un agglomerato piuttosto denso al suo centro. Si individuano facilmente alcuni degli edifici pervenuti fino ai giorni nostri, nella loro interezza o sotto forma di ruderi. **[36]**

Le prime informazioni certe sulla destinazione d'uso e sull'utilizzo dei manufatti di Piccioledo risalgono agli anni '50 del Novecento, e sono fornite dagli attuali proprietari. Essi affermano che l'ultimo abitante stabile fu Pasqualino, un pastore che visse fino agli anni '50, senza acqua corrente, in una delle case ad oggi meglio conservate.
Più tardi, l'intera borgata fu acquistata da un geometra il quale, visto lo stato di degrado di molti edifici, ne demolì la gran parte con la dinamite. Sottostare ai vincoli del piano regolatore riguardo ai nuclei storici pareva molto più complicato e meno conveniente rispetto a radere al suolo e ricostruire ex novo.

Quando negli anni '80 gli attuali proprietari acquistarono il villaggio, dei 14 volumi esistenti fino al 1950 ne erano rimasti in piedi solo 4. Casa Ščròsa, tra questi, presentava ancora circa la metà del tetto, che crollò con la grande nevicata del 1985. Questo era caratterizzato da uno sporto di 1,40 m, decisamente notevole visto il peso dei tetti in piode, e poco frequente in Ossola. Probabilmente, esso serviva a coprire il grosso blocco scale antistante la casa, in parte crollato, ma di cui è possibile ricostruire lo sviluppo.
Le sostanziali demolizioni effettuate tra gli anni '50 e '80 non sono riportate sulle mappe catastali **[37]**, il che ha complicato notevolmente la fase iniziale di analisi dell'insediamento. Gli edifici collocati in posizione centrale (parcelle 42, 43, 44), demoliti con la dinamite, sono ancora indicati in mappa, ma attualmente quell'area è ricoperta di vegetazione che cela uno strato di macerie: quel poco che non è stato rimosso con escavatore dagli attuali proprietari.



[36] *Edifici pervenuti su Catasto Rabbini*

[37] *Mappa Catastale*

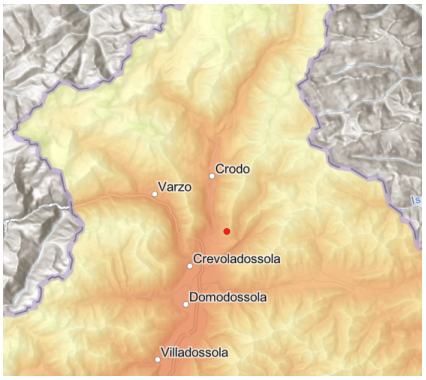
Condizioni climatiche

La consapevolezza riguardo le condizioni microclimatiche è fondamentale nell'architettura vernacolare. Preliminarmente alla progettazione è stato dunque condotto uno studio rispetto al clima di Piccioledo.
Come già anticipato, la conformazione geomorfologica di Montecrestese fa sì che esso risulti ben esposto alla radiazione solare, presentando temperature sempre superiori di qualche grado rispetto a quelle che si registrano a Domodossola, nel fondovalle. Non sono tuttavia disponibili i dati climatici storici per il Comune di Montecrestese, dunque si riportano quelli di Domodossola, consapevoli della discrepanza che sussiste tra i due microclimi.

I dati raccolti da Arpa Piemonte nel 2023[27] rilevano un clima temperato, con una temperatura media per il periodo invernale (Novembre-Aprile) di 7.3°C, e di 16.6°C per il periodo estivo (Maggio-Ottobre). La temperatura minima invernale è di -6.6°C, mentre la massima estiva è di 37.1°C. **[38-39-42]**

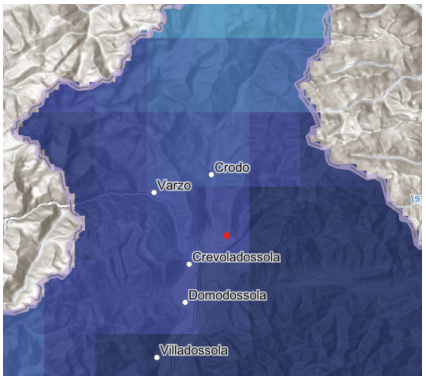
Le precipitazioni, sempre abbondanti, sono presenti tutto l'anno. I mesi maggiormente piovosi sono maggio, giugno, agosto e ottobre.[28] **[40-41-43]** Piccioledo, posizionata in una leggera conca, non è particolarmente esposta ai venti che, sempre facendo riferimento alla stazione meteo di Domodossola, risultano assenti da novembre a febbraio e presentano velocità media massima a marzo, con 1,4 m/s. I venti provengono da N e NNE da agosto ad aprile, mentre da S e SSW nei mesi di giugno e luglio.[29] **[44]**

[27] Arpa Piemonte, 2023, Domodossola
[28] Arpa Piemonte, 2023, Domodossola
[29] Arpa Piemonte, 2023, Domodossola

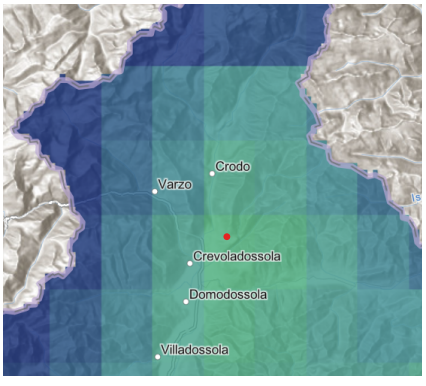


[38] *Temp. massime annuali.* Fonte: Arpa Piemonte

[39] *Temp. minime annuali.* Fonte: Arpa Piemonte



[40] *Precipitazione annuale.* Fonte: Arpa Piemonte



[41] *Numero di giorni piovosi.* Fonte: Arpa Piemonte

DATA	Temperatura massima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura minima (°C)	Temperatura media dei massimi (°C)	Temperatura media dei minimi (°C)
2023-01	14	3.2	-6.6	9.1	-1.2
2023-02	20.1	5.7	-6.3	13.2	-0.1
2023-03	22.9	10.2	-2.6	16.9	4.1
2023-04	24.3	12.6	-0.1	19.4	5.9
2023-05	28.7	16.6	6.1	22.6	11.9
2023-06	32.5	21.5	12.5	28.1	15.7
2023-07	35.4	23.5	12	30.2	17.5
2023-08	37.1	23.3	12	30.8	17.2
2023-09	30.2	19.6	7.7	25.8	14.6
2023-10	29.7	15.1	5.5	20.9	10.8
2023-11	23	6.8	-2.5	13.9	1.7
2023-12	23	5.5	-3.6	11.5	1.2

[42] *Temperature mensili a Domodossola nel 2023.* Fonte: Arpa Piemonte

DATA	Numero giorni piovosi	Precipitazione (mm)
2023-01	1	9.6
2023-02	1	1.2
2023-03	4	40
2023-04	6	63.8
2023-05	16	228.4
2023-06	15	91.2
2023-07	8	53.6
2023-08	10	235.8
2023-09	8	129.6
2023-10	10	189.4
2023-11	6	50.2
2023-12	6	43.4

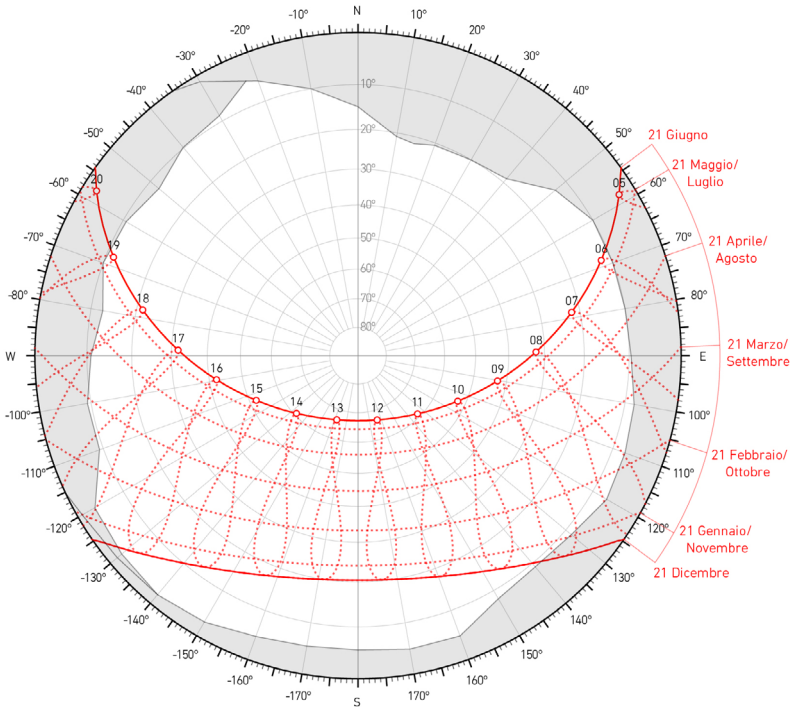
[43] *Precipitazioni mensili a Domodossola nel 2023.* Fonte: Arpa Piemonte

DATA	Velocità media del vento (m/s)	Calma di vento (min)	Velocità massima raffica di vento (m/s)	Settore prevalente	Tempo di permanenza nel settore (min)
2023-01					
2023-02					
2023-03	1.4	2770		2	6380
2023-04	1.1	4930	12.1	2	7330
2023-05	0.8	6140		9	4720
2023-06	0.8	7600	10	10	6160
2023-07	0.8	8340		10	5390
2023-08	0.9	8060	14.1	2	6020
2023-09	0.5	15730	7.3	1	4540
2023-10	0.6	16120	11.7	1	5790
2023-11					
2023-12					

[44] *Venti mensili a Domodossola nel 2023.* Fonte: Arpa Piemonte

Tale posizione infossata, come visibile dalla carta solare[30] **[45]**, non comporta una grande perdita di radiazione solare, se non nelle primissime ore del giorno, circa fino alle 6 d'estate e fino alle 9 d'inverno. Il versante opposto della valle, invece, nasconde il sole dalle 16:30 circa d'inverno e dalle 19 d'estate.

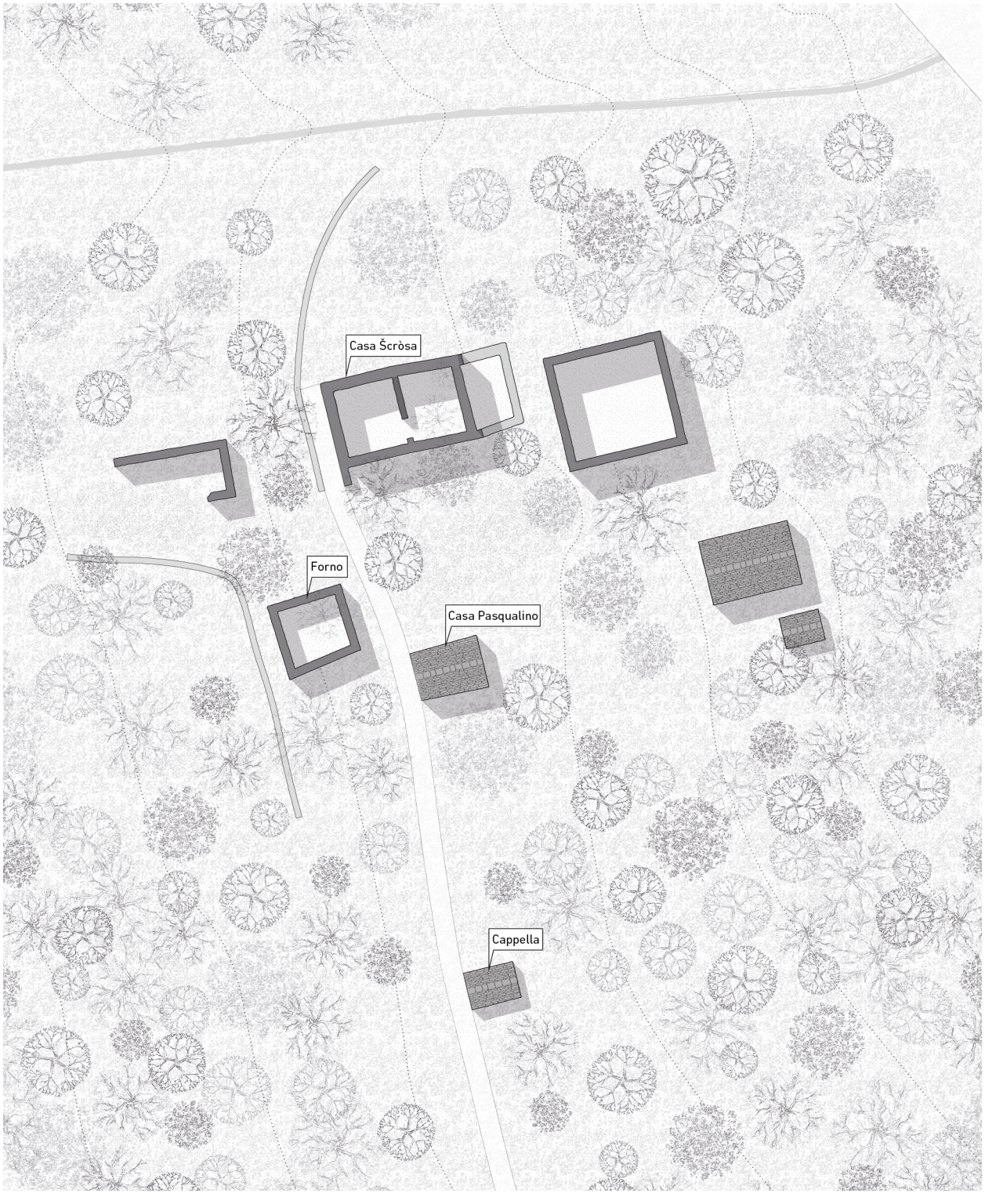
[45] *Carta solare con ombreggiamento dei versanti montuosi.* Fonte: Elaborazione da Andrew Marsh

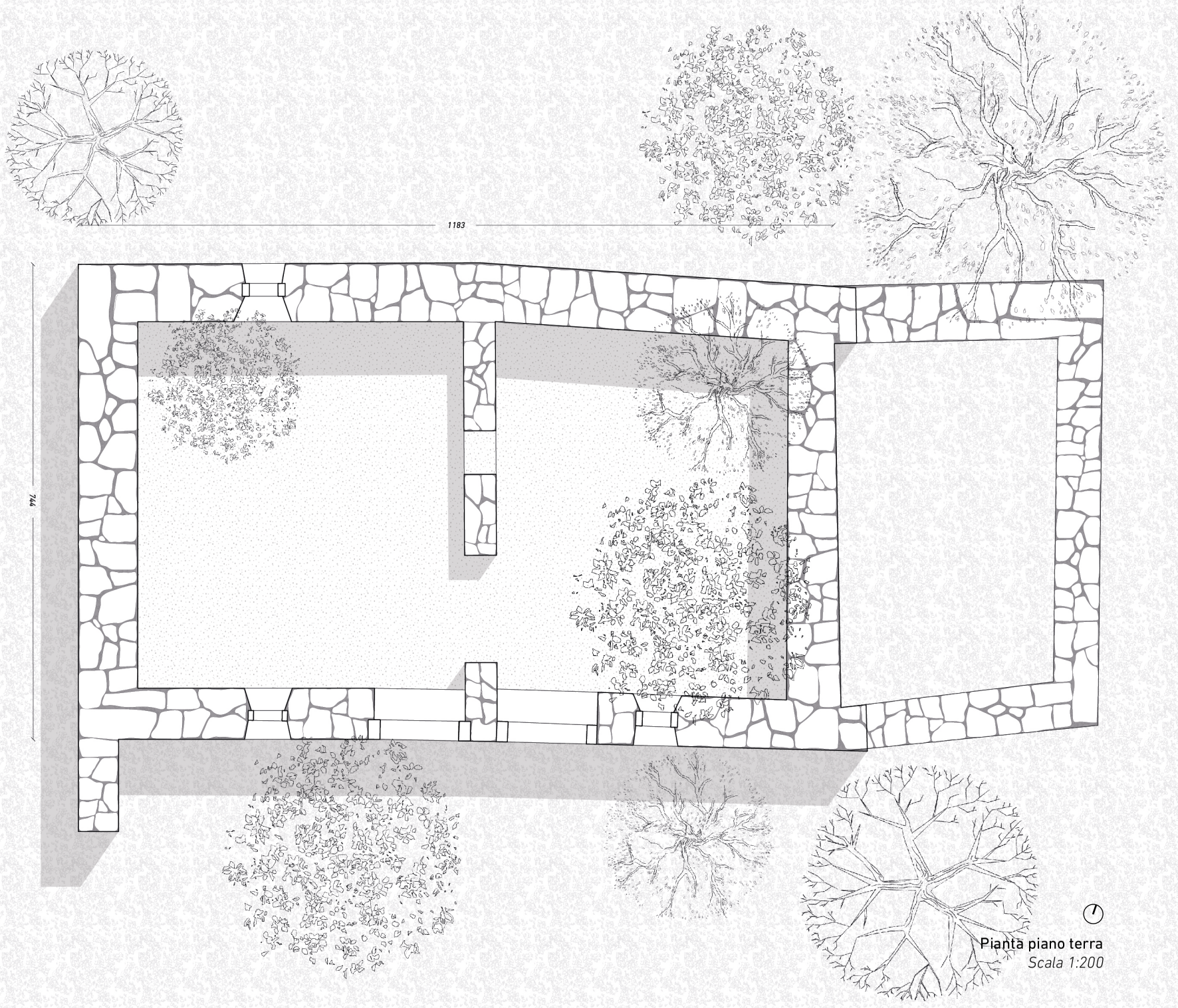


[30] Andrew Marsh, 2D Sun Path

Rilievo architettonico

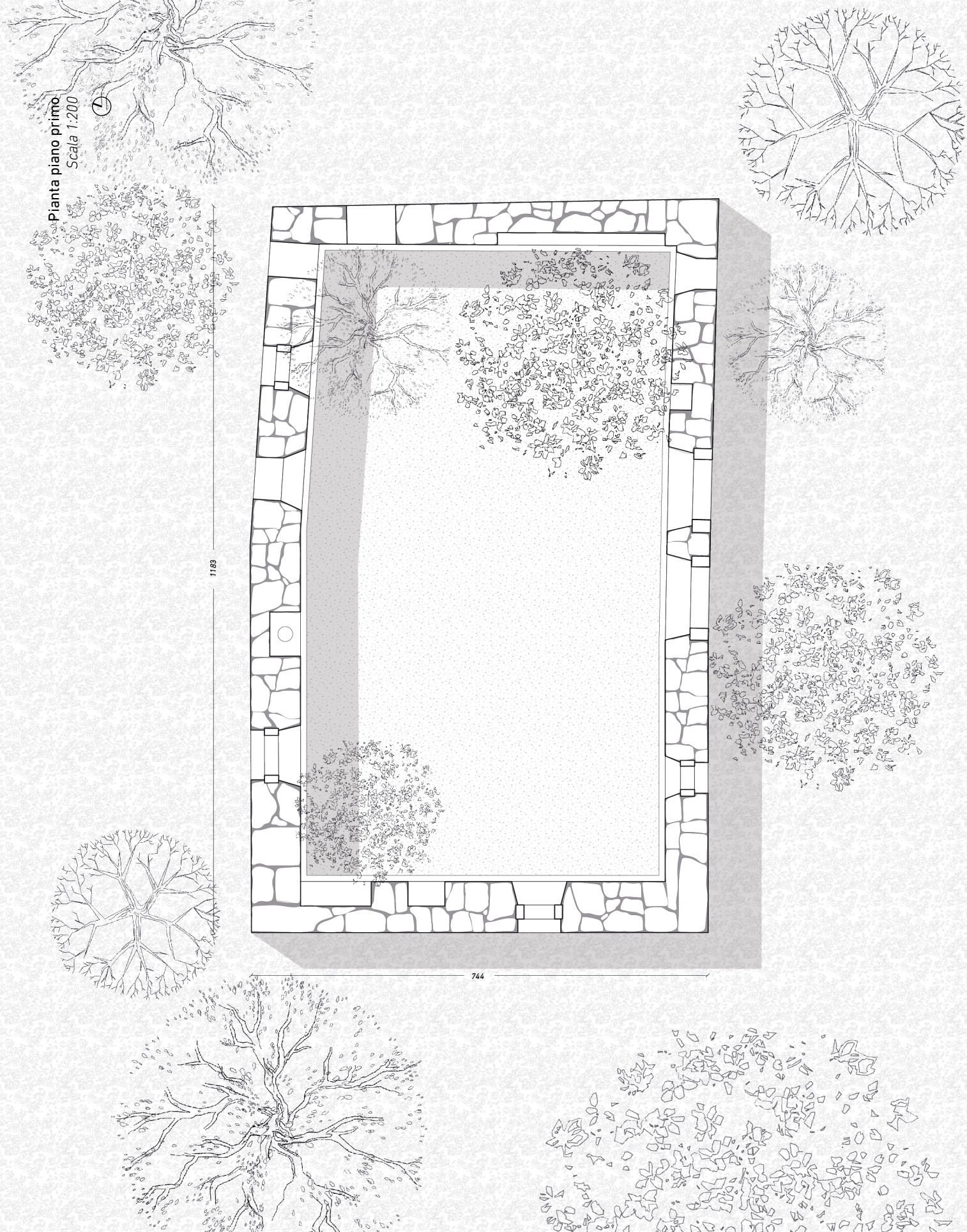
Planimeria
Scala 1:500

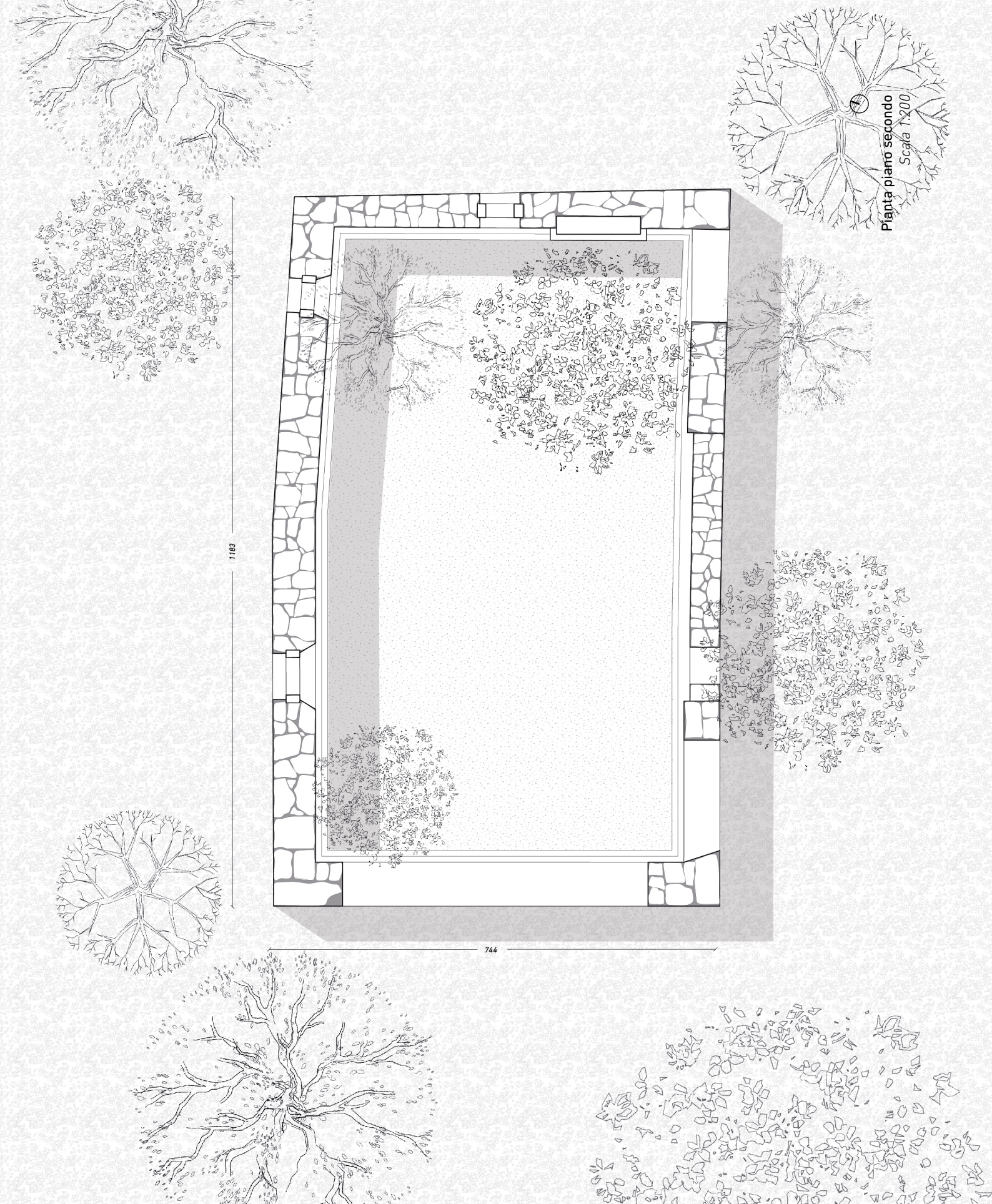




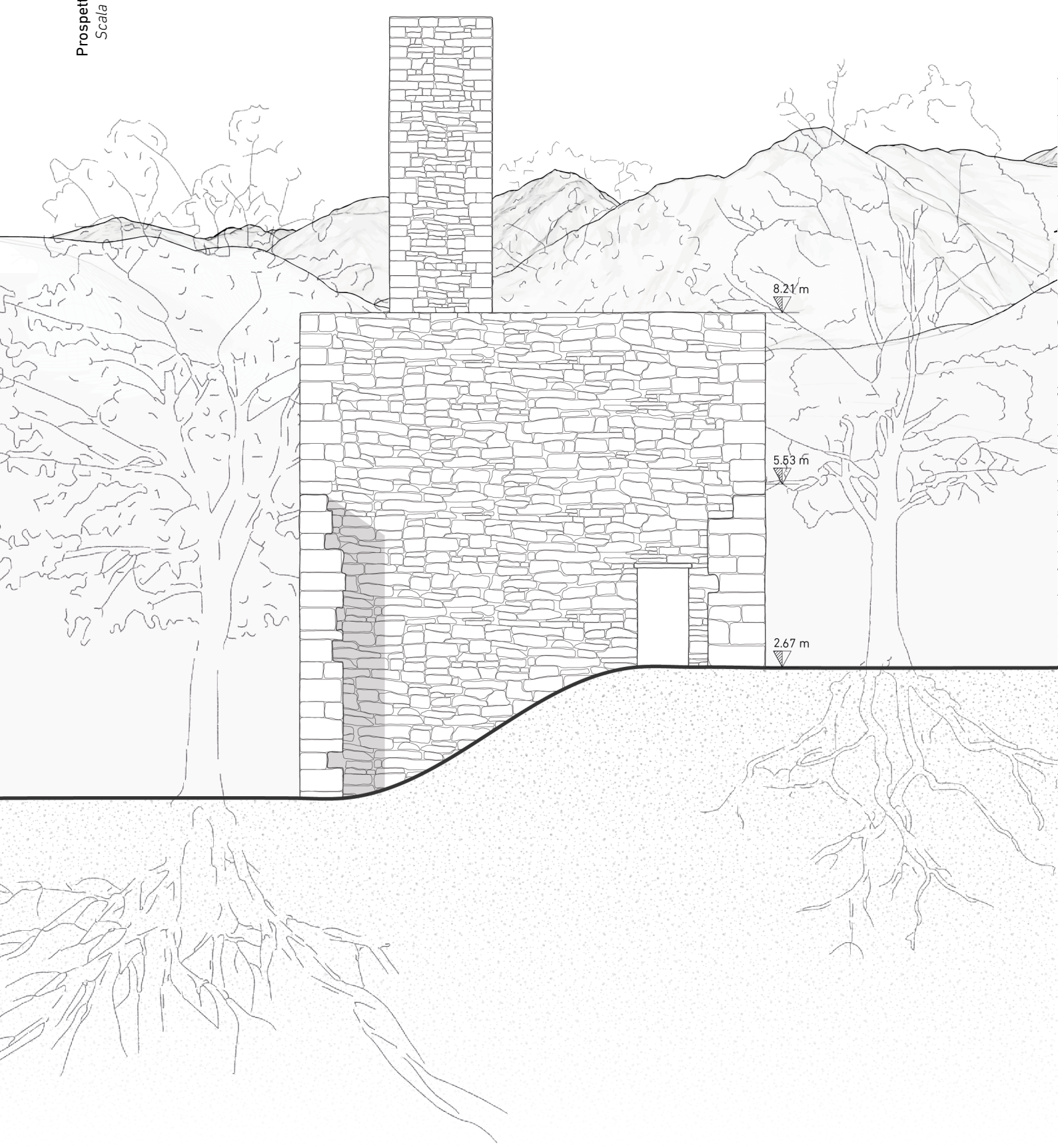
Pianta piano terra
Scala 1:200

Pianta piano primo
Scala 1:200




Pianta piano secondo
Scala 1:200
1183
744

Prospetto est
Scala 1:200



Prospetto nord
Scala 1:200

Prospetto ovest
Scala 1:200

Prospetto sud
Scala 1:200

CAP 4 Il progetto

Destinazione d'uso

Per Casa Ščròsa si prevede un uso residenziale affiancato a un'attività agricola. Le due funzioni, abitativa e produttiva, sono concepite come integrate all'interno dello stesso edificio e destinate a un gruppo di sei persone, coinvolte in un progetto di vita comune.

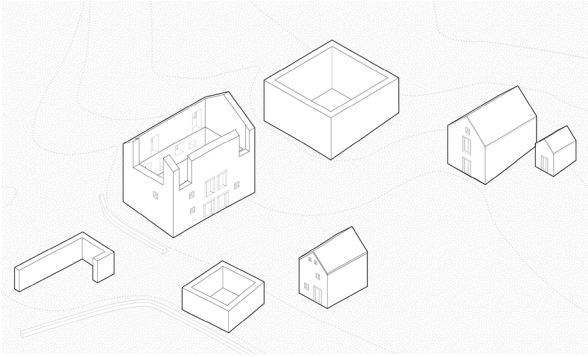
Il modello abitativo è quello della cooperativa d'abitazione: una forma di abitazione collaborativa che prevede il coinvolgimento attivo dei residenti in tutte le fasi di progettazione, costruzione e gestione della propria abitazione e della comunità stessa. La sostanziale differenza tra una cooperativa d'abitazione e un co-housing è che i membri della cooperativa non sono semplici inquilini, bensì co-proprietari e co-responsabili dell'intero processo, il che li rende protagonisti nella propria abitazione e nella comunità.

Il coinvolgimento degli abitanti nella riqualificazione del borgo è centrale ed è concepito come un processo graduale, articolato in fasi **[46]** e con una prospettiva a lungo termine, all'interno della quale il recupero di Casa Ščròsa rappresenta solo il punto di partenza. Una volta completato, l'edificio potrà fungere da supporto logistico e abitativo per la ristrutturazione progressiva degli altri manufatti della frazione. Questi ultimi, a loro volta, potranno essere destinati a nuovi nuclei familiari emergenti, sia a partire dagli abitanti iniziali sia attraverso l'ampliamento della comunità.

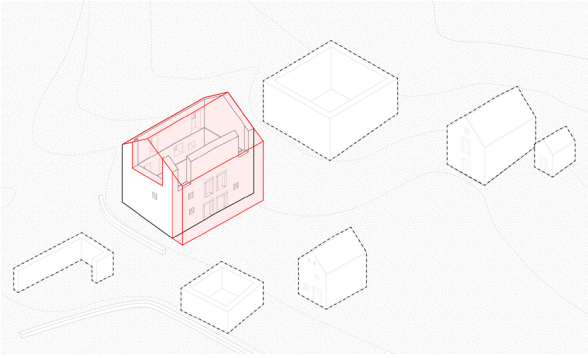
La frazione è dunque pensata per essere ripopolata per gradi, con Casa Ščròsa che ne resta il fulcro, non solo come primo nucleo abitativo, ma anche come centro di riferimento per lo svolgimento delle funzioni connesse all'attività agricola e come luogo di aggregazione per la comunità.

La compresenza dell'attività agricola è fortemente permeante dell'identità complessiva del progetto, che vede nella coltivazione non solo una fonte di guadagno, ma anche un mezzo di autosostentamento in linea con l'utilizzo agricolo storico dell'area, ormai in gran parte perduto, ma ancora visibile nei terrazzamenti che ne conservano la memoria.

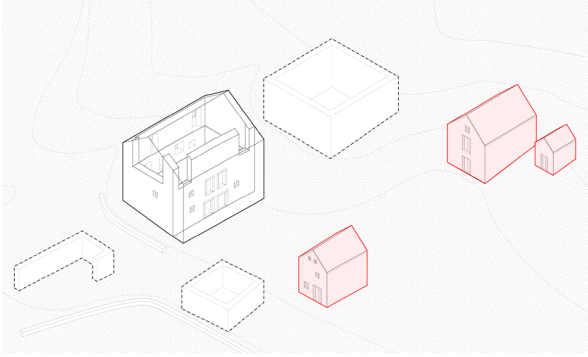
FASE 0: stato di fatto



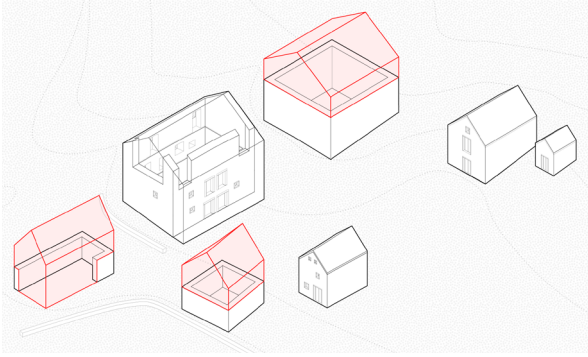
FASE 1: primo insediamento in Casa Scrosa



FASE 2: recupero edifici meglio conservati



FASE 3: recupero ruderi restanti



[46]

Ripensamento del concetto di comfort

Dal momento che l'obiettivo della tesi è progettare prototipi abitativi che abbiano un impatto prossimo allo zero, parallelamente all'approccio costruttivo non si può non ripensare anche il concetto di comfort abitativo stesso.

In un'ottica di efficienza dei sistemi e utilizzo minimo delle risorse, sarebbe infatti incoerente esigere livelli di comfort troppo alti senza che ce ne sia la necessità, ovvero senza che ciò corrisponda alle esigenze fisiologiche. Dello stretto rapporto tra il costruito e l'ambiente circostante, ricercato nell'ambito dell'architettura bioclimatica, deve far parte anche l'utente. Ciò significa che compito dell'utente è adattarsi e assumere comportamenti diversi a seconda delle diverse condizioni determinate dalle stagioni, sempre nei limiti di un livello di comfort minimo sufficiente e garantito.

Ma chi definisce il minimo livello di comfort accettabile? A tal proposito, è importante specificare che non esistono dei valori globali a cui fare riferimento, in quanto la concezione di comfort è relativa, e dipende da molteplici fattori.

Innanzitutto, il comfort è strettamente connesso al paese in cui viviamo e alla condizione socio-economica nella quale ci troviamo. C'è però anche da dire che la percezione del comfort varia nel tempo: ci abituiamo alle comodità cui abbiamo accesso, pretendendo livelli di comfort sempre maggiori, fino ad arrivare a condizioni di comfort eccessive che rappresentano pure ostentazioni di potere e ricchezza.

In secondo luogo, l'intenzione con la quale viviamo uno spazio influisce molto sulle sensazioni di comfort e di disagio che questo ci suscita. Se in uno stesso luogo, che nella nostra concezione consolidata di comfort ci può sembrare poco confortevole, ci poniamo con un'intenzione diversa, guidata da valori che scegliamo di condividere, possiamo infatti trarre piacere da livelli di comodità inferiori, e provare financo divertimento e soddisfazione nella scelta deliberata di ambienti "scomodi" che mettono alla prova la nostra personalità e il nostro potenziale.[31]

Inoltre, sempre di più viviamo in ambienti che presentano condizioni di comfort tali da isolarci dalle condizioni climatiche esterne, dal paese nel quale ci troviamo, dalla stagione che stiamo vivendo: sono spazi neutralizzati, che negano la consapevolezza del contesto territoriale e ambientale nel quale ci troviamo.

Nella visione di architettura vernacolare del XXI secolo qui proposta, il coinvolgimento attivo dell'utente nell'adattare i propri comportamenti alle variazioni climatiche si integra con una progettazione attenta, capace di sfruttare al meglio le risorse energetiche disponibili. L'obiettivo è ottimizzare il comfort abitativo, riducendo al contempo i consumi dell'edificio.

Esito di tale concezione sono le strategie bioclimatiche che seguono.

[31] Paul Oliver, *Built to Meet Needs: Cultural Issues in Vernacular Architecture* (London: Elsevier, 2006). p. 103

Sistemi passivi: strategie bioclimatiche

L'efficienza energetica di un edificio, nella pratica architettonica contemporanea, viene spesso percepita come un requisito che esula dalla progettazione dal manufatto edilizio propriamente inteso, e che può essere soddisfatto tramite l'aggiunta di complessi sistemi impiantistici e altamente energivori. Al contrario, l'architettura vernacolare, come già anticipato, mira al soddisfacimento dei requisiti energetici già a partire dalla fase di progettazione, sfruttando la stretta correlazione tra la composizione architettonica e il contesto climatico, materiale e topografico in cui essa si inserisce. Conoscere l'architettura vernacolare di un determinato contesto, pur mantenendo uno sguardo sulle molteplici declinazioni che questa ha avuto in contesti climatici simili, può dunque offrire spunti progettuali sulle possibili soluzioni costruttive, compositive e distributive low-tech, a bassa energia incorporata, attuabili in un'ottica di contenimento dei consumi energetici. Tali soluzioni sono definibili con il nome di strategie bioclimatiche.

Per strategie bioclimatiche, si intendono quelle strategie che fanno uso di tecniche 'passive' per ottenere condizioni adeguate di salubrità e comfort all'interno degli edifici. Esse mirano a ridurre il fabbisogno energetico, anche attraverso lo sfruttamento di fonti gratuite quali sole, vento, suolo e sottosuolo, configurando l'edificato in modo da ottenere il massimo contributo possibile da queste risorse.

Di seguito sono richiamate alcune strategie bioclimatiche nelle quali il progetto architettonico collima con quello energetico.

Una zona intermedia che si adatta alle stagioni: la serra bioclimatica

Il limite tra spazio interno ed esterno in un edificio solitamente coincide con la facciata, che rappresenta una barriera fissa con la funzione di proteggere dai fattori esterni. Si può però introdurre una zona intermedia, ossia uno spazio filtro che funziona come regolatore termico riscaldando lo spazio interno in inverno e mitigando il surriscaldamento d'estate, e consentendo allo stesso tempo lo svolgimento di molteplici attività al suo interno, variabili in base alle stagioni. Un esempio di zona intermedia è la serra bioclimatica.

La serra bioclimatica fa parte delle tecniche passive utilizzate per il controllo delle condizioni termo-igrometriche interne degli edifici. In particolare, essa rappresenta un sistema solare passivo, ossia un sistema in grado di raccogliere, accumulare e ridistribuire energia termica senza impianti meccanici. I sistemi solari passivi si compongono principalmente di due elementi: un collettore, rappresentato solitamente da una superficie trasparente orientata a sud/sud-ovest, e una massa termica, che accumula la frazione termica della radiazione solare. Dunque, la loro funzione è quella di accumulare energia termica sotto forma di radiazione solare per poi restituirla in maniera diretta o indiretta e con uno sfasamento temporale agli spazi adiacenti, migliorandone le condizioni di comfort e riducendo la spesa per il riscaldamento.

La serra bioclimatica progettata per Casa Ščròsa è una serra a guadagno indiretto, in quanto la radiazione solare riscalda l'aria di uno spazio filtro (la serra) fisicamente separato dallo spazio abitato, al quale è collegato unicamente tramite delle aperture (porte e finestre). Queste vengono aperte

in base alle esigenze dell'utenza in modo da favorire il movimento convettivo d'aria che riscalda lo spazio abitato. Per quanto riguarda la massa termica, rappresentata in questo progetto dal muro in sasso a vista, il suo scopo è quello di accumulare calore, per poi rilasciarlo gradualmente per irraggiamento nelle ore di massimo bisogno, ossia quelle serali e notturne. Si può approssimare che, se la radiazione solare in una giornata media ha un andamento simmetrico nelle dodici ore solari, la curva termica, simile a quella della radiazione, presenta uno sfasamento tra le sei e le dieci ore. Per ottenere uno sfasamento nel rilascio di calore che risponda perfettamente alle esigenze di comfort dell'utenza è necessario tenere conto della posizione, del materiale, dello spessore e della quantità di masse termiche presenti.

Oltre alla fluttuazione termica giornaliera, è altrettanto importante tenere in considerazione il cambiamento delle condizioni stagionali. Al variare delle condizioni esterne, si richiede la regolazione di alcune parti della serra, senza la quale le prestazioni della stessa potrebbero essere addirittura dannose. Per questo è importante, parallelamente alla progettazione di questi sistemi, prevedere quale sarà il ruolo dell'utenza nel funzionamento del dispositivo in questione.

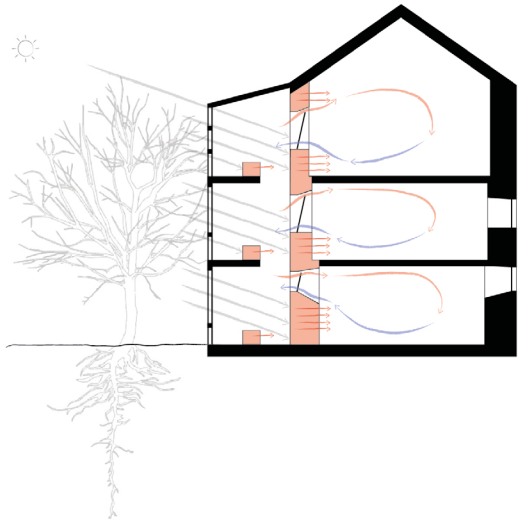
Di seguito sono analizzati i comportamenti bioclimatici della serra di Casa Šcròsa al variare sia delle stagioni sia delle ore del giorno.

Il funzionamento invernale diurno **[47]** ha lo scopo di massimizzare il guadagno solare. Per questo motivo la serra è orientata a sud-ovest, in modo da captare quanta più radiazione solare possibile nella sua maggior intensità. Anche se la serra presenta massima efficienza in presenza di radiazione solare diretta, questa può ottenere un bilancio energetico positivo anche durante una giornata coperta, se le temperature esterne non sono eccessivamente basse, dal momento che l'involucro trasparente è isolato termicamente per la presenza del vetro camera. La serra funziona sia per convezione che per irraggiamento. Le finestre e le portefinestre con apertura a vasistas presenti ad ogni livello sono infatti pensate per consentire il passaggio di aria calda dalla serra verso l'interno dalla fessura superiore, e l'uscita dell'aria fredda, più pesante, dalle fessure laterali in basso, a creare degli scambi convettivi lenti e prolungati nel tempo. Per quanto riguarda il funzionamento a scambio radiativo invece, il muro in sasso posto in corrispondenza della serra e privo di isolamento, dello spessore medio di 70 cm, funge da accumulatore e distributore dell'energia termica verso l'ambiente interno adiacente a temperatura minore. Esistono varie tipologie di massa termica di accumulo nelle serre bioclimatiche: a parete (come in questo caso), a pavimento (se il solaio della serra è esso stesso massa d'accumulo), centrale (se la massa d'accumulo è posta al centro della serra, non in adiacenza all'ambiente interno). Di queste la prima è la più vantaggiosa in quanto la massa termica è di solito più protetta dalle dispersioni verso l'esterno. Infatti, confinando la parete con un locale abitato, è probabile che questo non scenda mai

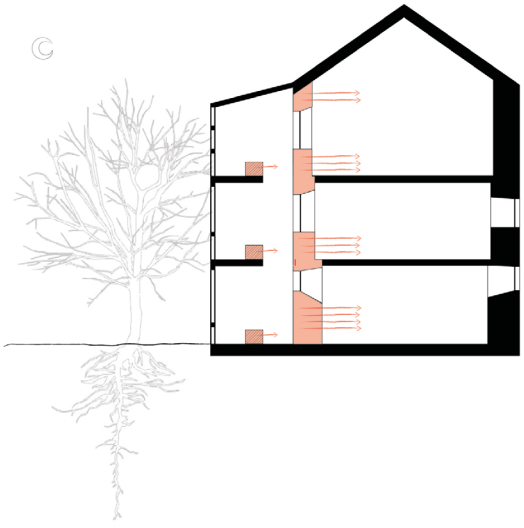
troppo di temperatura, il che rallenta notevolmente il raffreddamento della massa termica. Anche le vasche di coltivazione poste nella serra, per il fatto di presentare importanti quantità di terra esposta alla radiazione solare, contribuiscono allo stoccaggio e al successivo rilascio di radiazione solare.

Il funzionamento invernale notturno **[48]**, invece, mira a minimizzare le dispersioni termiche che causerebbero il raffreddamento dell'aria nella serra e delle masse termiche d'accumulo. Per questo è fondamentale disporre innanzitutto di serramenti con una buona tenuta, sia nella serra che nella parete perimetrale vera e propria. Inoltre, quando la temperatura dell'aria all'interno dello spazio vetrato scende al di sotto di quella dei locali abitati, affinché non avvenga un'inversione dello scambio convettivo, tutti gli infissi vanno chiusi. La parete in pietra, in mancanza di irraggiamento solare, inverte il flusso energetico emettendo calore verso la serra e raffreddandosi. Per questo sarebbe utile applicare un sistema di isolamento mobile in corrispondenza del lato esterno della parete e attivarlo non appena cessa la radiazione solare. Nonostante ciò, dal momento che i tempi di raffreddamento sono lunghi, vista l'inerzia termica del materiale, e che una gestione di tale sistema da parte dell'utenza sarebbe piuttosto impegnativa, si è valutata tale soluzione come non indispensabile.

Il funzionamento estivo diurno **[49]** prevede la minimizzazione del guadagno solare per evitare il surriscaldamento, tramite la schermatura della radiazione solare e una corretta ventilazione. La schermatura impedisce che i raggi del sole attraversino la superficie trasparente e colpiscano le masse di accumulo termico. Essa deve proteggere le superfici solari orizzontali e inclinate maggiormente



[47] Funzionamento invernale diurno

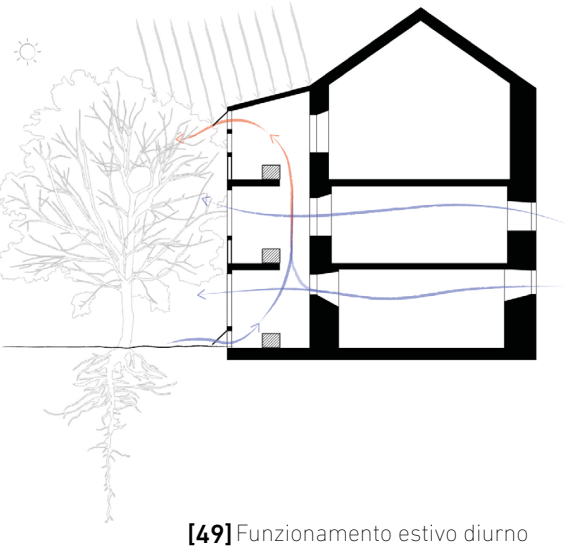


[48] Funzionamento invernale notturno

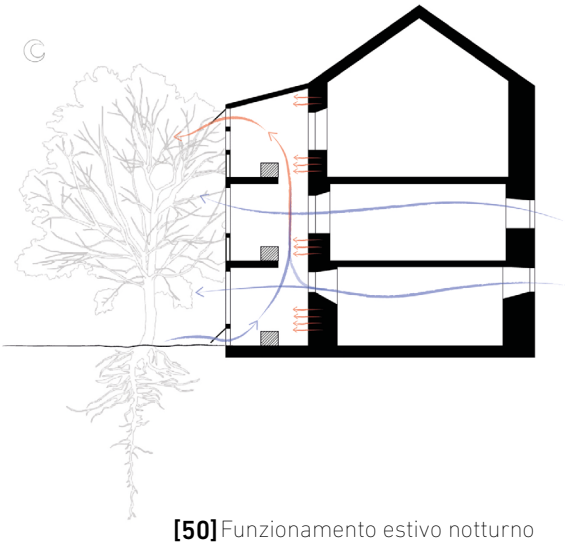
esposte ai raggi solari estivi, che a Piccioledo hanno un'inclinazione massima di 77°. La copertura che prolunga quella dell'edificio scherma la maggior parte di questi raggi. Al piano terra e all'ultimo piano sono collocate delle bocchette di ventilazione con anta in listelli di legno, la cui apertura all'ultimo piano svolge allo stesso tempo la funzione di schermatura orizzontale. Alberi caducifogli antistanti la serra schermano le superfici vetrate verticali.

La ventilazione naturale avviene tramite l'integrazione di due sistemi: il primo è rappresentato dall'apertura dei serramenti nella serra, nella parete perimetrale sud e nella parete nord, tutti allineati tra loro. Questa ventilazione incrociata favorisce il raffrescamento degli ambienti tramite l'ingresso di aria fresca da nord. Il secondo è rappresentato dall'effetto camino, reso possibile dalle suddette bocchette collocate nella parte inferiore e superiore della serra le quali, una volta aperte, generano correnti ascendenti che tendono a creare delle depressioni all'interno della serra. Tali depressioni vengono sfruttate per richiamare in casa aria fresca dalle aperture sul lato nord, ed espellere l'aria riscaldata dalla sommità della serra.

Il funzionamento estivo notturno **[50]**, infine, ha l'obiettivo di massimizzare la dispersione del calore verso l'esterno, sia per convezione che per irraggiamento, attraverso l'apertura dell'involucro. Per questo si è posta attenzione al posizionamento delle aperture nell'ambiente vetrato e nell'abitazione, anche in riferimento ai moti d'aria caratteristici del sito. Piccioledo, per la conformazione geomorfologica del territorio, rimane piuttosto schermata dai venti provenienti da nord e ovest. Si sfrutta comunque la ventilazione incrociata per favorire l'ingresso dell'aria dal lato nord così da raffrescare gli ambienti.



[49] Funzionamento estivo diurno



[50] Funzionamento estivo notturno

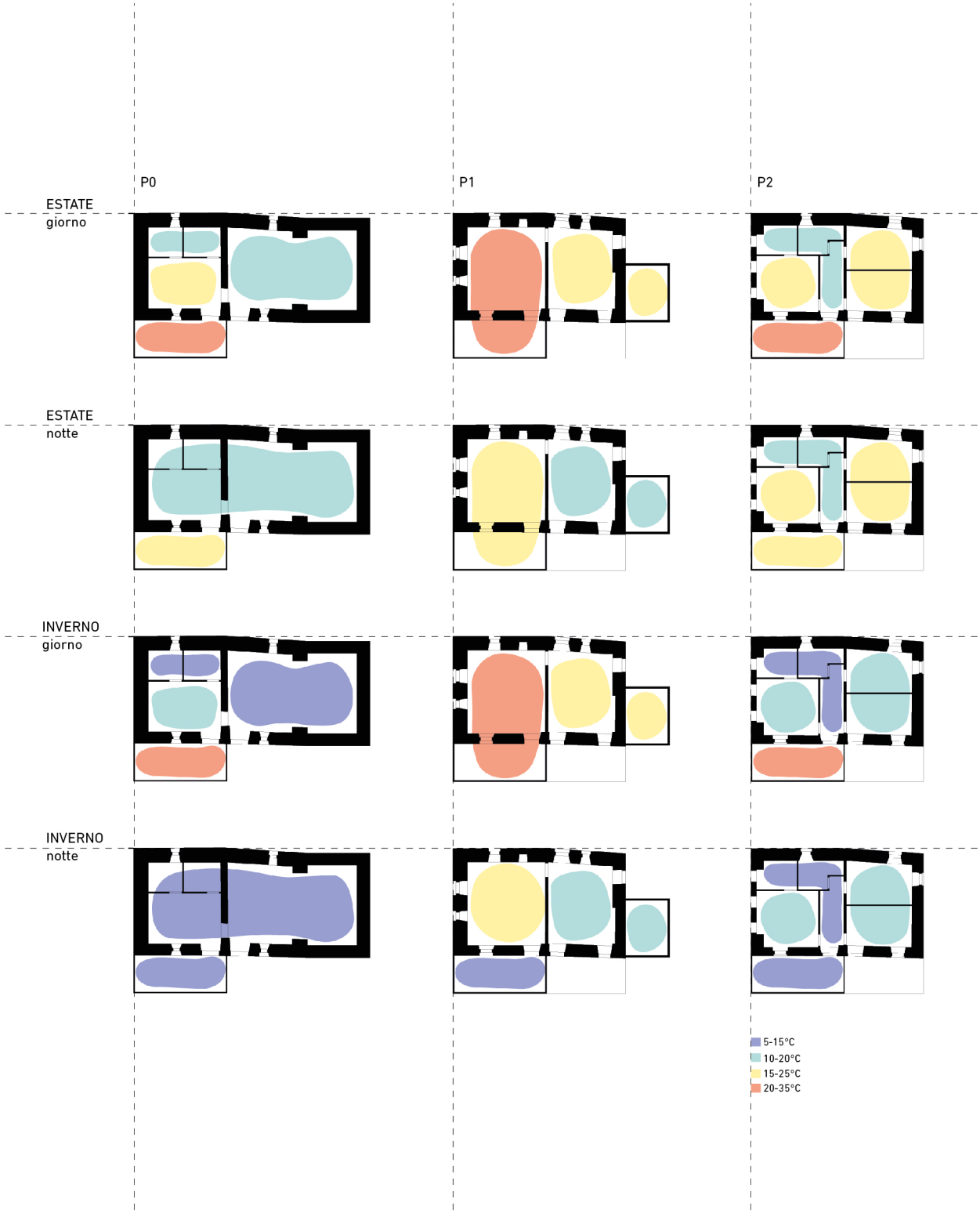
La compressione spaziale: stanze che mutano

Fa parte delle pratiche consolidate dell'abitare l'abitudine di mantenere la stessa temperatura in tutte le stanze, almeno 22°C, per indossare abiti estivi in casa anche in pieno inverno. Come già discusso precedentemente, tra le soluzioni più impattanti nella riduzione del fabbisogno energetico c'è innanzitutto un cambio nei comportamenti e nella mentalità. Se le stanze fossero riscaldate a temperature diverse a seconda del loro utilizzo, si otterrebbe una notevole riduzione del fabbisogno energetico, pur erogando livelli di comfort adeguati agli specifici utilizzi. In Casa Ščròsa la stanza dove la temperatura di progetto è più alta e costante è la cucina, la quale in inverno diventa il nucleo caldo della casa raggruppando al suo interno anche alcune delle attività altrimenti distribuite in altre stanze. Il piano secondo invece, adibito a zona notte, è mantenuto più freddo, e i bagni sono scaldati solo in concomitanza del loro utilizzo. Successivamente saranno mostrati i diversi sistemi di riscaldamento adottati per rispondere al gradiente di temperature previsto. **[51]**

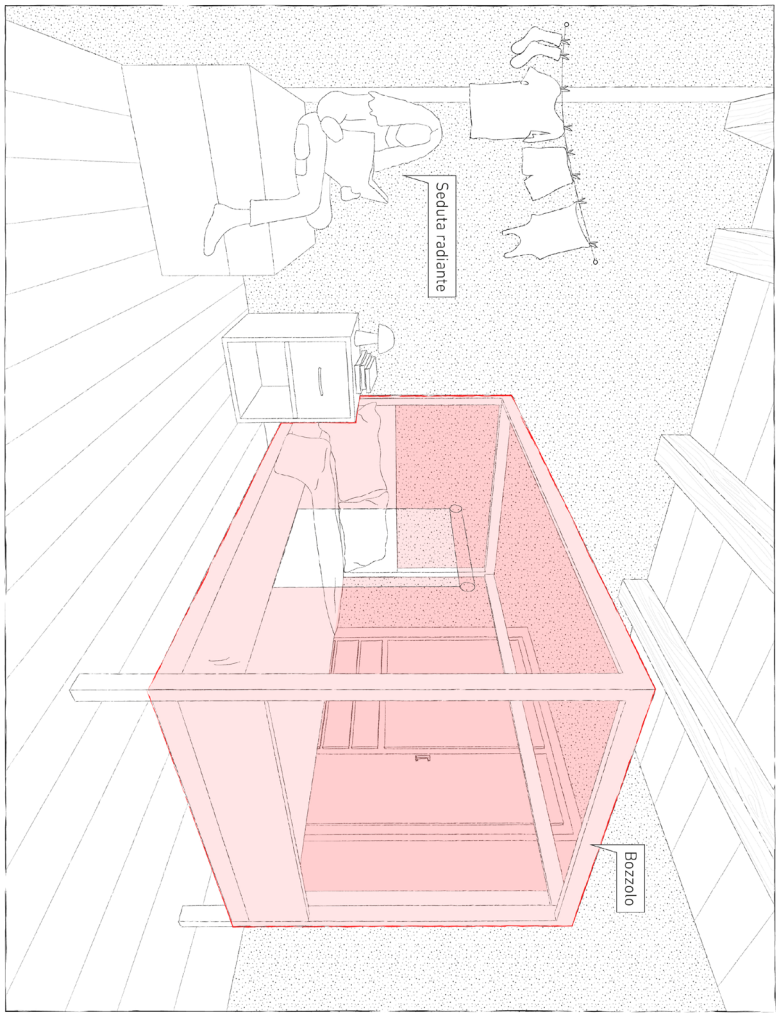
In aggiunta all'adattamento delle temperature ai diversi spazi vi è l'adattamento degli spazi stessi per raggiungere le temperature desiderate. Di norma, infatti, una stanza ha un volume costante e una conformazione immutabile, ma la si potrebbe pensare anche come uno spazio mutevole, che si adatta rispondendo ai cambiamenti di temperatura stagionali, per esempio riducendo il volume da riscaldare tramite l'abbassamento dell'altezza, o attraverso il rivestimento delle pareti e del pavimento con materiali che aumentano la temperatura superficiale percepita. Una possibile declinazione progettuale di questa strategia in Casa Ščròsa è l'applicazione in inverno di tessuti isolanti in feltro di lana a una quota inferiore rispetto a quella del soffitto **[52]**, così da impedire l'ascensione e la dispersione del calore verso l'alto, abbinata a un rivestimento del pavimento con tappeti. I tessuti applicati possono essere agilmente rimossi durante l'estate a restituire ai locali volumi e finiture superficiali originari.

Il bozzolo: il calore del corpo umano che modella gli spazi

Il corpo umano rappresenta una fonte di calore, che oggi il più delle volte non viene tenuta in considerazione come contributo al raggiungimento di un comfort termico. In passato, però, il calore del corpo umano veniva utilizzato per riscaldare piccole camere da letto racchiuse da partizioni in legno o in tessuto, collocate al centro della stanza o in nicchie ricavate in adiacenza alle pareti circostanti. In questo modo, i piccoli volumi che si venivano a creare, come dei bozzoli mantenevano il calore del corpo umano favorendo un microclima confortevole per il sonno.
Da questa suggestione, nasce l'idea progettuale di realizzare in Casa Ščròsa dei telai lignei a racchiudere i letti degli utenti, che, d'estate privi di utilizzo, possono essere utilizzati d'inverno come supporto per tessuti isolanti come il feltro di lana. I bozzoli così composti permettono di mantenere il calore principalmente nella zona di riposo, il letto, senza dover riscaldare tutta la camera da letto che, almeno di notte, non viene utilizzata in tutta la sua estensione. **[53]**



Gradiente delle temperature dei locali al variare delle condizioni climatiche esterne **[51]**



[53] Bozzolo in feltro di lana

[52] Tendaggi isolanti in feltro di lana scorrevoli

L'hot-spot: il riscaldamento che genera attività sociali

Il sistema di riscaldamento utilizzato tradizionalmente dai Walser era un fornetto, elemento riscaldante multifunzionale che, oltre a fornire calore, serviva per essiccare i raccolti, asciugare i vestiti e cucinare il cibo, fungendo da punto di raccolta per le persone che vi si riunivano intorno a lavorare di giorno per poi addormentarsi al suo tepore di notte.

Il principio che sottostà alla progettazione del sistema di riscaldamento per Casa Ščròsa, spiegato in maniera più dettagliata nel capitolo seguente, è che questo, allo stesso modo del fornetto, non si limiti a rappresentare una soluzione tecnica che risponde al bisogno di riscaldamento, ma che sia in grado di supportare abitudini ed esigenze quotidiane degli occupanti, che entrano in relazione con i diversi corpi che lo compongono.

Sistemi attivi

Laddove le tecnologie passive non sono sufficienti a soddisfare i requisiti di comfort desiderati, subentrano i sistemi attivi, ossia tutti gli impianti tecnologici e dispositivi meccanici che per funzionare necessitano di un apporto energetico da parte della rete o da fonti rinnovabili. Alcuni dei sistemi attivi proposti di seguito sono in realtà ibridi, in quanto seppur siano sistemi che richiedono un'azione diretta per essere attivati e dipendono da una fonte energetica, presentano delle caratteristiche che li avvicinano ai sistemi passivi. È per esempio il caso della stufa ad accumulo e del compostaggio termico, analizzati in seguito.

Sistemi di riscaldamento

Per la scelta del sistema di riscaldamento più consono a Casa Ščròsa è stato fondamentale il supporto di Axel Berberich, artigiano e artista esperto nella progettazione e costruzione di stufe ad accumulo e pannelli radianti ad accumulo. Le sue creazioni utilizzano principalmente la combustione a pirolisi, che sarà spiegata in maniera più approfondita in seguito, caratterizzata da alta efficienza e basse emissioni. Il suo approccio segue i principi dell'architettura ritmica[32], filosofia che guida la progettazione attraverso l'unione di proporzioni armoniose, estetica e praticità. Ogni progetto non è solo un elemento funzionale, ma anche un'opera d'arte che arricchisce l'ambiente in cui si trova, e con il quale l'utenza entra in relazione.

[32] Berberich, Axel. *Architettura ritmica. Labottegadunar.* https://labottegadunar.com/architetture-ritmica/

Oltre alla realizzazione di stufe e pannelli radianti, Axel offre corsi di formazione e laboratori didattici per condividere le sue competenze nel settore del riscaldamento a irraggiamento. La progettazione del sistema di riscaldamento presentato di seguito è stata guidata dalle indicazioni apprese tramite il suo corso di autocostruzione di una stufa pirolitica, oltre che dal confronto diretto con Axel.

1. Stufa ad accumulo a pirolisi

Le categorie di stufe

Per descrivere il funzionamento di una stufa ad accumulo occorre innanzitutto fornire una panoramica delle tipologie di stufa esistenti. La prima fondamentale distinzione è quella tra stufe leggere e stufe ad accumulo.

Una stufa leggera è solitamente costruita con materiali come ghisa e acciaio, ossia materiali conduttori, in grado di riscaldarsi velocemente ma trattenere il calore per tempi limitati. La caratteristica di queste stufe è la capacità di riscaldarsi molto rapidamente, rilasciando calore nell'ambiente quasi immediatamente dopo l'accensione, ma raffreddarsi altrettanto velocemente una volta spento il fuoco. Questo tipo di riscaldamento è quindi efficace nel caso di periodi di utilizzo rapidi e occasionali.

Nel caso in cui si ricerchi un riscaldamento prolungato e continuo, dunque una maggiore efficienza a lungo termine, la tipologia di stufa ad accumulo è senz'altro più adatta. Essa è infatti costruita con materiali ad alta capacità termica come pietra ollare, mattoni, piastrelle di ceramica, terra cruda o materiali refrattari, che assicurano una propagazione lenta e costante di un calore sano: il calore radiante. Con una stufa ad accumulo è infatti possibile tenere acceso il fuoco nella stufa per un'ora e usufruire, fino a 12 ore dopo, del rilascio del calore nel nostro ambiente. Con due sole cariche, effettuate la mattina e la sera, i locali risultano così riscaldati per 24 ore.

Entrambe le categorie di stufe, leggere e ad accumulo, possono solo scaldare l'ambiente o anche consentire di cucinare. In quest'ultimo caso prendono il nome di stufe-cucina e possono presentare una o più piastre per cucinare e/o un forno.

È possibile aggiungere alle stufe o stufe-cucina uno scambiatore di calore che permette di produrre acqua calda da destinare a un impianto di riscaldamento ad acqua o alla produzione di acqua calda sanitaria. Si parla in questi casi di termo-stufe o termo-cucine. Chiaramente bisogna tenere in considerazione il fabbisogno di acqua calda sanitaria nei periodi di inattività della stufa, dunque prevedere anche la presenza di pannelli solari termici o di una caldaia, che risponda a questo fabbisogno in maniera complementare alla stufa.

La stufa scelta per Casa Ščròsa è una termo-stufa ad accumulo in materiale refrattario con combustione tramite pirolisi. Di seguito ne è descritto il funzionamento.

Irraggiamento: il sole in casa

Il materiale di accumulo termico non trasmette calore all'aria, in quanto l'aria non è in grado di scaldarsi per irraggiamento, bensì direttamente ai corpi. Per comprendere il fenomeno basta pensare al calore che ci trasmette il sole d'inverno quando fuori fa freddo. Noi ne siamo riscaldati, eppure la temperatura esterna è bassa. Allo stesso modo, la stufa è in grado di trasmettere calore al nostro corpo, anche se l'aria nell'ambiente interno resta fresca. Respiriamo aria fresca e abbiamo il corpo

caldo: il contrario di quello che accade con una stufa leggera, che scalda l'aria ma lascia il nostro corpo freddo, seccando la nostra pelle e irritando gli occhi. Inoltre, se nel caso di una stufa leggera per avere 18°C all'altezza delle spalle è inevitabile che sul soffitto si registrino temperature anche di 40°C, con l'enorme spreco che ciò comporta, una stufa ad accumulo riscalda i corpi fino a 5 metri di distanza con la sua piena intensità (il calore penetra per 7 cm nel corpo umano), mentre lascia l'aria fresca. Gli stessi corpi irradiati, una volta scaldati irradiano a loro volta.[33]

Il comfort termico percepito dagli occupanti non dipende unicamente dall'impianto di riscaldamento adottato, bensì dalla relazione tra questo e il resto del sistema edificio. Per questo motivo, per una corretta progettazione di un sistema di riscaldamento con stufa ad accumulo, è necessario considerare le masse di accumulo termico della stufa in relazione a quelle del fabbricato, in modo da ottimizzare lo stoccaggio, la ripartizione e il rilascio dell'energia termica. Le pareti, i solai ed eventuali elementi di arredo possono rappresentare un sostanziale apporto inerziale nell'ambiente abitato, se progettati adeguatamente.

Inoltre, dal momento che l'emettitore irradia raggi infrarossi, è importante che il rivestimento interno di pareti, pavimenti e soffitti abbia un'inerzia sufficiente ad accumulare l'energia irradiata e a ritrasmetterla adeguatamente agli occupanti. La scelta delle superfici interne assume così un ruolo centrale, in quanto con finiture caratterizzate da bassa effusività lo spazio interno si scalda più rapidamente di uno spazio rivestito di materiale ad alta effusività. Influiscono altrettanto la capacità termica e lo spessore delle finiture scelte.

In linea con queste considerazioni, la cucina di Casa Ščròsa presenta come pavimentazione un tavolato ligneo, materiale a bassa effusività, mentre la finitura delle pareti perimetrali (ad eccezione di quella confinante con la serra) e delle partizioni è realizzata con un intonaco a base di calce, materiale con una buona inerzia termica.

Una combustione pulita: pirolisi e pirogassificazione

Per quanto riguarda la tipologia di combustione, per la termo-stufa di Casa Ščròsa si è scelta la pirogassificazione, che non è altro che una combustione tramite pirolisi, creata però artificialmente all'interno della stufa. **[54]**

La pirolisi è un fenomeno che si verifica in ogni combustione della legna e che permette di estrarne il gas in presenza di calore e assenza di ossigeno. È la successiva accensione di questo gas in presenza di ossigeno a creare la fiamma. Il processo di pirolisi è dunque separato dal processo di produzione della fiamma: lo stesso avviene nella camera di combustione delle stufe a pirolisi. Questa, infatti, presenta una camera inferiore che è il caricatore, dove viene inserito il combustibile, e una parte superiore che è la camera di combustione.

Il caricatore, che può essere a cilindro o a parallelepipedo, è chiuso sul lato inferiore da una lastra in metallo forata, che rappresenta il cassetto di presa dell'aria primaria, che è responsabile della quantità di gas prodotto. Il caricatore, dimensionato sulla base della durata della combustione voluta (1-2 ore) va riempito completamente con il combustibile. Saranno in seguito elencati i materiali più adatti a questo tipo di combustione.

La combustione viene attivata dall'alto, all'interno del

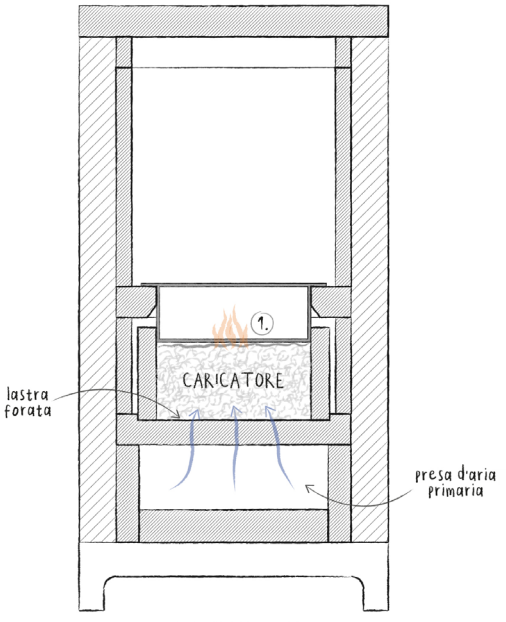
[33] Berberich, Axel. Stufa pirolitica. *Corso di autocostruzione. Bosco di Ogigia.* https://bosco-di-ogigia.teachable.com/courses/enrolled/2154783

caricatore, utilizzando un materiale infiammabile che faccia salire rapidamente la temperatura, come alcol, diavolina, o carta impregnata con cera o alcol. Dopo 2-3 minuti, nella parte superiore del caricatore, che raggiunge rapidamente una temperatura di 1000°C, si può osservare la formazione di una 'crosta', ossia una superficie continua e compatta, risultato della combustione del primo cm di combustibile, che impedisce all'ossigeno di scendere.

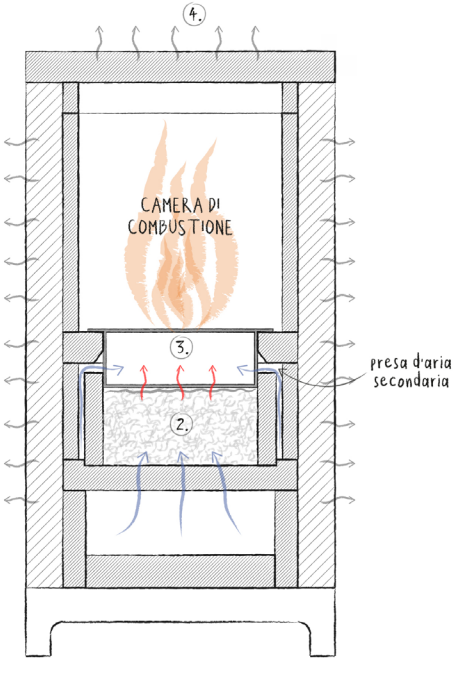
Sotto la crosta, sono a questo punto presenti le condizioni perché avvenga la gassificazione, progressivamente dall'alto verso il basso. Da questo momento in poi, la fiamma presente non proviene più dalla superficie del combustibile, dove aveva avuto inizio la combustione, ma nel punto in cui il gas estratto incontra l'ossigeno introdotto tramite la presa d'aria secondaria.

Attorno al caricatore è infatti presente un'intercapedine che consente l'ingresso di ossigeno da una presa d'aria secondaria e regolabile, responsabile della qualità della combustione. Sulla sommità del caricatore è invece posizionata una corona metallica con dei fori. L'aria, dunque, entra dalla presa d'aria secondaria, passa nell'intercapedine e attraverso i fori raggiunge il gas prodotto, producendo la fiamma, alta circa 30 cm.

La scelta di adottare una stufa a pirolisi è dettata dalla sua altissima resa, che raggiunge fino al 90-95% a fronte di un 80-85% di una stufa a legna. La combustione nelle stufe a pirolisi è talmente pulita che riesce a gassificare tutte le sostanze della legna, non produce monossido di carbonio e lascia solo qualche cucchiaio di cenere minerale. Il fumo prodotto non ha odore ed esce trasparente dalla canna fumaria.



1. ATTIVAZIONE COMBUSTIONE



2. GASSIFICAZIONE

3. ACCENSIONE FIAMMA

4. IRRAGGIAMENTO

[54]

Sfruttare tutto il calore prodotto: i girifumi

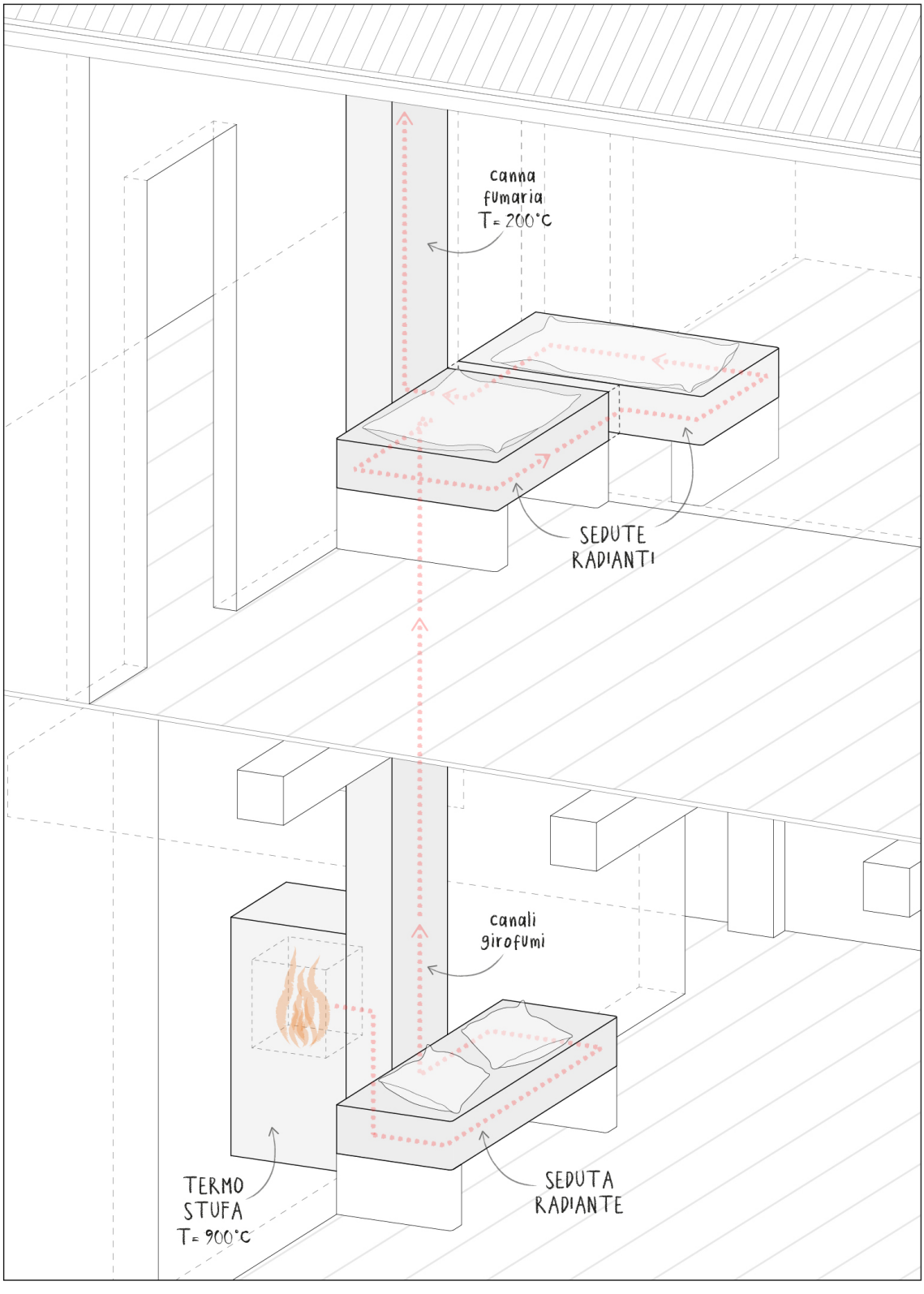
In una stufa convenzionale viene sfruttato unicamente il calore della fiamma, ma non quello del fumo sprigionato che ha ancora una temperatura che si aggira attorno ai 900°C. L'obiettivo dei girifumi è di allungare il percorso dei fumi prima di farli uscire dalla canna fumaria, così da sfruttarne il calore il più possibile. Sapendo che il fumo deve essere evacuato a una temperatura non inferiore ai 200°C in modo da evitarne la condensazione, tutto il calore compreso tra i 900 e i 200°C può essere immagazzinato.
I canali dei fumi vengono dunque fatti passare all'interno di masse d'accumulo. Tali masse vengono integrate nel progetto degli interni e sfruttate come elementi che, oltre a distribuire il calore nelle camere da letto collocate al piano secondo rappresentandone il principale sistema di riscaldamento, possono essere usate come sedute o superfici riscaldanti. **[55]**

Combustibili di riuso

La combustione tramite pirolisi offre delle alternative all'utilizzo di legna come combustibile, anzi predilige materiali con granulometria omogenea. Tra i più diffusi il pellet ricavato da abete, faggio, quercia e disponibile in commercio. È inoltre possibile autoprodurre il pellet tramite delle macchine pellettatrici a partire da diversi materiali di scarto, quali foglie e fondi di caffè. In alternativa si può usare il cippato, con l'accortezza che sia tritato abbastanza finemente per non avere troppa aria al suo interno. Interessante è l'impiego di scarti alimentari come gusci di nocciole e noccioli di frutta. Entrambi sono meno costosi del pellet, ma necessitano di accortezze per evitare che si formino nidi d'aria o sacche di gas all'interno della camera di combustione, e che questa non avvenga troppo rapidamente. Per ovviare a tale problema è possibile combinare tra loro diversi combustibili.
Per Casa Ščròsa, la possibilità di utilizzare scarti provenienti dalla produzione agricola come combustibile può abbassare il consumo di altri combustibili e di conseguenza il costo, oltre che aumentare l'efficienza del sistema reimpiegando degli scarti di produzione.

Il ruolo dell'utenza

A fronte dell'elevata efficienza della stufa scelta e della sua capacità di rispondere a molteplici esigenze degli occupanti, la stufa ad accumulo richiede un impegno di gestione non indifferente, di cui è fondamentale essere consapevoli. In primo luogo, implica l'approvvigionamento del combustibile e la disponibilità di spazi di stoccaggio. È necessario inoltre occuparsi autonomamente e quotidianamente dell'accensione ed essere a conoscenza del funzionamento in modo tale da sfruttare la massima efficienza della stufa tramite una combustione il più completa possibile. Infine, è richiesta la verifica periodica della pulizia dei condotti. La scelta di adottare tale sistema di riscaldamento deve dunque tenere in considerazione prima di tutto la compatibilità della gestione della stufa con la vita degli utenti.


canna
fumaria
T= 200°C
SEDUTE
RADIANTI
canali
girofumi
TERMO
STUFA
T= 900°C
SEDUTA
RADIANTE

[55]

2. Pannelli radianti

La tipologia di pannelli radianti impiegati per Casa Ščròsa incarna quella proposta dall'artigiano Axel Berberich nei suoi corsi di autocostruzione e descritta nel suo corso[34]. Nello specifico, tali pannelli sfruttano una resistenza elettrica per scaldare uno strato di muratura o un massetto il quale, una volta accumulato il calore, lo rilascia all'ambiente tramite irraggiamento. L'estrema semplicità costruttiva di questi pannelli radianti ne rende possibile l'autocostruzione e una agile gestione in fase d'uso.
I pannelli radianti in questione sono composti di quattro elementi **[56]**:

1. Il primo strato da predisporre all'interno di una struttura di contenimento, che darà la forma al pannello, è quello isolante, spesso 1 cm, che permette di trattenere il calore e non disperderlo nella parte posteriore del pannello. Per esempio possono essere usati una miscela di pula di riso, cemento di bauxite e pietra pomice.

2. Sopra lo strato isolante si posa la rete metallica sulla quale viene fissata la resistenza elettrica, dotata di termostato, cavo e presa elettrica.

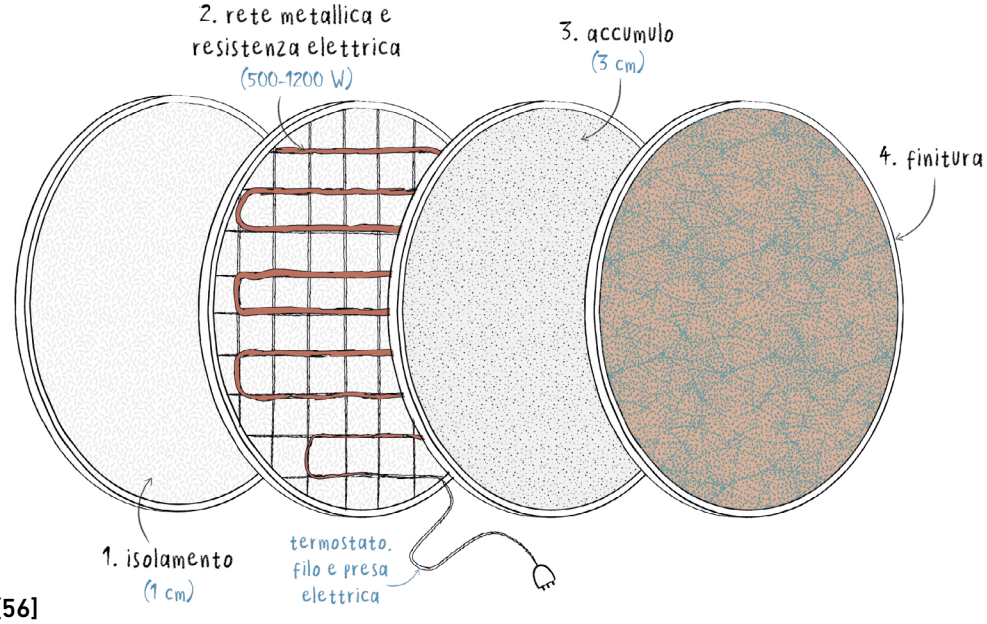
3. Sopra la resistenza viene colato lo strato di accumulo, spesso 3 cm, che può essere composto da terra, terracotta o pietra artificiale ottenuta mischiando graniglia di refrattario, cemento di bauxite e piccole strisce di ferro che conferiscono struttura all'impasto.

4. La finitura può essere di vario tipo a seconda dei gusti. Si possono usare polveri di marmo di vari colori, calce, anche con l'aggiunta di paglia, lolla di riso e altri materiali che conferiscono una particolare texture.

Uno dei principali vantaggi dei pannelli radianti è che l'energia viene accumulata senza alcuna dispersione. Altresì vantaggiosa è la capacità di rilasciare calore nel giro di 20 minuti dall'accensione, per poi rilasciarlo fino a 1 ora dopo lo spegnimento.
La potenza dei pannelli va dai 500 ai 1200 W a seconda della dimensione. In base alla superficie degli ambienti da riscaldare si sceglie la dimensione del pannello, tenendo conto che serve 1 kW ogni 10 m2 calpestabili. I pannelli radianti elettrici possono essere efficacemente associati a un impianto fotovoltaico con batterie d'accumulo.
Spesso tali pannelli vengono utilizzati come completamento a un sistema di riscaldamento principale, per scaldare degli ambienti specifici in un preciso arco temporale. In Casa Ščròsa, si prevede che vengano utilizzati nei locali laddove il calore prodotto dalla stufa o trasportato dai girifumi non arriva direttamente, dunque una camera da letto e i due bagni presenti al secondo piano. Tale camera da letto, collocata sopra la cucina in cui c'è la stufa e confinante con la serra bioclimatica, gode di apporti di calore da questi ambienti per cui non si è ritenuta necessaria la predisposizione di superfici radianti fisse, come invece è stato fatto nel caso delle altre due camere da letto maggiormente esposte alle condizioni esterne. Qui si prevede quindi un pannello radiante da attivare unicamente nei periodi di utilizzo dell'ambiente.
Anche per quanto riguarda i bagni, non si è ritenuto necessario riscaldarli 24 ore su 24 visto il saltuario utilizzo, e la collocazione favorevole ai guadagni termici sia da ovest che dal piano inferiore. Può però essere utile la presenza dei pannelli per scaldarli

[34] Bosco di Ogigia. (2022, 6 Novembre). *Come ci RISCALDIAMO? PANNELLI RADIANTI.* YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=QFc7yEMzcjg&ab_channel=BoscodiOgigia

d'inverno, prevedendo di accenderli 20 minuti prima dell'utilizzo della doccia.



[56]

3. Compostaggio termico

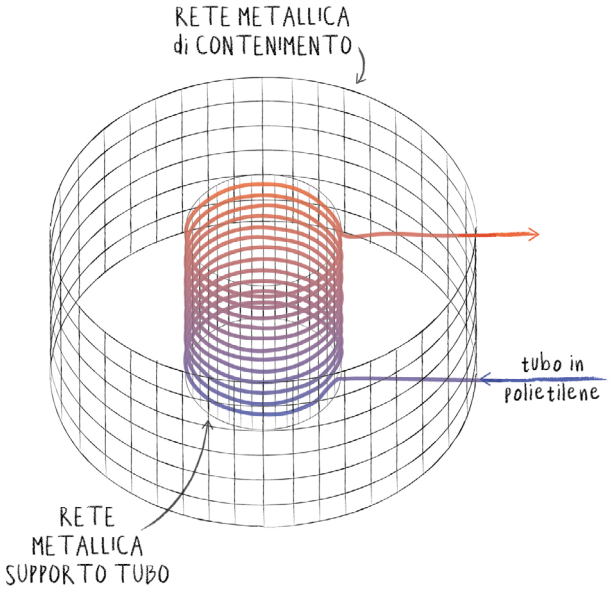
Un ulteriore sistema di riscaldamento che vale la pena prendere in considerazione in Casa Šcròsa, per la sua destinazione agricola oltreché abitativa è la produzione di calore tramite il compostaggio termico. Questa tecnica low tech è stata studiata da Jean Pain negli anni '70[35], e si basa sull'estrazione di calore dalla decomposizione delle biomasse. Infatti, durante il processo di trasformazione dei biomateriali che compongono il compost in humus, i batteri producono calore. Il sistema è in grado di accumulare questo calore usando come mezzo acqua o aria, per poi utilizzarlo per il riscaldamento degli ambienti o di ACS.
I vantaggi nell'utilizzo di questa tecnica sono innanzitutto l'impiego di scarti quali cippato, che può provenire dalla manutenzione dei boschi, e altri composti organici come erba, letame, rifiuti dell'orto e dalla cucina. Se smaltiti questi andrebbero sprecati, ma in questo caso vengono valorizzati. Inoltre, il prodotto di scarto del compostaggio termico, l'humus, è anch'esso una risorsa, in quanto può essere usato come fertilizzante per l'orto. Ulteriore vantaggio è il basso costo, dovuto alla semplicità della tecnica che non richiede elementi complessi. Ciò ne permette l'autocostruzione e la gestione autonoma.

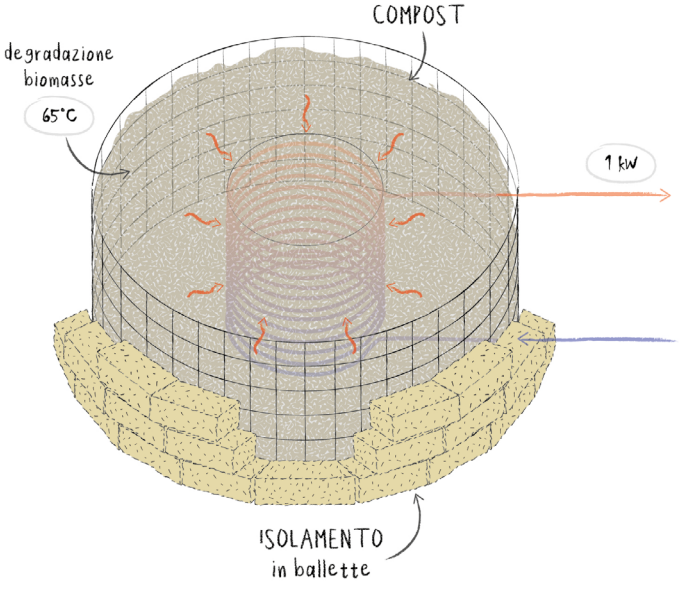
Uno dei metodi per costruire un sistema di compostaggio termico **[57]** prevede di partire dal posizionamento di due griglie metalliche concentriche. Quella all'interno serve da sostegno al tubo in polietilene attraverso il quale avviene lo scambio di calore, mentre quella esterna serve da contenimento per la miscela di compostaggio. Questa è composta da circa il 70% di cippato e il 30% di altri composti organici, e deve essere bene inumidita perché si inneschi il processo. Esternamente alla griglia più grande, è possibile costruire un paramento in ballette di paglia con la funzione di isolamento, così da non disperdere il calore prodotto dal processo di decomposizione, soprattutto nel periodo invernale.
Una volta innescato il processo, il compost produce calore per un periodo di tempo limitato che varia in base a molteplici fattori, al termine del quale andrà svuotato e riempito nuovamente, ed è in grado di raggiungere temperature interne fino a 65°C. In base alla potenza di cui si ha bisogno, cambia il volume di compost richiesto dunque le dimensioni dell'intera struttura.

Per Casa Šcròsa è previsto l'utilizzo di questo sistema per fornire calore alla serra bioclimatica nei periodi più freddi, tramite tubi annegati nel battuto di calce del pavimento contro terra. Si stima un contributo da parte del compostaggio termico di 1 kW. Ciò comporta approssimativamente l'utilizzo di circa 3 tonnellate di compost, per un diametro totale del sistema di 2,6 m e un'altezza di 1,5 m.[36]

[35] Jean Pain. Jean Pain Official Website. https://www.jean-pain.com/en/index.php

[36] Compost Heating. Cheap, reliable and renewable energy source! Passive heating for OffGrid Life. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=EA6lbilEFnw&ab_channel=OffGridEnclave


RETE METALLICA
di CONTENIMENTO
tubo in
polietilene
RETE
METALLICA
SUPPORTO TUBO


COMPOST
degradazione
biomasse
65°C
1 kW
ISOLAMENTO
in ballette

[57]

Sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria

Per garantire un utilizzo ottimale delle risorse si è previsto di combinare pannelli solari termici con uno scambiatore di calore installato nella stufa ad accumulo. **[58]** In questo modo, è possibile sfruttare due fonti di energia complementari, il sole di giorno, e la stufa di notte e nei mesi in cui l'irraggiamento solare non è sufficiente, per assicurarsi la fornitura di ACS.

I pannelli solari termici, che per Casa Ščròsa rappresentano il sistema principale di produzione dell'ACS, durante il giorno riscaldano il fluido termovettore che circola in un circuito chiuso, per poi cedere il calore accumulato a un serbatoio di accumulo termico, tramite uno scambiatore interno. Quando la temperatura fornita dal solare termico è insufficiente, una centralina attiva lo scambiatore di calore presente nella stufa. Tramite la combustione di legna o pellet, è infatti possibile scaldare un fluido termovettore attraverso uno scambiatore di calore collocato nel retro della stufa. Questo cede calore al puffer tramite un ulteriore scambiatore posto nella parte alta del serbatoio.

Il puffer è un serbatoio nel quale viene stoccata l'acqua sanitaria, che entrando fredda nella porzione inferiore, si scalda progressivamente grazie allo scambio di calore prodotto sia dai pannelli solari termici che dalla stufa, per poi uscire a una temperatura di 45°C nella parte superiore. Dopodiché, l'acqua calda è diretta verso un miscelatore termostatico che ne permette la miscelazione con acqua fredda prima di raggiungere gli erogatori.

Il sistema risulta vantaggioso in quanto la combinazione e la gestione intelligente di due diverse fonti di calore consente di sfruttare l'energia rinnovabile disponibile azzerando l'uso di combustibili non rinnovabili. La compresenza dei due sistemi consente una flessibilità stagionale dovuta alla variazione delle risorse rinnovabili disponibili.

Dimensionamento

Per dimensionare l'impianto di produzione di ACS è da considerarne innanzitutto il consumo, stimato di 50 litri al giorno per persona, per un totale di circa 300 litri al giorno di ACS (per 6 persone) riscaldata fino a una temperatura di 45°C.

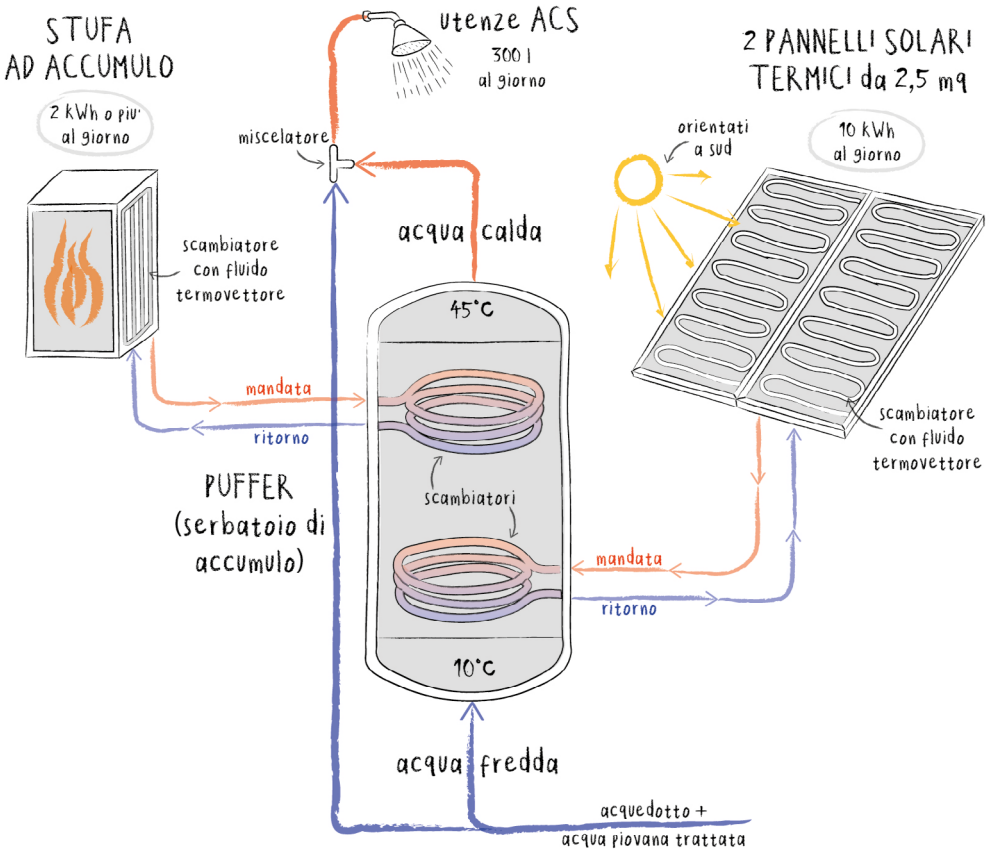
Assumendo che per scaldare 1 litro di acqua di 1°C occorrono 1,16 Wh, per scaldare 300 litri da 10°C (temperatura dell'acqua proveniente dall'acquedotto) a 45°C servono:

Etermica = 300 litri x (45°C-10°C) x 1,16 Wh = 12,180 Wh ≈ 12,2 kWh/giorno

Dal momento che un pannello solare termico standard di superficie 2,5 m2 produce circa 5 kWh/giorno in condizioni ottimali di irraggiamento, per soddisfare il fabbisogno termico sopra calcolato servirebbero:

12,2 kWh / 5 kWh ≈ 2,5 pannelli

Grazie alla compresenza di una stufa ad accumulo con scambiatore di calore, è possibile prevedere solo 2 pannelli solari termici, e compensare il restante fabbisogno termico con il calore prodotto dalla stufa.


STUFA
AD ACCUMULO
2 kWh o più
al giorno
scambiatore
con fluido
termovettore
utenze ACS
300 l
al giorno
miscelatore
acqua calda
2 PANNELLI SOLARI
TERMICI da 2,5 mq
orientati
a sud
10 kWh
al giorno
scambiatore
con fluido
termovettore
45°C
mandata
ritorno
scambiatori
PUFFER
(serbatoio di
accumulo)
mandata
ritorno
10°C
acqua fredda
acquedotto +
acqua piovana trattata

[58]

Sistema di approvvigionamento dell'acqua

Si prevede l'allacciamento all'acquedotto pubblico. Piccioledo, infatti, seppur isolata, non dista molto dalle borgate adiacenti, le quali sono fornite di allacciamenti alla rete idrica, motivo per cui si reputa fattibile un'estensione della rete.

È prevista inoltre un'ulteriore fonte di approvvigionamento, integrata alla precedente: l'acqua piovana. Si prevede che l'acqua piovana, una volta resa idonea all'uso, venga unita all'acqua proveniente dall'acquedotto in prossimità del serbatorio di accumulo, ossia il puffer, per poi essere trasformata in ACS. Per essere impiegata ad uso domestico, l'acqua piovana deve subire un processo di filtrazione e trattamento, spiegato di seguito **[59]**.

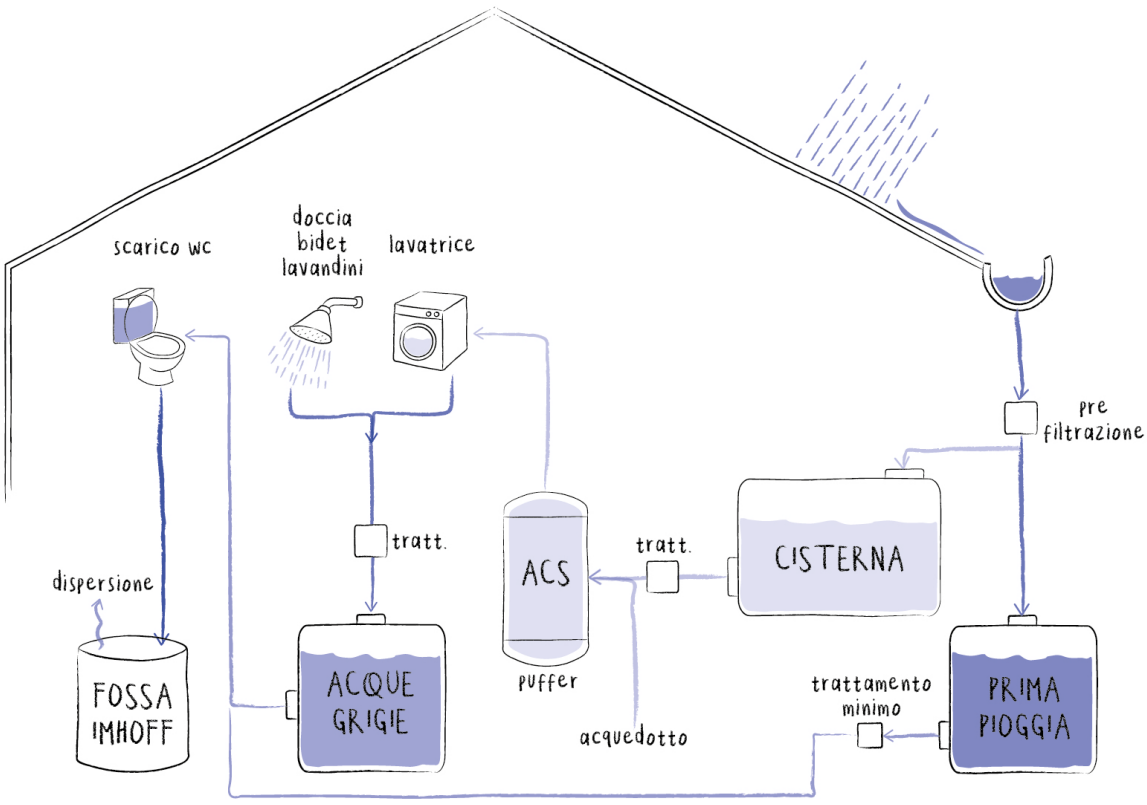
La raccolta dell'acqua piovana avviene servendosi del tetto come superficie di raccolta e del sistema di canalizzazione composto dalle grondaie e dai pluviali. Prima di entrare nel primo serbatoio d'accumulo, l'acqua passa attraverso un sistema di pre-filtrazione composto di griglie o setacci, filtri a sabbia o a ghiaia, in grado di rimuovere le impurità più grandi.

Dal momento che durante un evento pluviale la prima acqua a defluire sulla superficie del tetto può contenere una maggiore concentrazione di inquinanti presenti nell'aria, detriti, residui di sostanze chimiche provenienti dalla copertura stessa e microrganismi patogeni (batteri, virus, funghi), un separatore di prima pioggia scarta i primi 5-10 mm di pioggia per evitare di contaminare il sistema di accumulo. Quest'acqua di prima pioggia è accumulata in un serbatoio e utilizzata per scopi non critici, come l'irrigazione, il lavaggio esterno e lo scarico dei WC, solo in seguito al passaggio attraverso un sistema di filtrazione.

La restante acqua piovana è convogliata verso una cisterna interrata dove viene immagazzinata temporaneamente. Prima di entrare nel puffer di accumulo e diventare dunque ACS, questa subisce ulteriori filtrazioni medie e fini, un trattamento di disinfezione attraverso un filtro UV, e infine un trattamento di potabilizzazione. Dopodiché l'acqua piovana converge nel puffer con quella proveniente dall'acquedotto.

Un utilizzo razionale del flusso delle acque domestiche prevede inoltre il reimpiego delle acque grigie, per lo scarico del WC. Questo, infatti, rappresenta circa il 30% del consumo idrico in una famiglia media, dal momento che ogni scarico consuma in media 6-12 litri d'acqua. È necessario però prevedere anche in questo caso un trattamento delle acque grigie per evitare cattivi odori e proliferazione batterica.

Per quanto riguarda invece lo smaltimento delle acque nere, una soluzione diffusa in piccoli insediamenti abitativi con volumi di scarico non elevati e in contesti semi isolati dove non è disponibile l'allacciamento alla rete fognaria, come Piccioledo, è la fossa Imhoff.


scarico wc
doccia
bidet
lavandini
lavatrice
pre
filtrazione
tratt.
tratt.
dispersione
ACS
CISTERNA
FOSSA
IMHOFF
ACQUE
GRIGIE
puffer
acquedotto
trattamento
minimo
PRIMA
PIOGGIA

[59]

Sistema di produzione della corrente elettrica

In Casa Ščròsa, la corrente elettrica è impiegata unicamente per l'illuminazione e per il funzionamento di elettrodomestici, mentre come precedentemente visto il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria sono risolti in altra maniera.

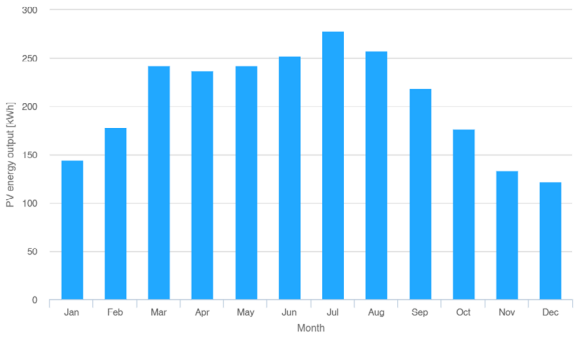
Per stimare il fabbisogno energetico è dunque sufficiente sommare il consumo degli elettrodomestici principali quali frigorifero, congelatore, lavatrice, lavastoviglie, forno, computer e Wi-Fi, a quello di illuminazione e di riscaldamento tramite pannelli radianti, per un fabbisogno totale energetico di circa 2.500 kWh/anno[37].

Una volta stimato il fabbisogno energetico, è possibile servirsi di PVGis Tool per calcolare la potenza nominale dell'impianto fotovoltaico da installare. Procedendo per tentativi è possibile variare la potenza nominale dell'impianto fino a ottenere la produzione annuale di corrente elettrica che corrisponda approssimativamente al fabbisogno stimato.

Per Casa Ščròsa, la potenza nominale individuata è di 2 kWp, in grado di fornire 2483 kWh/anno. Per calcolare il numero di pannelli fotovoltaici richiesti, si divide la potenza dell'impianto necessaria di 2 kWp per la potenza del pannello scelto, che è di 150 Wp. Il calcolo dà un risultato di 13 pannelli. Per tale scelta si è fatto riferimento ai moduli fotovoltaici Perflaz forniti da PREFA come sistema integrato al manto di copertura in lamiera. I pannelli hanno dimensione 2x0,4 m.

I pannelli sono installati sulla falda di copertura esposta a sud, che presenta un angolo di 35°. Orientamento e inclinazione sono ottimali per massimizzare l'irraggiamento solare sui pannelli.

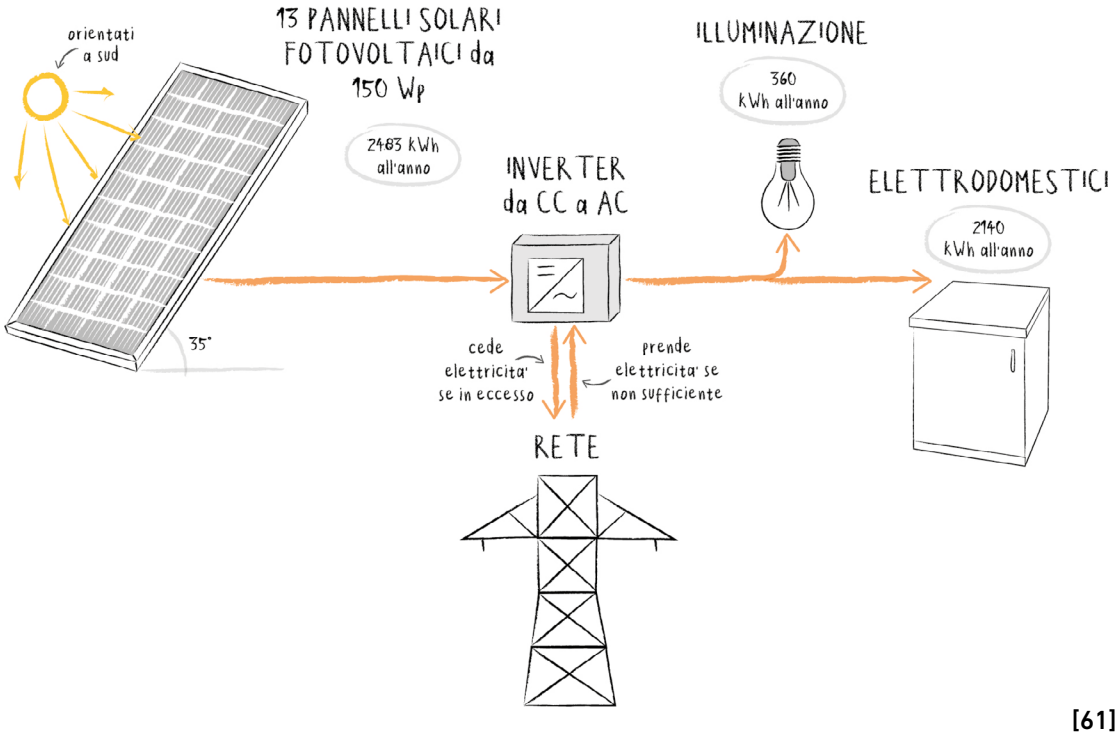
Dividendo il fabbisogno energetico annuo di 2500 kWh/anno per 12 mesi, si ottiene un fabbisogno energetico di 208 kWh/mese.



[60] *Report di calcolo PVGis Tool: energia prodotta per mese*

Come si può leggere dal report prodotto da PVGis Tool **[60]**, la produzione mensile di corrente elettrica stimata non sempre risulta sufficiente a soddisfare il fabbisogno ipotizzato, in particolare nei mesi da ottobre a febbraio. Per questo l'impianto di produzione di corrente elettrica è collegato alla rete. L'alternativa al collegamento alla rete sarebbe prevedere delle batterie che permettano lo stoccaggio nei periodi di sovraproduzione. Questa ipotesi è stata però scartata in quanto le batterie d'accumulo, oltre ad essere molto costose, hanno anche un ciclo di vita breve, di 8-15 anni, richiedono manutenzione, e comportano impatti ambientali significativi per l'estrazione di materiali come litio e cobalto. Essendo in questo caso facile l'allacciamento alla rete, questa ipotesi è preferibile. **[61]**

[37] ENEA. (2005) Tabella consumi elettrici. NS Group. https://www.nsgroup.it/tabella-consumi-elettrici


orientati
a sud
13 PANNELLI SOLARI
FOTOVOLTAICI da
150 Wp
2483 kWh
all'anno
35°
INVERTER
da CC a AC
ILLUMINAZIONE
360
kWh all'anno
ELETTRODOMESTICI
2140
kWh all'anno
cede
elettricita'
se in eccesso
prende
elettricita' se
non sufficiente
RETE

[61]

La scelta dei materiali

Il manto di copertura

La definizione del manto di copertura per Casa Ščròsa è stata oggetto di un'approfondita riflessione. Gli interventi edilizi e di ristrutturazione su edifici di questo tipo, appartenenti al patrimonio architettonico tradizionale, sono infatti soggetti a vincoli paesaggistici con il fine di preservare le caratteristiche estetiche, ambientali e culturali del territorio.

Secondo il Piano Regolatore Generale Comunale (PRGC) di Montecrestese, Piccioledo è classificata come 'nucleo rurale' e, in quanto tale, è sottoposta a vincoli per quanto riguarda i materiali di rivestimento. Il manto di copertura deve essere "in pietra locale o similare purché completamente a spacco la parte a vista".

È da notare che l'applicazione di tali vincoli non coincide con il rispetto del patrimonio architettonico tradizionale. Piuttosto che alla conservazione della tradizione costruttiva locale e del suo aspetto autentico, sembra che gran parte delle prescrizioni mirino a un'imitazione limitata allo strato superficiale del costruito. Molti degli interventi che rispettano i vincoli risultano tutt'altro che integrati nel patrimonio architettonico tradizionale e nel paesaggio.

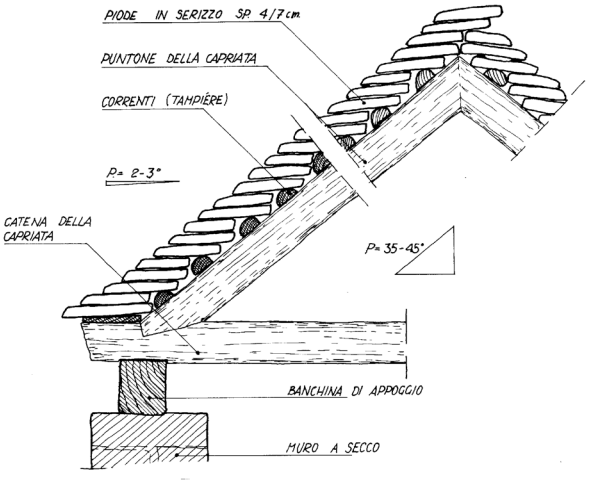
Il lavoro che segue si propone di mettere in discussione tali vincoli paesaggistici in favore di un ripensamento dei principi che devono orientare un approccio progettuale che consideri tutte le questioni coinvolte nella scelta del manto di copertura di un'architettura vernacolare del XXI secolo.

Dal momento che il progetto di Casa Ščròsa rappresenta un'occasione di studio e sperimentazione, si propone di seguito un'analisi delle tecniche costruttive selezionate come potenzialmente applicabili, accompagnata da un confronto e una valutazione delle loro caratteristiche. La scelta finale non è da considerarsi come la migliore, bensì come una delle soluzioni possibili, tenuto conto delle esigenze imposte dal progetto.

1. Pietra

La copertura tradizionale ossolana

La copertura in pietra, ampiamente diffusa nel territorio alpino, presenta una particolare declinazione nell'architettura vernacolare ossolana. Essa è costituita da lastre di gneiss, dette piode o beole, spesse dai 5 ai 7 cm di differenti dimensioni, posate quasi orizzontalmente su falde di pendenza tra i 40 e i 45°, in duplice o triplice strato, per un peso di 300 kg/m2 o più. **[62]**

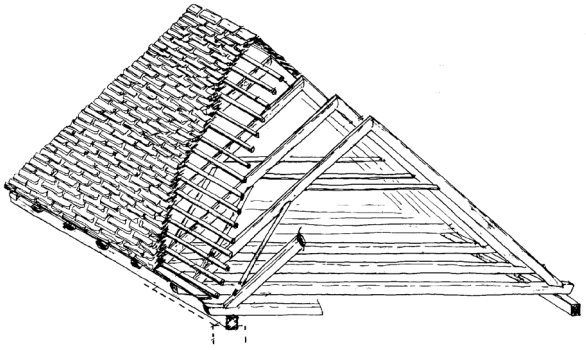


[62] *Sezione di un tetto in piode. Fonte: arch. Andrea Forni*

Visto il notevole peso del manto, questo tipo di copertura permette luci non superiori ai 7 m e interassi delle capriate fino a 1,20 m.
L'irregolarità superficiale delle piode è essenziale per creare spazi sufficientemente ampi tra le piode tali da permettere il drenaggio dell'acqua e impedire la risalita per capillarità che avverrebbe se lastre segate combaciassero perfettamente. Le piode della prima fila, ossia quelle di gronda, sono le più lunghe e sono appoggiate quasi orizzontalmente su correnti o tavole, a loro volta posati sui prolungamenti delle catene. Le fughe tra le piode di gronda sono coperte da piode più piccole e arrotondate, che agevolano lo scolo dell'acqua. **[63]** Tradizionalmente non erano infatti presenti grondaie, se non in alcuni casi costituite da tronchi scavati, né pluviali. Il colmo è asimmetrico: la falda sopravento sormonta e ricopre quella sottovento.

[63] *Piode di gronda ad Ariola. Fonte: Maddalena Gallotto*

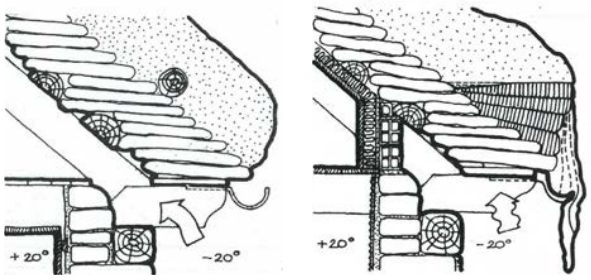
A sostenere il manto di copertura in piode ci sono capriate, composte di puntoni e catena, collegate alle "radici" collocate sui muri perimetrali tramite incastri a mezzo legno. I due puntoni sono connessi al colmo con un incastro a mezzo legno fissato con un cavicchio in maggiociondolo. La struttura è irrigidita con paletti di controvento incastrati nelle radici e nei puntoni. **[64]**
Questa struttura semplice e resistente è capace di sostenere il carico delle beole e degli eventuali sovraccarichi di neve e vento in modo elastico e di resistere alle sollecitazioni termiche deformandosi senza causare tensioni o lesioni sulla muratura.



[64] *Orditura di un tetto in piode. Fonte: arch. Andrea Forni*

I puntoni, collegati alla catena solo tramite un incastro, possono infatti contrarsi, dilatarsi e inflettersi per rispondere in maniera dinamica alle sollecitazioni imposte dai carichi variabili. Di conseguenza, anche le lastre di pietra, solo appoggiate sulle "tampiere" (listelli orizzontali fissati ai puntoni tramite dei cavicchi), seguono le sollecitazioni senza che si creino spostamenti che causerebbero infiltrazioni d'acqua.
Questa tecnica sfrutta le proprietà meccaniche delle travi in legno, che resistono meglio a trazione e a compressione che a flessione. Se al sistema fosse aggiunta una trave di colmo, per esempio, questa irrigidirebbe il vertice dei triangoli delle capriate, impedendone la compressione e costringendo i puntoni a funzionare a flessione, quindi nella maniera più svantaggiosa.

Per funzionare al meglio, il tetto in piode deve essere freddo e ventilato, il che significa che il sottotetto non viene isolato in falda ma funziona come una camera d'aria ventilata, e semmai viene isolato il solaio del sottotetto. I vantaggi di questo sistema sono molteplici. Innanzitutto, in estate la ventilazione del sottotetto che avviene grazie al passaggio d'aria fra le piode contrasta il surriscaldamento. **[65]** In inverno invece, il volume d'aria presente nel sottotetto costituisce un cuscinetto termico che aumenta l'isolamento superiore dell'edificio. Inoltre, il fatto che il manto di copertura rimanga freddo d'inverno, diminuisce la possibilità che la neve depositata si sciolga a causa del riscaldamento dei locali inferiori e che ghiacci durante la notte. Il ghiaccio impedisce lo scorrimento dell'acqua man mano che la neve si scioglie, con il rischio che questa penetri tra le piode, e può causare il loro spostamento o la loro rottura.
Isolare il solaio, anziché le falde, permette inoltre l'accesso al manto di copertura per effettuarne la manutenzione. Se posati a regola d'arte e sottoposti a continua manutenzione, i tetti in pietra possono durare più di 300 anni[38].



[65] *Tetto freddo e tetto caldo. Fonte: Giovanni Simonis, Costruire sulle Alpi*

La copertura in pietra ex novo

Il sistema di copertura tradizionale in piode precedentemente descritto in tutta la sua intelligenza costruttiva, nelle applicazioni contemporanee spesso subisce delle modifiche significative che ne contraddicono l'efficacia. Infatti, per facilità di lavorazione, le piode prodotte ex novo presentano nella maggior parte dei casi dimensioni ridotte rispetto a quelle delle piode tradizionali. Tale riduzione delle dimensioni rappresenta un sostanziale problema in quanto non consente il posizionamento quasi orizzontale delle piode e la sovrapposizione in duplice e triplice strato, a meno di non aumentare notevolmente l'inclinazione della copertura. Le piode vengono quindi posate con una maggiore pendenza, il che altera notevolmente l'aspetto del manto. Inoltre, per sfruttare al massimo i volumi, solitamente ridotti, degli edifici tradizionali, molte volte l'isolamento viene posto in falda, negando tutti i benefici del tetto freddo.

Approvvigionamento della materia prima: le cave

Una delle questioni prioritarie da affrontare riguardo alla pietra in edilizia, consiste nell'approvvigionamento della materia prima. Il Verbano-Cusio-Ossola rappresenta il principale comprensorio di estrazione di pietre in Piemonte. Vi sono attive 35 cave[39], che estraggono oltre il 60% in volume della produzione regionale di pietre ornamentali.
I litotipi principali estratti sono granito (5%), marmo (10%), beola (15%) e serizzo (70%). Il granito è estratto in due varietà note come Rosa di Baveno

[38] Giovanni Simonis, Costruire sulle Alpi: storia e attualità delle tecniche costruttive alpine, (Verbania: Tararà, 2008).

[39] Banca Dati Attività Estrattive – Regione Piemonte (30 settembre 2024)

e Bianco di Montorfano; una terza varietà (Verde di Mergozzo) non è più cavata da qualche anno. I marmi sono coltivati in due aree: Candoglia-Ornavasso e Crevoladossola. La beola e il serizzo sono ortogneiss derivati da graniti permiani (270-280 milioni di anni), che sono stati trasformati da eventi alpini strutturali e metamorfici. La beola, impiegata nei manti di copertura, è caratterizzata da un colore grigio luccicante o bianco argenteo e da una grana da fine a media. La Beola Bianca Vogogna e la Beola Verde Vogogna hanno una grana molto fine. La trasformazione da blocco a lastre può avvenire per segagione (34% della roccia estratta) o per spacco naturale (29%). Il serizzo ha un colore più scuro e una granulometria più grossa della beola; La trasformazione dei blocchi in lastre è realizzata per segagione (40% della roccia scavata) o per spacco naturale (4%).
Oltre alle cave, nel VCO sono presenti 155 aziende di trasformazione delle pietre estratte localmente.

Le criticità legate al settore estrattivo sono molteplici[40]. La prima è l'enorme quantità di scarti: circa 300.000 m^3 all'anno sono messi a discarica. Nonostante la Commissione Europea abbia preposto un manuale per la redazione dei piani di gestione dei rifiuti di estrazione al fine di assicurare la loro minimizzazione, il processo di estrazione e trasformazione delle pietre ornamentali implica la produzione di una grossa quantità di materiale residuale, che costituisce una delle produzioni di rifiuti da lavorazione più impattante (in termini di massa) nel sistema produttivo italiano.
Nella fase di estrazione, che prevede il taglio e il ribaltamento della bancata, si producono, oltre ai blocchi commerciabili, sfridi della lavorazione in cava, materiale di scoperchiatura, informi privi delle caratteristiche per essere tagliati e trasformati, frammenti di materiale non commerciabile, scaglie e polveri, fango (nel caso di taglio con l'utilizzo di acqua). Si arriva così ad uno scarto del 50-75% solo in cava, mentre i blocchi lavorabili rappresentano solo il 25-50% del materiale estratto.
Nella successiva fase di lavorazione negli stabilimenti, dove i blocchi vengono tagliati in lastre, piastrelle o altre lavorazioni artistiche si producono ancora fanghi, polveri, sfrido in pezzi solidi, scaglie in una percentuale del 20-30% del materiale lavorato.
Ottimizzare l'uso della risorsa pietra diminuendo gli scarti di estrazione e lavorazione e valorizzandoli con il recupero e lo sviluppo di nuovi prodotti è possibile ma richiede specifiche e lunghe procedure oltre che tecniche idonee, e spesso risulta poco vantaggioso in termini economici.
Altre criticità sono connesse alle ripercussioni ambientali del settore estrattivo, tra cui la diminuzione della copertura vegetale, l'impermeabilizzazione dei suoli, la modificazione dei corsi d'acqua, la trasformazione degli ecosistemi, il deterioramento nella purezza dell'aria, la diminuzione del processo fotosintetico delle piante e l'impatto visivo. Quest'ultimo è degno di nota, poiché la tonalità bianca dei fronti di cava diverge nettamente dall'ambiente vegetato.

Piode di riuso

L'alternativa all'estrazione delle pietre ornamentali, in questo caso di beola per la realizzazione delle piode di copertura, è il reimpiego di piode dismesse. Questa soluzione sembrerebbe la meno impattante a livello ambientale, in quanto non richiede lavorazioni se non la selezione e pulitura.

[40] Relazione P.R.A.E. (Piano Regionale delle Attività Estrattive)

Inoltre, non necessita di lunghi trasporti in quanto il materiale, se non è ricavato dal sito di progetto stesso, proviene comunque dall'Ossola.
Un limite è la disponibilità di piode di riuso in commercio, che è sempre minore determinando l'aumento del loro costo. Allo stesso tempo, passeggiando per le frazioni di Montecrestese, è possibile constatare come l'ampia presenza di ruderi e di edifici in stato di degrado avanzato rappresenti una potenziale risorsa in termini di materiali di riuso. C'è però anche da dire che il loro recupero e messa in commercio porta con sé una complessità notevole, dovuta sia alla proprietà dei ruderi, che alla logistica del recupero del materiale edilizio. Al momento quindi l'unica possibilità di reimpiego dipende dall'iniziativa di singoli privati, che scelgono il reimpiego di materiali disponibili all'interno della proprietà, con i numerosi vantaggi in termini economici e di impatto ambientale che ciò comporta.

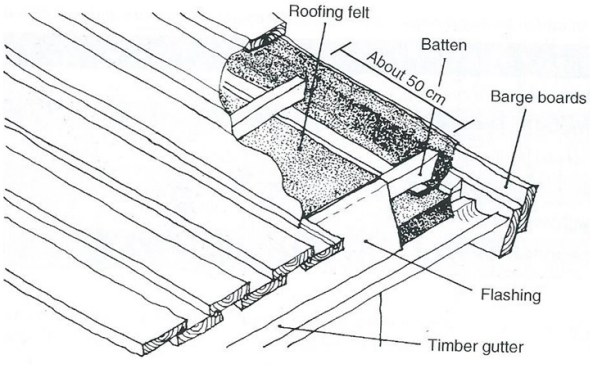
2. Legno

I manti di copertura in legno presentano una grande varietà di tecniche costruttive. Questa varietà si riflette anche nella scelta di essenze lignee differenti, quali pino, quercia, pioppo tremulo e larice strettamente legata, oltre che alla loro disponibilità, alle proprietà fisico-meccaniche e alle specifiche esigenze prestazionali. La scelta del materiale ha infatti l'obiettivo di ottimizzare il comportamento della copertura in relazione a contesti climatici, carichi strutturali e durabilità richiesti.
Tra le principali tipologie esistenti, di seguito ne sono analizzate quattro[41].

[41] Bjørn Berge, The ecology of Building Materials, 2nd ed (Amsterdam: Elsevier, 2009).

Il tetto in tronchi spaccati, diffuso in Finlandia e Svezia, è costituito da tronchi spaccati a metà e posati con il lato spaccato verso il basso. I tronchi vengono accostati tra loro a comporre il manto di copertura. Spaccare i tronchi (anziché segarli) fa sì che le fibre del legno non vengano tagliate, e che quindi la superficie risulti più impermeabile all'acqua, garantendo maggior durabilità al manto.

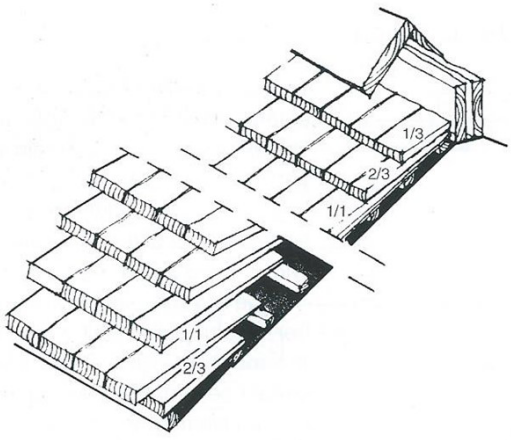
Il tetto in assi **[66]** è composto da due strati sovrapposti di assi, che presentano delle scanalature sui bordi delle assi superiori verso il basso, e sui bordi delle assi inferiori verso l'alto, in modo da permettere il drenaggio dell'acqua. Le assi, solitamente in pino, hanno una larghezza massima di 15 cm così da ridurre la possibilità di formazione di crepe. Esse vengono inchiodate con una sovrapposizione di 5 cm e con la faccia della venatura interna dell'albero rivolta verso l'alto, soprattutto per quanto riguarda le assi superiori.



[66] *Tetto in assi. Fonte:* Bjørn Berge, The ecology of Building Materials

Il tetto in scandole a spacco **[67]** è la tipologia di manto di copertura in legno maggiormente diffusa in Val d'Ossola. Oggi ne sono rimasti alcuni esempi ben conservati in Formazza. Le scandole vengono ricavate da alberi maturi e senza nodi passanti. Il tronco, una volta segato in sezioni lunghe dai 30

ai 65 cm, viene diviso in quarti e poi spaccato a formare le scandole, spesse da 1 a 3 cm. Le scandole vengono fissate su listelli con graffette metalliche, o più frequentemente chiodi, che vengono poi coperti dallo strato di scandole successivo in modo da impedire l'ingresso d'acqua attraverso i fori creati. Di norma un manto è composto da due o tre strati sovrapposti. Tra una scandola e l'altra si lasciano 2-3 mm per consentire la contrazione e la dilatazione del materiale.



[67] *Tetto in scandole. Fonte:* Bjørn Berge, The ecology of Building Materials

Il tetto in tegole prevede invece il taglio meccanico degli elementi con una sega circolare. Le tegole solitamente sono lunghe 40 cm e larghe dai 10 ai 12 cm, con uno spessore di 1 cm all'estremità inferiore e 0,5 cm a quella superiore. Come le scandole, le tegole vengono posate a 2 mm l'una dall'altra e in tre strati, con una distanza tra i listelli di circa 13 cm.

Tutti i metodi di copertura in legno sopra citati hanno un requisito comune: devono allontanare l'acqua più velocemente possibile così da impedirne il ristagno, che favorirebbe gli attacchi fungini e la decomposizione del manto. È questa esigenza a determinare le notevoli pendenze dei manti di copertura in legno, sempre comprese tra i 25 e i 45°. Per prevenire la marcescenza, si può trattare il legno superficialmente con olio di lino e catrame di faggio. Il primo è in grado di penetrare nelle fibre idratando il materiale, aumentandone l'elasticità e riducendo il rischio di crepe e deformazioni che favorirebbero l'assorbimento di acqua. Il secondo crea una barriera superficiale che impedisce all'umidità di entrare nel legno, oltre ad avere proprietà antibatteriche e antiparassitarie utili a prevenire l'attacco di funghi e insetti. Qualsiasi tipo di manto in legno si adotti, è preferibile che la copertura sia ventilata, in modo sia da consentire lo scorrimento eventuale dell'acqua al di sotto del manto, sia da favorirne l'asciugatura periodica.

Nonostante l'adozione di questi accorgimenti atti a prolungare il ciclo di vita dei manti di copertura lignei, la durevolezza dipende fortemente dal clima e dalla qualità del materiale impiegato. Infatti, climi molto umidi, come quello della Val d'Ossola, e con grandi variazioni di temperatura accorciano notevolmente la vita dei manti lignei. Per fare un esempio, il legno di larice se collocato in un ambiente prevalentemente secco e al riparo dagli agenti atmosferici può durare fino a 1800 anni. La stessa essenza, situata in esterno senza coperture né protezioni ha una durata di 40-90 anni[42]. In un clima idealmente freddo e secco, scandole trattate con catrame di legno e collocate su un tetto sufficientemente inclinato possono durare più di 200 anni.

L'uso estensivo di fertilizzanti artificiali nelle piantagioni riduce notevolmente la durata del legno in quanto la rapida crescita delle cellule produce legno più spugnoso e poroso, dunque più permeabile

[42] Berge.

e meno durevole. Anche per questo motivo le specie a crescita rapida introdotte dagli anni '50 hanno portato alla produzione di legname scadente e a una maggiore necessità di impiego di impregnanti chimici a protezione dagli agenti atmosferici.
Lo stesso abbattimento degli alberi ha grande influenza sulla qualità del materiale prodotto. Infatti, sia gli alberi decidui che quelli sempreverdi destinati a scopi costruttivi dovrebbero essere abbattuti in inverno quando la quantità di linfa è minima e lo stato di rigonfiamento e l'acidità sono al massimo. Inoltre, il legname abbattuto in inverno si asciuga più lentamente quindi ha meno probabilità di spaccarsi.
Una ragione molto importante per estendere il ciclo di vita degli elementi costruttivi in legno è mantenere stoccato il più a lungo possibile il carbonio all'interno del materiale, e impedirne l'emissione in atmosfera, o quantomeno ritardarla. Dunque, oltre a garantire la conservazione degli elementi lignei attraverso un'efficace protezione dall'umidità e dagli altri fattori di degrado, si deve tenere in considerazione anche la potenzialità di riutilizzo. Adottando una progettazione predisposta al disassemblaggio dei componenti lignei a fine vita del manufatto, che preveda giunzioni senza colla e inchiodature, si può facilitare il processo di smontaggio e rimontaggio degli elementi in altri edifici.

3. Paglia

La paglia, per lo più di segale, fu il materiale più impiegato in Italia nella realizzazione dei manti di copertura, e la sua diffusione perdurò fino a inizio Novecento. Ad oggi sono sopravvissuti pochissimi casi, e nessuno in Ossola, in quanto la paglia è stata progressivamente sostituita dalle piode, molto ben conservate e talvolta ancora impiegate per i tetti di nuova costruzione.
I tetti in paglia sono caratterizzati da falde molto ripide con pendenze comprese tra i 35° e i 70°. Questa inclinazione è dettata soprattutto dalla difficoltà di scorrimento della neve sul manto vegetale, che necessita dunque di forti pendenze per consentirne lo scivolamento ed evitare interventi manuali di rimozione. Questa inclinazione comporta però una notevole esposizione ai venti, i quali esercitano una forte pressione sulle falde, oltre che determinare una posa in opera piuttosto difficoltosa per la tendenza del manto a scivolare per gravità. Inoltre, tetti così alti non sono particolarmente vantaggiosi per la distribuzione del calore, che tende a salire causando un raffreddamento dei locali abitati.
Con pendenze superiori ai 45°, la copertura risulta impermeabile. Essa si comporta come una spugna che, una volta assorbita tanta acqua da essere satura, non è più in grado di assorbirne ulteriormente dunque la lascia scorrere via. Le coperture in paglia assorbono acqua nei primi 5 cm di manto fino a saturazione, e tutta l'ulteriore acqua scivolare sopra il manto e viene evacuata.
Lo spessore del manto in paglia, compreso tra i 30 e i 40 cm[43], costituisce un ottimo isolamento termico, permettendo allo stesso tempo l'evacuazione del vapore e dell'anidride carbonica interni.

Se sottoposto a corretta manutenzione, un tetto in paglia può durare tra i 30 e i 60 anni. La falda esposta alla radiazione solare dura alcuni anni in più rispetto a quella non esposta, in quanto rimane più asciutta, dunque lo sviluppo fungino vi risulta ritardato. Il colmo è la porzione di copertura che

[43] Chaume sans frontiere.
https://www.chaume-sans-frontiere.com/couverture

si consuma maggiormente e che necessita una più frequente manutenzione, con l'inserimento di nuova paglia ogni 10-15 anni. La manutenzione è necessaria anche per la rimozione periodica di nidi di insetti, parassiti, funghi, licheni e muschi, oltre che per la riparazione di danni causati dal maltempo che possono favorire infiltrazioni.

Una questione rilevante riguarda l'infiammabilità: la paglia è compresa nella classe dei materiali edili B3 (altamente infiammabili), che implica la necessità di adottare opportune attenzioni nelle fasi progettazione e di utilizzo dei manufatti con manto di copertura in paglia. Essi devono innanzitutto essere collocati a una distanza tale da impedire la propagazione delle fiamme in caso di incendio, il che fa sì che questo materiale non si possa impiegare in nuclei abitativi densi.
Inoltre, gran parte degli incendi è dovuto a un cattivo utilizzo dei camini. È infatti estremamente importante tenere le canne fumarie in buone condizioni operative e usare combustibili di buona qualità che non producano eccessivo fumo durante la combustione. Gli impianti elettrici vanno riposti dentro condotti di protezione e possibilmente non devono attraversare il tetto, sia per ripararli da eventuali roditori che per contenere l'incendio in caso di corto circuito. Si dovrebbe anche evitare di posizionare apparecchi elettronici nel sottotetto in quanto il loro surriscaldamento è fonte di rischio.

Un ulteriore ostacolo all'impiego di questa tecnica costruttiva è la mancanza in Italia di manuali di costruzione di tetti in paglia, di addetti certificati, e di un test di certificazione delle proprietà della paglia.
Piuttosto problematica è anche la mancanza in Italia di manodopera specializzata, il che rende ancora più costoso il lavoro di posa se questo comporta il far arrivare gli artigiani da altri paesi. Ulteriore aggravante è la costante manutenzione di questa tipologia di tetto che, in mancanza di personale competente, può diventare difficoltosa e sconveniente.

Invece, un vantaggio nell'applicazione di questa tecnica è rappresentato dal basso impatto ambientale della risorsa impiegata. Questa affermazione di carattere generale va verificata caso per caso analizzando la modalità di coltivazione e di raccolta oltre che la distanza da percorrere per trasportare il materiale fino al cantiere.

4. Lamiera di alluminio

L'alluminio, per quanto sia un materiale ad alta intensità energetica e da questo punto di vista neanche comparabile con i materiali naturali analizzati precedentemente, presenta alcune interessanti caratteristiche che lo fanno rientrare tra le possibili soluzioni adottabili in Casa Ščròsa.
Innanzitutto, è un materiale molto malleabile e adatto a praticamente tutti i contesti climatici. Con un peso specifico di 2,7 g per cm3, è il metallo da costruzione più leggero, ma è allo stesso tempo estremamente resistente. Ciò rappresenta un vantaggio, sia perché un manto di copertura leggero consente l'impiego di orditure esili, dunque il risparmio di materiale per la carpenteria, sia per il trasporto, che risulta dunque poco oneroso in termini economici e di impatto ambientale. A tal proposito c'è però da dire anche che, dal momento che gli stabilimenti di produzione delle lamiere in alluminio sono pochi, spesso tali materiali richiedono di essere trasportati per lunghe distanze per raggiungere i rivenditori e i

siti di progetto.

L'alluminio è inoltre stabile e durevole nel tempo, con un ciclo di vita che supera i 70 anni, e non richiede particolare manutenzione in quanto è un metallo passivo. Ciò significa che, senza bisogno di essere trattato, l'alluminio forma uno strato combinandosi con l'ossigeno dell'aria, che impedisce il dilavamento degli ioni di alluminio presenti nelle lamiere. Secondo alcuni studi[44], il tasso di dilavamento dei metalli passivi come l'alluminio è inferiore a 0,01 g/m^{2}a, valore inferiore di oltre il 99% rispetto a quello di materiali quali acciaio zincato, zinco non trattato o rame. Ciò significa anche che l'alluminio non rilascia sostanze pericolose in ambiente, e non subisce perdita di qualità. Questa caratteristica contribuisce ad alzare di molto il tasso di riciclaggio dell'alluminio; esso può essere riciclato all'infinito senza che la qualità ne risenta.

Secondo European Aluminium (EA), attualmente il 95% dei prodotti in alluminio utilizzati nel settore delle costruzioni viene riciclato nell'Unione Europea, il che è molto vantaggioso se si pensa che il processo di riciclaggio dell'alluminio richiede solo circa il 5%[45] dell'energia utilizzata per produrre alluminio primario. Nel processo di produzione dell'alluminio primario, è richiesta la generazione di una grande quantità di energia elettrica per effettuare l'elettrolisi del sale fuso, che produce l'alluminio metallico. Inoltre, interferisce con vaste aree del territorio, in quanto per consentirne l'estrazione gli strati superiori del suolo vengono rimossi, il materiale viene prelevato lasciando il terreno sterile e producendo grandi quantità di fango rosso, che può diventare pericoloso.

Per entrare più nello specifico riguardo l'impatto dell'intero ciclo di vita di una lamiera in alluminio, è necessario fare riferimento ai prodotti di una certa azienda. Le lamiere prese in analisi sono prodotte da PREFA, un'azienda specializzata nella produzione di sistemi di copertura e rivestimenti in alluminio per l'edilizia, con sede in Austria.

La scelta è ricaduta su PREFA per la disponibilità di documentazione in riferimento alla sostenibilità e al ciclo di vita dei prodotti. È infatti consultabile dal suo sito una Brochure sulla Sostenibilità che riporta dati e informazioni utili alla valutazione dell'impatto dei prodotti, oltre che una Environmental Product Declaration (EPD)[46] dell'alluminio impiegato emessa nel 2020 e valida fino al 2025.

Tra le informazioni più significative, PREFA dichiara di impiegare, in tutti i suoi prodotti, una percentuale di alluminio riciclato del 77%. Inoltre, dal bilancio dei rifiuti risulta che di tutti quelli prodotti dall'azienda, il 51% viene riciclato, il 38% viene recuperato materialmente, il 5% viene utilizzato termicamente e solo il 6% viene smaltito in un impianto di trattamento dei rifiuti.

L'azienda dichiara di usare dal 2020 il 100% di elettricità proveniente da fonti rinnovabili, quali energia idroelettrica, eolica, solare e biomassa.

Le emissioni di gas serra che derivano dal processo produttivo degli elementi di copertura ammontano a 3,36 kgCO2eq/kg. Se si prende in considerazione anche il fine vita, ipotizzando che i prodotti vengano riciclati, le emissioni scendono a 0,76 kgCO_2eq/kg.

[44] Metalli e ambiente – comportamento della lamiera rispetto agli influssi ambientali, Dr. Markus Faller, 14.03.2007, Berna, pagina 5

[45] Associazione European Aluminium: https://european-aluminium.eu/about-aluminium/the-material/

[46] EPD di PREFA per 1kg di lamiera di alluminio formata a freddo: https://source.thenbs.com/manufacturer/prefa-uk-ltd/cupEMxeX45tMR2KJz3LUvs/third-party-certifications

Analizzando i risultati dell'EPD calcolata su 1 kg di lamiera di alluminio formata a freddo, si può notare inoltre come i primi tre moduli, A1 (fornitura materie prime), A2 (trasporto) e A3 (fabbricazione), determinino i principali carichi ambientali dell'intero ciclo di vita del prodotto. Tali dati incoraggiano il reimpiego di lamiere dismesse.

La scelta del manto di copertura

I principali criteri di valutazione individuati a supporto della scelta del manto di copertura sono:

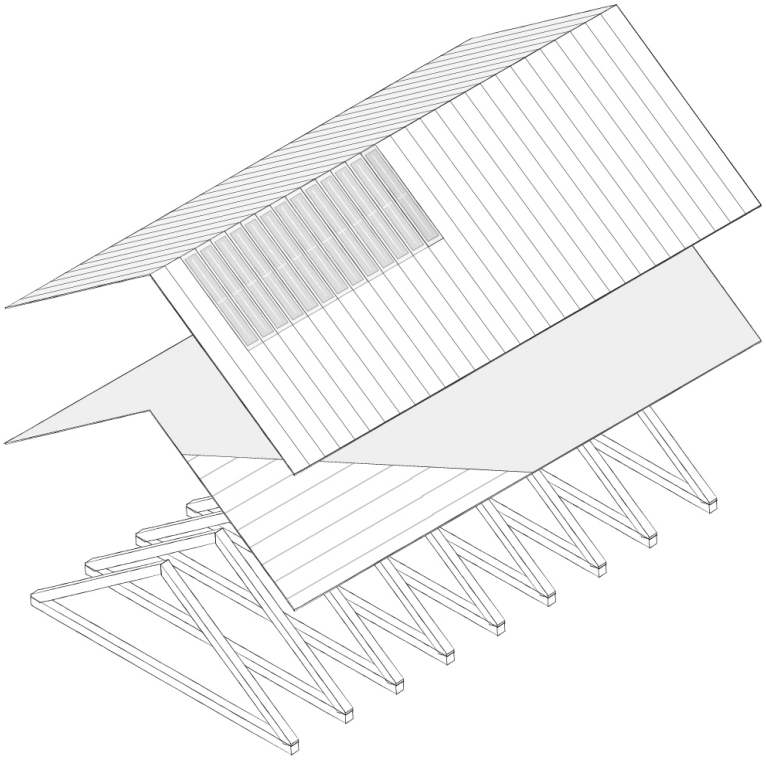
- la diffusione della tecnica nella Val d'Ossola
- la reperibilità locale del materiale
- la durabilità
- l'impatto dell'intero ciclo di vita.

La diffusione nel contesto architettonico contemporaneo ossolano è importante da valutare principalmente perché è connessa alla presenza di manodopera specializzata. La scelta di soluzioni diffuse localmente favorisce inoltre le imprese e l'artigianato presenti sul territorio. Delle soluzioni considerate, la più ricorrente negl'interventi sul patrimonio architettonico tradizionale è certamente il sistema di copertura in piode. Legno e paglia sono due materiali che, sebbene un tempo fossero ampiamente utilizzati, oggi non rientrano più nel know-how degli artigiani locali. Diffusa è la presenza di installatori PREFA e più in generale di coperture in lamiera, se non altro per l'ampio utilizzo in ambito industriale.
La reperibilità locale dei materiali rientra tra i criteri di valutazione in quanto fa parte dei requisiti dell'architettura vernacolare, che sfrutta al meglio le risorse disponibili localmente prima di cercarne altrove. Per il grande sviluppo dell'attività estrattiva e per l'estensione della superficie boschiva, pietra e legno rappresentano le due risorse maggiormente disponibili. La paglia locale è invece attualmente utilizzata principalmente nell'allevamento, mentre non sono presenti aziende di trasformazione per il suo impiego in ambito edilizio. L'unico materiale non prodotto localmente è la lamiera in alluminio.

La durabilità di una soluzione costruttiva e l'impatto del ciclo di vita sono due parametri strettamente connessi. Sebbene la pietra sia un materiale di per sé eterno, e il manto di copertura in pietra, se sottoposto a corretta manutenzione, possa durare centinaia di anni, il processo di estrazione della materia prima e di produzione delle piode è, come visto, impattante. Tale impatto può essere azzerato nel caso di piode di riuso, pur mantenendo la stessa durabilità attribuibile alle piode nuove.
Le coperture in legno, nonostante presentino un ciclo di vita a basso impatto, nel contesto climatico di Piccioledo che è molto umido, avrebbero una durabilità ridotta.
Per quanto riguarda le coperture in paglia, la durabilità ridotta, garantita solo da una manutenzione ordinaria continua, e straordinaria frequente, la rende una soluzione poco pratica, nonostante il basso impatto del ciclo di vita.
Infine la lamiera, che ha una buona durabilità, può dimostrare un impatto del ciclo di vita contenuto attraverso l'utilizzo parziale di materiale riciclato e il riciclo dello stesso a fine vita.

A fronte di tali considerazioni, le due soluzioni che meglio rispondono ai criteri risultano le piode di riuso e la lamiera in alluminio. A questo punto, la discriminante per la scelta della soluzione più appropriata è rappresentata dalla rapidità e dalla facilità di posa della lamiera. In un intervento di

riqualificazione della frazione per fasi, la possibilità di rendere abitabile in tempi brevi un primo manufatto, che funzioni poi da supporto per i lavori sugli edifici adiacenti è da considerarsi vantaggiosa. Non si esclude però il recupero progressivo delle piode disponibili nella frazione per un successivo utilizzo negli interventi di recupero di altri edifici.
Si riporta a lato la stratigrafia scelta per il sistema di copertura in lamiera PREFA di Casa Ščròsa. **[68]**



[68] Stratigrafia copertura

Moduli fotovoltaici Perflaz - *40x200 cm*
Lamiera Perflaz - *0,2 cm*
Strato separatore
Tavolato in abete - *2,4 cm*
Capriate in larice - *18x18 cm*

L'involucro opaco

Le pareti perimetrali di Casa Ščròsa sono costruite in pietra, di spessore compreso tra i 60 e i 90 cm. Lo stato di conservazione è buono, motivo per cui si è scelto di conservarle, prevedendo qualche intervento di consolidamento, sostituzione o ricucitura dove necessario. Per la loro notevole inerzia termica, le pareti in pietra lavorano bene con la stufa ad accumulo prevista come sistema di riscaldamento e con la serra bioclimatica, motivo per cui non tutte le pareti in pietra verranno isolate ugualmente, in modo da consentire l'accumulo del calore. In particolare, le pareti esposte a sud in corrispondenza della serra verranno lasciate in pietra a vista, così da agevolare il trasferimento di calore dalla serra verso gli ambienti interni.
Un'altra discriminante per la scelta dell'isolamento è l'orientamento delle pareti e la collocazione contro terra o sopra il livello del terreno. Infatti, nel caso di pareti contro terra, specialmente se poste a nord, è necessario prevedere una stratigrafia che presenti buone capacità di isolamento, ma anche di traspirabilità e regolazione igroscopica tali da impedire la formazione di muffe ed efflorescenze.
Per le partizioni verticali eseguite ex novo, la tecnologia costruttiva sarà ancora diversa, in quanto differenti sono i requisiti che devono soddisfare.
Dunque, sono quattro le stratigrafie previste.

1. Muratura in pietra con isolamento interno in termointonaco

Utilizzata per tutte le pareti in pietra poste al piano primo e secondo che non si trovano in corrispondenza della serra bioclimatica ma sono a contatto diretto con l'esterno, dunque necessitano di un isolamento.
L'isolamento scelto è un termointonaco: un impasto composto da un legante aereo magnesiaco (calce aerea magnesiaca in pasta), canapulo mineralizzato (canapulo, vetro cavo e calce aerea magnesiaca in pasta) e un legante idraulico (miscela di calce idraulica naturale e Roman Cement).

Il canapulo, oltre a isolare, svolge la funzione di aggregato biologico che, grazie alla ricchezza di silice, contribuisce all'indurimento del legante calcico, collaborando dunque nella coesione, compattezza, e resistenza del biocomposto. L'aggiunta di acqua in rapporti controllati permette la reazione chimica tra il legante (la calce) e l'aggregato (la canapa), oltre a rendere la miscela fluida e lavorabile.
Molteplici sono i prodotti edilizi che si possono realizzare a base di calce-canapa. A seconda dei dosaggi e delle proporzioni fra i vari elementi del composto, si possono ottenere infatti diverse caratteristiche. Un alto contenuto di canapulo, per esempio, determina prestazioni di isolamento termico e acustico migliori. Al contrario, una maggiore quantità di legante porta a una miscela densa e autoportante che può essere applicata per la realizzazione di manufatti con una certa resistenza, come murature in blocchi di calcecanapa o massetti di sottofondo per pavimenti calpestabili o carrabili.
L'impasto può essere confezionato in opera o consegnato in cantiere premiscelato e pronto per essere impiegato per la realizzazione di getti, massetti, riempimenti, intonaci, malte. Può altresì essere utilizzato in stabilimento per la produzione di manufatti prefabbricati come blocchi o lastre.

Per Casa Ščròsa si è scelto di confezionare l'impasto in opera e gettarlo manualmente con cazzuola e frattazzo. Ciò permette di adattare la

posa all'irregolarità dei muri in pietra, e conferisce un effetto finale morbido e "organico".
Il termointonaco viene posto in opera in strati sovrapposti di 5 cm circa **[69]**, così da consentire l'indurimento parziale degli strati sottostanti prima della posa del successivo. Il tempo che intercorre tra una stesura e la successiva è di 12-24 ore. Per raggiungere il valore di trasmittanza richiesto da D.M. 26/6/2015 che, in zona climatica E è di 0,26W/m2K, solitamente su edifici con tali spessori murari si applicano 15-20 cm di termointonaco.

A tal proposito c'è da riportare la difficoltà di verificare tale trasmittanza su muri in pietra molto differenti l'uno dall'altro, a seconda della tessitura muraria e della pietra impiegata. La determinazione dello spessore di isolamento corretto a soddisfare tale requisito spesso si basa sull'esperienza diretta di termotecnici e architetti nella riqualificazione di edifici tradizionali in pietra.

2. Muratura in pietra con isolamento interno in canna palustre e termointonaco

Le pareti perimetrali contro terra, essendo maggiormente sottoposte all'umidità, vanno trattate diversamente dalle altre. Un materiale adatto ad ambienti molto umidi è la canna palustre.

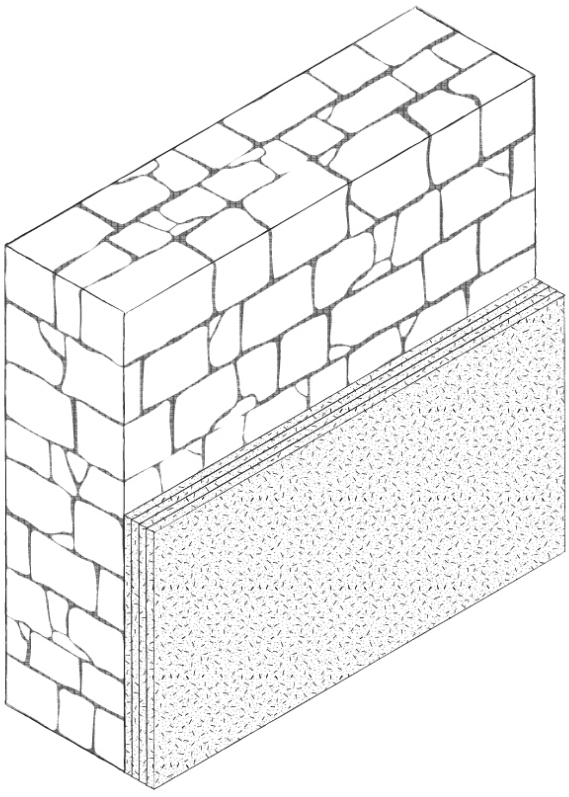
La canna palustre (Phragmites communis), è una pianta della famiglia delle graminacee che cresce spontaneamente nelle zone paludose, ai margini dei laghi, fiumi e canali dell'Austria, della Svizzera, dell'Ungheria, della Romania, della Polonia e dell'Italia. In Italia è molto diffusa lungo il Po, sulle coste dell'alto Adriatico, negli stagni del Campidano e nella Maremma toscana. In queste zone, è stata impiegata in edifici, oggi scarsamente conservati, che ben testimoniano una cultura del costruire strettamente legata alle risorse locali.
La canna palustre è caratterizzata da un grosso rizoma nodoso e sommerso, da cui si ergono fusti flessibili di altezza fino ai 4 m. Come la canapa, la canna palustre è una risorsa velocemente rinnovabile che cresce in grandi quantità ogni anno. La sua catena di produzione è molto corta e comporta un fabbisogno energetico estremamente ridotto. Questa viene infatti tagliata e raccolta stagionalmente (a gennaio e a giugno) quando è già secca, in modo tale da mantenere integre le cavità interne che, contenendo aria ferma, risultano ottime per l'isolamento termico. Una volta raccolte, vengono legate insieme mediante filo di ferro zincato o filo di nylon. L'intero processo di produzione non prevede l'impiego di prodotti chimici o collanti, e ciò la rende un prodotto atossico per le persone e l'ambiente.

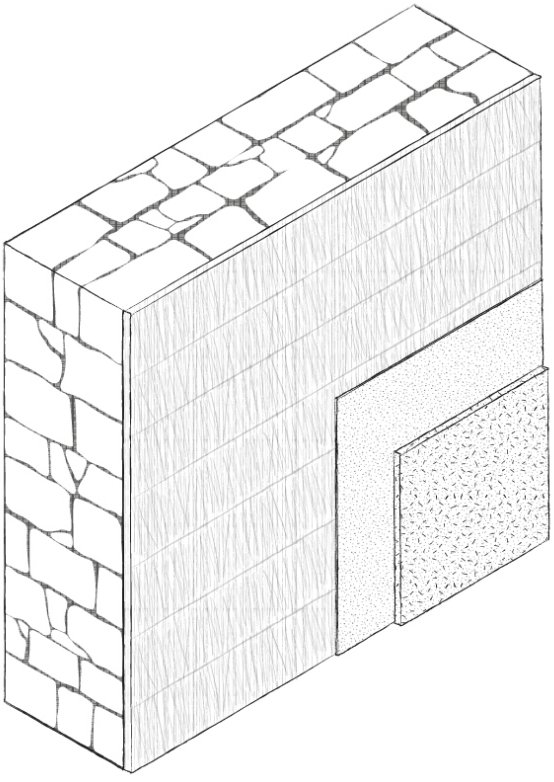
Oltre alle qualità in termini di impatto ambientale del ciclo di vita del prodotto, le caratteristiche che rendono la canna palustre un ottimo materiale edilizio sono le buone capacità di isolamento termo-acustico, l'igroscopicità, la traspirazione, la resistenza all'attacco dei roditori e delle muffe, la resistenza all'umidità e alla marcescenza, e la resistenza al fuoco grazie all'alto contenuto di acido silicico.
La canna palustre viene utilizzata in edilizia sotto forma di pannelli di vario spessore, che possono essere impiegati per cappotti interni o esterni, all'interno di pareti e strutture lignee, come controsoffitti o all'interno di partizioni.

In Casa Ščròsa, la canna palustre è utilizzata come cappotto interno per le pareti a nord, est e ovest poste parzialmente contro terra. Vengono utilizzati pannelli da 5 cm di dimensioni 100x200,

Stratigrafia muratura in pietra con isolamento interno in termointonaco **[69]**

Muro in pietra - *60-90 cm*
Termointonaco - *4 strati da 4 cm*





[70] Stratigrafia muratura in pietra con isolamento interno in canna palustre e termointonaco

Muro in pietra - *60-90 cm*
Pannelli in canna palustre - *5 cm*
RIntaffo - *1 cm*
Termointonaco - *4 cm*

con una conducibilità termica λ di 0,055 W/mK, un coefficiente di diffusione al vapore acqueo μ di 2, un calore specifico di 1500 J/kgK e una reazione al fuoco di classe B2[47].

La posa del cappotto in canna palustre prevede che i pannelli vengano tassellati sul muro in pietra, una volta pulito da polvere, sporco, parti sfarinanti e distacchi, e rinzaffato per chiudere le lacune. La posa dei pannelli avviene dal basso verso l'alto con le canne in direzione perpendicolare al pavimento. Una volta fissati i pannelli, si procede con la posa del termointonaco, composto di calce aerea, canapulo e calce idraulica. Si realizza un primo strato di rinzaffo di circa 1 cm, lasciando la superficie scabrosa in modo tale che possa funzionare da aggrappo ai successivi strati. Quando il rinzaffo è quasi asciutto, si procede con un'altra mano di termointonaco di spessore 2-4 cm. **[70]**

3. Muratura in pietra a vista

Nelle pareti perimetrali in pietra adiacenti alla serra bioclimatica, la presenza di un isolamento ostacolerebbe il passaggio del calore verso l'interno. Dunque, i muri vengono lasciati a vista e viene effettuata solo una fugatura, ossia la chiusura delle fessure che possono esserci tra le pietre, così da impedire l'ingresso di animali e sporcizia, nonché infiltrazioni d'aria.

4. Tamponamento in calce-canapa su struttura lignea

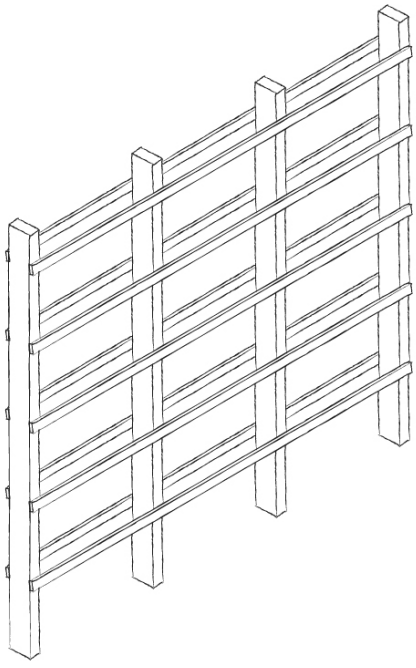
L'ultimo piano di Casa Ščròsa era adibito originariamente ad "astrigo", come si può osservare dal prospetto ovest, e leggere sul prospetto sud osservando le diverse tessiture murarie che lo compongono. I successivi cambi di destinazione d'uso che ha subìto il manufatto hanno portato a murare parzialmente l'ampia apertura dell'astrigo sul lato sud, lasciando però del tutto aperta quella presente ad ovest. Dal momento che, da progetto, il secondo piano sarà adibito a zona notte, la grande apertura sul lato ovest va tamponata.

Per questo intervento si prevede la predisposizione di un telaio ligneo che funzioni da struttura di ancoraggio dei casseri di contenimento per effettuare un getto di calcecanapa, composto di calce aerea magnesiaca e canapulo mineralizzato. Questo sistema di tamponamento è vantaggioso in quanto leggero, ma anche resistente, naturalmente traspirante e capace di offrire un elevato isolamento termo-acustico. Ha una conducibilità termica λ di 0,065 W/mK, e per 35 cm di spessore una trasmittanza termica U di 0,18 W/m2K.

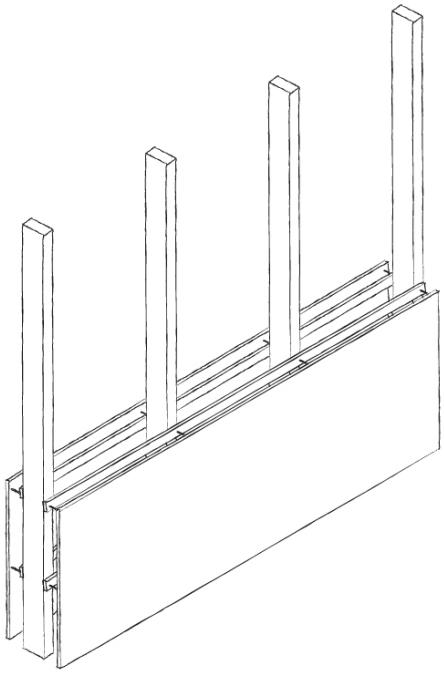
La posa **[71]** parte dalla predisposizione dell'orditura lignea, composta da listelli verticali di dimensioni 7x15 cm con interasse 90 cm, e listelli orizzontali di dimensioni 2x6 cm con interasse di 50 cm. Dopodiché, vengono montati i pannelli di contenimento da entrambi i lati della struttura, con distanziali tra listelli e pannello tali da raggiungere lo spessore di 35 cm. Si può dunque procedere con il getto per strati successivi di 15 cm, compattando con un pestello e spostando progressivamente i pannelli verso l'alto per i getti successivi. Una

[47] La banca della calce. https://www.bancadellacalce.it/bdc/prodotti-bdc/calcecanapa-e-cannapalustre/

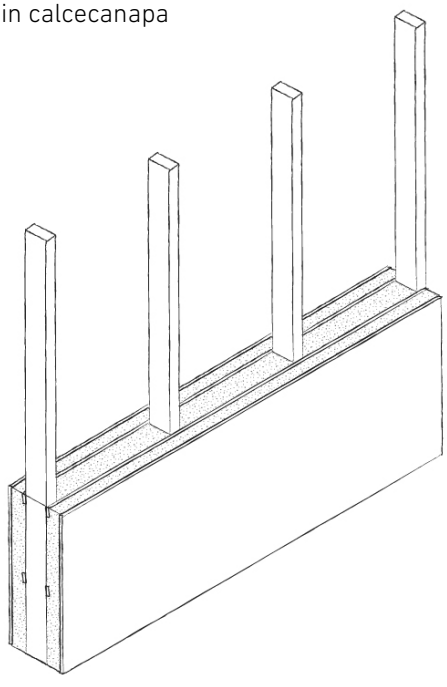
1. Telaio ligneo



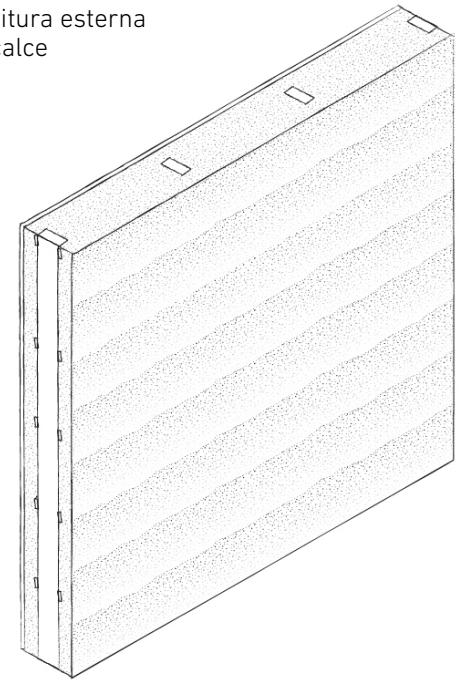
2. Cassero



3. Getto in calcecanapa



4. Finitura esterna in calce

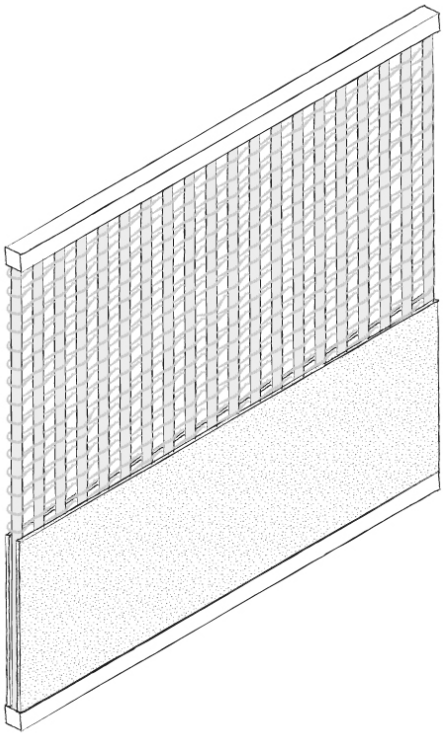


[71] Posa del tamponamento in calce canapa su struttura lignea

volta terminato, il getto asciuga in 30-60 giorni a seconda delle condizioni climatiche. Dal momento che tale tamponamento rappresenta una partizione perimetrale e non è protetto dagli agenti atmosferici se non con un piccolo sporto della copertura, è preferibile terminare la stratigrafia con uno strato esterno di finitura in calce.

Le partizioni interne in torchis

La soluzione adottata è il torchis, che prevede un'intelaiatura di legno sulla quale si intrecciano fibre di segale **[72-73]**. La parete è completata con un impasto di calce e sabbia. Questa tecnica consente di ottenere partizioni leggere realizzate in materiali naturali e reperibili localmente a costo zero. Se non sigillati da finiture inappropriate, i materiali sono in grado di regolare naturalmente l'umidità interna, riducendo il rischio di condensa e muffe e favorendo la salubrità degli ambienti. La presenza di fibre vegetali attribuisce al pacchetto un buon isolamento termico e acustico. Una volta giunti a fine vita, i materiali possono essere riassorbiti facilmente dall'ambiente.



[72] Stratigrafia copertura

Lamiera Perflaz - *0,2 cm*
Moduli fotovoltaici Perflaz - *40x200 cm*
Strato separatore
Tavolato in abete - *2,4 cm*
Capriate in larice - *18x18 cm*

[73] *Tecnica torchis, Naviledo.*
Fonte: Samuele Di Filippo

Orizzontamenti

1. Solaio contro terra in battuto di calce

Per i locali al piano terra, adibiti a dispensa, locale tecnico, laboratorio di trasformazione, bagno e spogliatoio/lavanderia, è stato previsto un solaio contro terra in battuto di calce e cocciopesto che, dotato di elevata traspirabilità, contribuisce alla regolazione igrometrica del solaio e degli ambienti in questione.
Dal momento che i locali, sebbene siano parzialmente contro terra, non risultano umidi, si prevede solamente di uno strato di drenaggio in ghiaia di circa 30 cm di granulometrie progressivamente più fini salendo verso l'alto. Sopra la ghiaia si effettua un primo getto, composto di calce idraulica naturale, sabbia, cocciopesto e acqua. Il battuto va applicato procedendo per strati di 4 cm e per uno spessore massimo di 12 cm **[74]**. Per ogni strato avvengono in ordine il getto, la compattazione dell'impasto, la staggiatura, la battitura e la lisciatura finale. La compattazione conferisce al battuto le prestazioni meccaniche che lo caratterizzano. In questo caso, si operano due getti intervallati da una rete in ferro zincata che conferisce maggiore resistenza meccanica e contribuisce a distribuire in modo più uniforme i carichi sulla superficie.

Nella serra bioclimatica, nel battuto di calce è integrato un sistema di riscaldamento a pavimento. Al suo interno sono annegati dei tubi dentro i quali scorre l'acqua riscaldata tramite il compostaggio termico.

2. Solaio interpiano in brettstapel

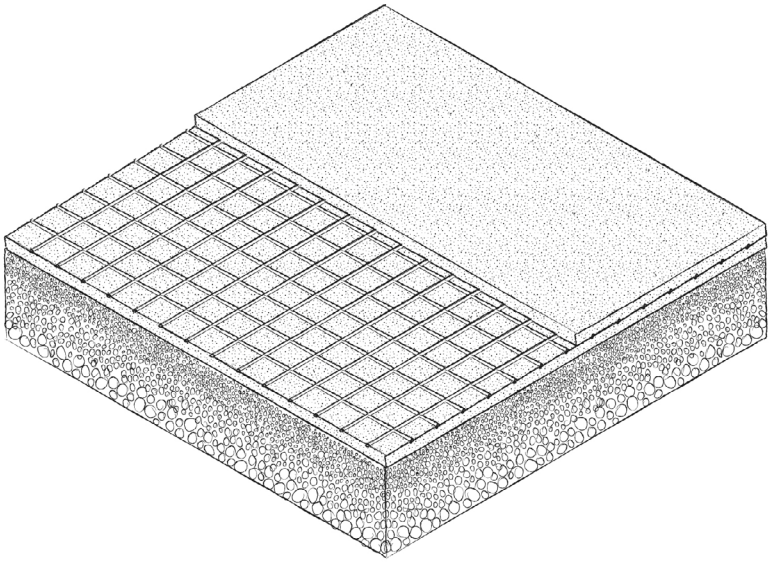
I solai interpiano sono realizzati secondo il sistema *brettstapel*; i pannelli sono composti dall'accostamento di tavole sfalsate di 40 mm sulla faccia superiore, così da creare delle scanalature utili ad accogliere cavi e impianti. Superiormente, viene posta una pavimentazione in tavole di larice, mentre inferiormente il solaio è lasciato a vista **[75]**.
I pannelli *brettstapel* permettono realizzare solai di luci notevoli, come quelli di Casa Ščròsa, senza dover ricorrere a solette collaboranti. Inoltre, il legno massiccio è in grado di regolare il microclima dell'edificio grazie alla sua igroscopicità, ed è caratterizzato da una buona inerzia termica e un discreto isolamento acustico.
La scelta è ricaduta su questa soluzione costruttiva anche perché, essendo un sistema a secco, il disassemblaggio o lo smaltimento a fine vita risultano facilitati.

3. Solaio superiore sottotetto

Dal momento che si prevede un tetto freddo, il solaio del sottotetto dovrà svolgere la funzione di involucro termico. A tale scopo, si prevede un pacchetto sandwich con un tavolato in abete superiore, un assito in larice inferiore, con interposti pannelli isolanti in fibra di canapa, intervallati da travetti in abete. Sul lato inferiore dell'isolante è prevista una barriera traspirante in carta kraft. Ai lati del solaio, sopra il muro in pietra e sotto l'orditura del tetto, è gettato un raccordo di una miscela di argilla espansa e calce idraulica, così da impedire l'ingresso di roditori nello strato di isolamento **[76]**.

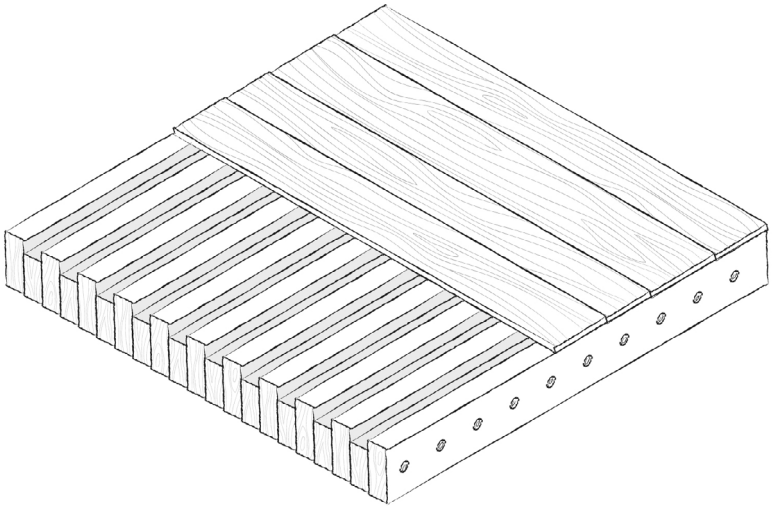
[74] Stratigrafia solaio controterra

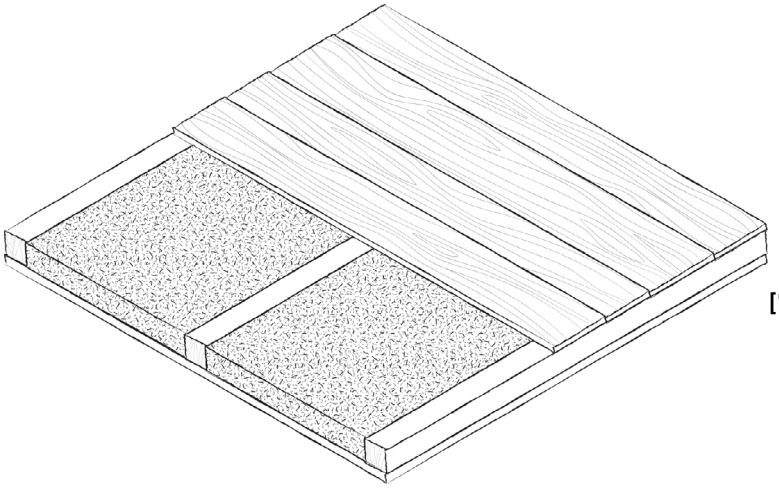
Battuto di calce - *4 cm*
Rete in ferro zincata
Battuto di calce - *4 cm*
Ghiaia - *30 cm*



Stratigrafia solaio interpiano **[75]**

Tavolato in larice - *2 cm*
Tavole in abete poste di taglio - *7x14, 7x18 cm*
Picchetti in faggio





[76] Stratigrafia copertura

Tavolato in larice - *2 cm*
Travetti in abete - *8 cm*
Pannello isolante in fibra di canapa *8x8 cm*
Barriera traspirante
Assito in larice - *3 cm*

Le strutture portanti in legno

Secondo la Carta Forestale del Piemonte, aggiornata al 2016, la provincia del Verbano-Cusio-Ossola presenta un indice di boscosità del 57%, a fronte di un indice medio regionale del 38%. Le serie storiche di dati mostrano come i boschi negli ultimi decenni abbiano guadagnato progressivamente terreno, sostituendo pascoli e seminativi la cui riduzione, iniziata a seguito del richiamo della forza la voro a valle, prosegue inarrestabile.

Servendosi dell'applicativo sviluppato da IPLA (Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente) per il Calcolo della Disponibilità potenziale delle risorse Legnose derivanti dai boschi del Piemonte (CDLP), è stato possibile quantificare la disponibilità legnosa impiegabile in ambito edilizio, suddivisa per categoria forestale, a scala sia provinciale che comunale, per scenari di medio periodo (da 5 a 15 anni).

Tale servizio, integrato all'interno del Sistema Informativo Forestale Regionale, utilizza come fonte dei dati l'Inventario Forestale Regionale e la Carta forestale e delle altre coperture del territorio. Entrambi gli strumenti sono derivanti dall'accorpamento dei dati forestali contenuti negli studi per i Piani Forestali Territoriali della Regione Piemonte e sono convenzionalmente aggiornati all'anno 2000.

La prima tabella **[77]** mostra la disponibilità legnosa nella provincia del Verbano-Cusio-Ossola espressa in m^3 e percentuali, mentre la seconda **[78]** riporta i valori riferiti al Comune di Montecrestese. Il valore di maggior interesse in questo studio è rappresentato dalla quantità di m^3 potenzialmente destinabili alla produzione di tondame da lavoro, ossia impiegabili in ambito edilizio. A scala comunale, prevalgono

	MASSA ENERGETICO		ALTRI USI						MASSA PRELEVABILE
	Assortimenti da triturazione	%	Legna da ardere	%	Paleria	%	Tondame da lavoro	%	
Formazioni igrofile	365	75	87	18	10	2	24	5	486
Castagneti	17.139	55	3.232	20	4.674	15	3.116	10	31.162
Faggete	10.315	25	2.820	65	0	0	4.126	10	41.261
Boschi di neoformazione	1.894	36	2.574	49	263	5	525	10	5.254
Querceti e ostrieti	723	25	1.736	60	0	0	434	15	2.893
Robineti	0		0		0		0		0
Lariceti	414	25	166	10	0	0	1.076	65	1.656
Abetine e peccete	1.165	25	1.632	35	0	0	1.865	40	4.662
Arbusteti	0		0		0		0		0
Pinete	418	55	38	5	0	55	304	40	760
TOTALE	**32.433**	**36**	**39.285**	**44**	**4.947**	**55**	**11.470**	**13**	**88.134**

[77] *Disponibilità legnosa, provincia Verbano-Cusio-Ossola.* Fonte: rielaborazione personale da SIFOR

	MASSA ENERGETICO		ALTRI USI						MASSA PRELEVABILE
	Assortimenti da triturazione	%	Legna da ardere	%	Paleria	%	Tondame da lavoro	%	
Formazioni igrofile	14.440	75	3.466	18	385	2	963	5	19.253
Castagneti	1.261.189	55	458.614	20	343.961	15	229.307	10	2.293.072
Faggete	286.912	25	745.971	65	0	0	114.765	10	1.147.647
Boschi di neoformazione	71.906	31	124.4339	54	11.522	5	23.044	10	230.443
Querceti e ostrieti	41.085	25	98.605	60	0	0	24.651	15	164.342
Robineti	13.495	25	29.688	55	8.097	15	2.699	5	53.979
Lariceti	30.700	25	12.280	10	0	0	79.821	65	122.802
Abetine e peccete	246.504	37	155.253	23	0	0	270.005	40	675.012
Arbusteti	0		0		0		0		0
Pinete	109.421	55	9.960	5	0	0	79.683	40	199.208
TOTALE	**2.075.652**	**42**	**1.638.276**	**33**	**363.965**	**7**	**824.938**	**16**	**4.905.758**

[78] *Disponibilità legnosa, comune di Montecrestese.* Fonte: rielaborazione personale da SIFOR

abetine e peccete, seguite in ordine decrescente da castagneti, faggeti e lariceti.

La disponibilità potenziale di risorse legnose rappresenta un valore numerico indicativo, che però non trova riscontro nella gestione forestale.

Gran parte delle foreste non è gestita, e quando esse lo sono, vengono per lo più sfruttate per produrre legna da ardere. Il legno locale come materiale da costruzione è assai poco disponibile: segherie e carpentieri locali trasformano per lo più materiale importato da Francia, Svizzera e Austria.

Ciò è il risultato di molteplici fattori, tra i quali la frammentazione delle proprietà, la mancanza di infrastrutture tra cui le piste forestali che permettano una agile fruizione della risorsa, la forte

acclività dei versanti, l'insufficiente organizzazione imprenditoriale, la presenza di una legge regionale ancora troppo recente per produrre esiti positivi, la carenza di programmazione a medio-lungo termine e la qualità dei boschi stessi, in molti casi non ancora maturi[48].
La disponibilità della risorsa fa però pensare che, risolti gli attuali problemi organizzativi, il legno potrà tornare una risorsa economica per la Val d'Ossola.

Per Casa Ščròsa, si prevede di rifornirsi da fornitori locali, che distribuiscono prodotti realizzati con legno non sempre locale. Una piccola parte dei prodotti necessari però, quelli che richiedono una lavorazione meno raffinata effettuabile manualmente o con mezzi non industriali, quali per esempio travi, travetti e capriate, è previsto provenga dalla produzione artigianale locale. Infatti, alcuni artigiani locali lavorano piccole quantità di legno disponibile nei terreni di loro proprietà manualmente o con lavorazioni a bassa energia incorporata, che richiedono tuttavia tempi di fornitura molto lunghi.

L'involucro trasparente

Nell'ambito della riqualificazione di edifici tradizionali, la componente di involucro trasparente rappresenta un tema ostico. Spesso, infatti, tali edifici presentano poche aperture e di dimensioni molto ridotte. Tale caratteristica è dovuta alla necessità di limitare le dispersioni termiche in assenza di serramenti, garantendo però allo stesso tempo un'aerazione minima per l'evacuazione del fumo del camino e per il ricambio di aria. I vincoli paesaggistici anche in questo caso pongono restrizioni nell'apertura di finestre ex novo, che spesso rendono difficile l'adeguamento di tali edifici all'uso residenziale.

Per Casa Ščròsa questo tema non ha rappresentato un problema. Infatti, l'edificio già disponeva di un numero elevato di aperture, tra porte e finestre. L'intervento previsto, in un'ottica di ottimizzazione dell'esistente, ha previsto l'adeguamento ai requisiti di rapporto aeroilluminante solo nei locali dei piani primo e secondo, destinati ad uso abitativo, per lo più tramite l'allargamento delle aperture esistenti e l'aggiunta di alcune aperture, parte delle quali concentrate in corrispondenza della porzione di parete perimetrale realizzata ex novo in getto di calcecanapa. Inoltre, tutte le porte saranno porte finestre, e contribuiranno quindi al rapporto aeroilluminante degli ambienti. Per il piano terra, che ospita per lo più locali di servizio e tecnici, si è previsto il mantenimento delle sole aperture esistenti.

1. La scelta dei serramenti

L'involucro trasparente rappresenta uno dei componenti per i quali è più difficile evitare soluzioni high tech e materiali industriali altamente processati. Questo svolge infatti un ruolo decisivo nella definizione delle prestazioni dell'involucro, che hanno ripercussioni, oltre che sulla vita degli occupanti, sull'impatto della fase d'uso del manufatto edilizio.

Una posizione realistica ed equilibrata a riguardo è suggerita da Peter Harper, che consiste nel compromesso tra "low carbon materials" e "industrial vitamins". Egli sostiene che anche i progetti più moderni possano essere realizzati utilizzando principalmente materiali naturali il cui

[48] Giovanni Paludi e Paolo Zeppetella, *Valorizzare le risorse della montagna. L'esperienza del progetto CAPACities* (Savigliano: L'artistica editrice, 2011).

impatto ambientale è molto limitato, ai quali sono accostati alcuni prodotti altamente processati che rendono possibile il raggiungimento di prestazioni elevate.

Sulla base di queste considerazioni, per Casa Ščròsa è stato scelto un involucro trasparente altamente performante, in particolar modo per la serra bioclimatica. I serramenti sono prodotti dall'azienda Cobola che ha sede a Sanfront (CN), e che è stata scelta per la disponibilità di EPD dei suoi prodotti e per l'attenzione alla sostenibilità del processo produttivo e dei prodotti nell'intero ciclo di vita.
I serramenti appartengono alla Serie 80 e sono caratterizzati da un vetro camera costituito da doppio vetro basso emissivo 33.1-16-33.1 PLANITHERM CLEAR 1.0 della Saint Gobain con gas argon, di spessore 80 mm. Il telaio è in castagno Hardwood e proviene da foreste europee gestite in maniera sostenibile.

2. La risoluzione dei ponti termici

La lana di pecora è idrorepellente e allo stesso tempo assorbe il vapore acqueo fino al 33% del suo peso senza apparire umida, favorendo quindi la regolazione dell'umidità all'interno degli ambienti e riducendo il rischio di condensa. Inoltre, essendo la lana costituita da fibre proteiche, non è digeribile da piccoli roditori né attaccabile da muffe.

La lana è una materia prima rinnovabile e riciclabile, la cui trasformazione in isolante (sotto forma di pannelli, rotoli o sfusa) richiede una bassa quantità di energia. Per produrre rotoli e pannelli in lana si utilizzano solitamente lane di tosa non adatte per tessuti e filati.

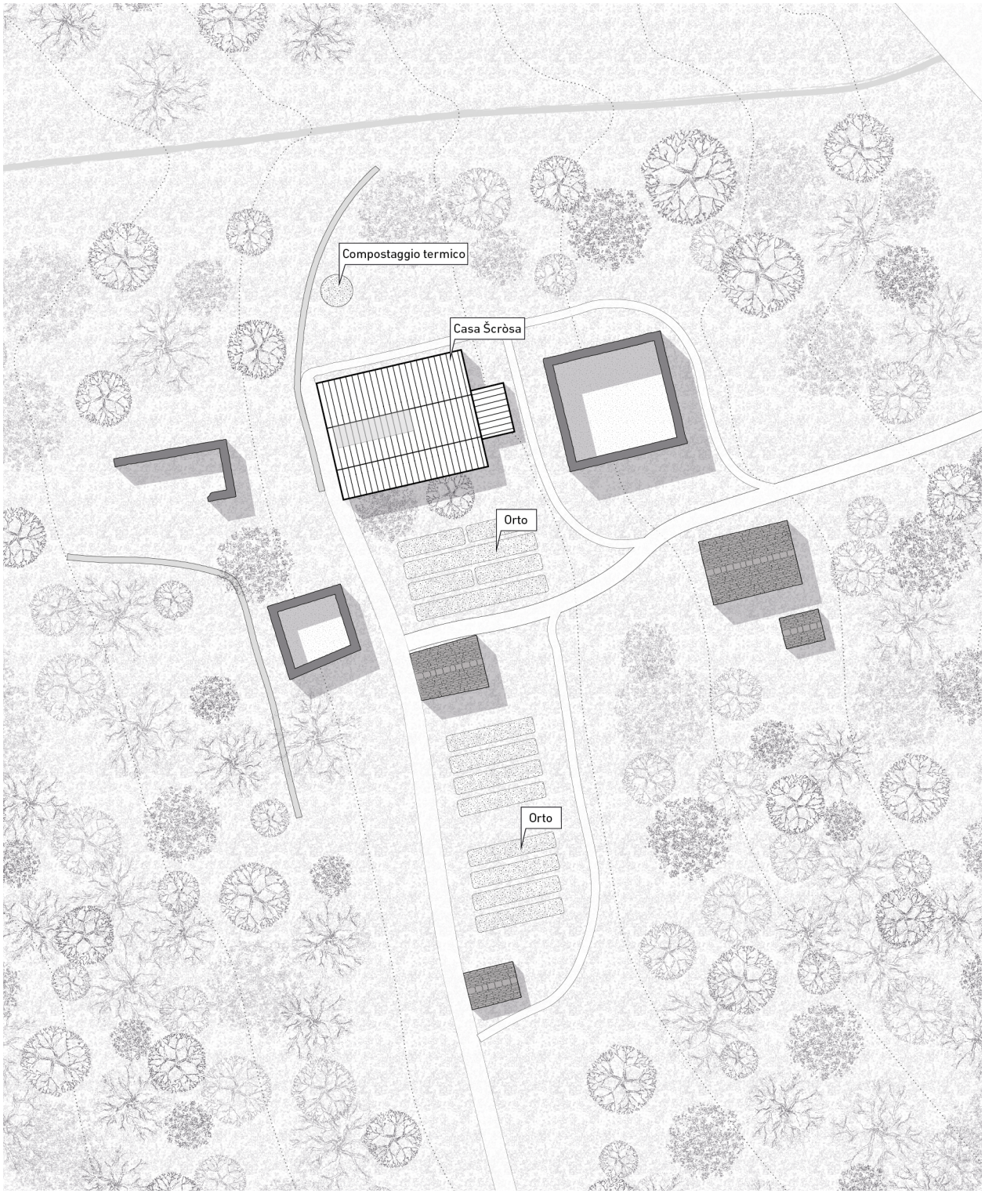
In Casa Ščròsa, questo materiale viene impiegato per la risoluzione dei ponti termici tra i telai dei serramenti e le spalle dei muri in pietra. Il metodo di posa fa riferimento a quello utilizzato nella ristrutturazione di Casa Alfio nella frazione di Ghesc (Montecrestese), effettuata da parte di Maurizio Cesprini e Paola Gardin, due dei membri di Fondazione Canova e attualmente gli unici abitanti stabili della frazione.

Questo consiste nella preparazione della lana tramite lavaggio con sali di boro, che la proteggono dall'attacco delle tarme, seguita dalla preparazione di rotoli di lana avvolti da una rete di ferro a maglia regolare, posizionati attorno ai telai, ai quali sono fissati e infine ricoperti di calce **[79]**. Ad esclusione della rete di ferro, questo metodo low tech sfrutta una risorsa disponibile localmente che andrebbe altrimenti smaltita, e implica un processo di lavorazione a impatto pressoché nullo, che può essere effettuato direttamente da privati.

[79] *Risoluzione dei ponti termici con lana di pecora, Ghesc.* Fonte: Maurizio Cesprini e Paola Gardin

Progetto architettonico

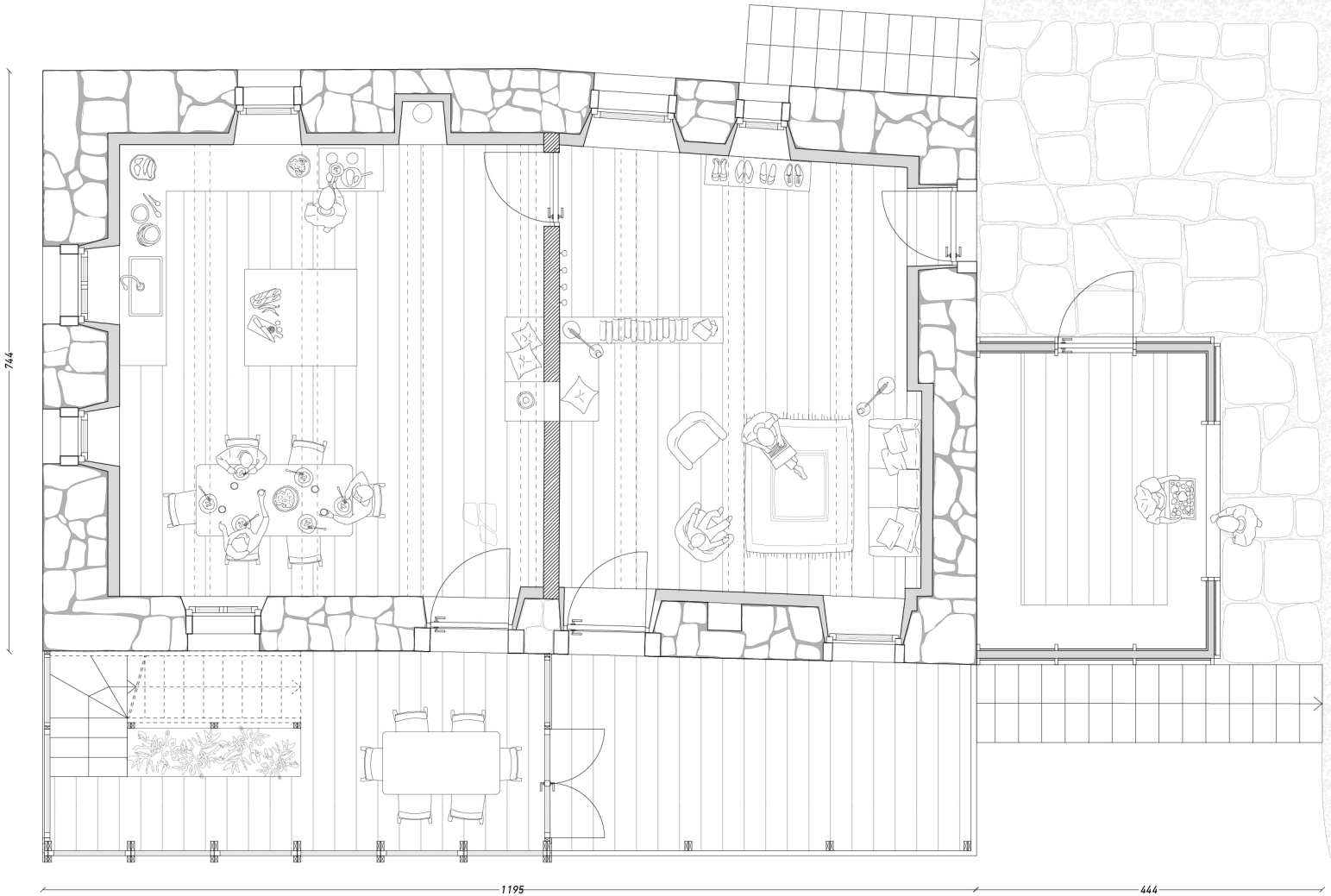
Planmetria
Scala 1:500

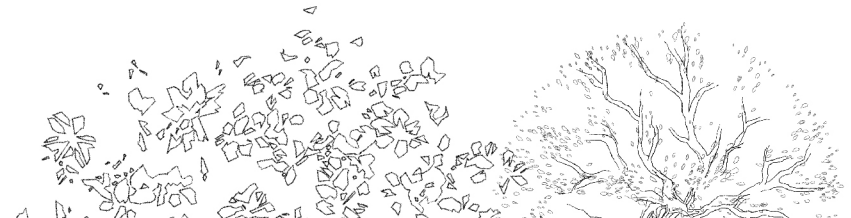


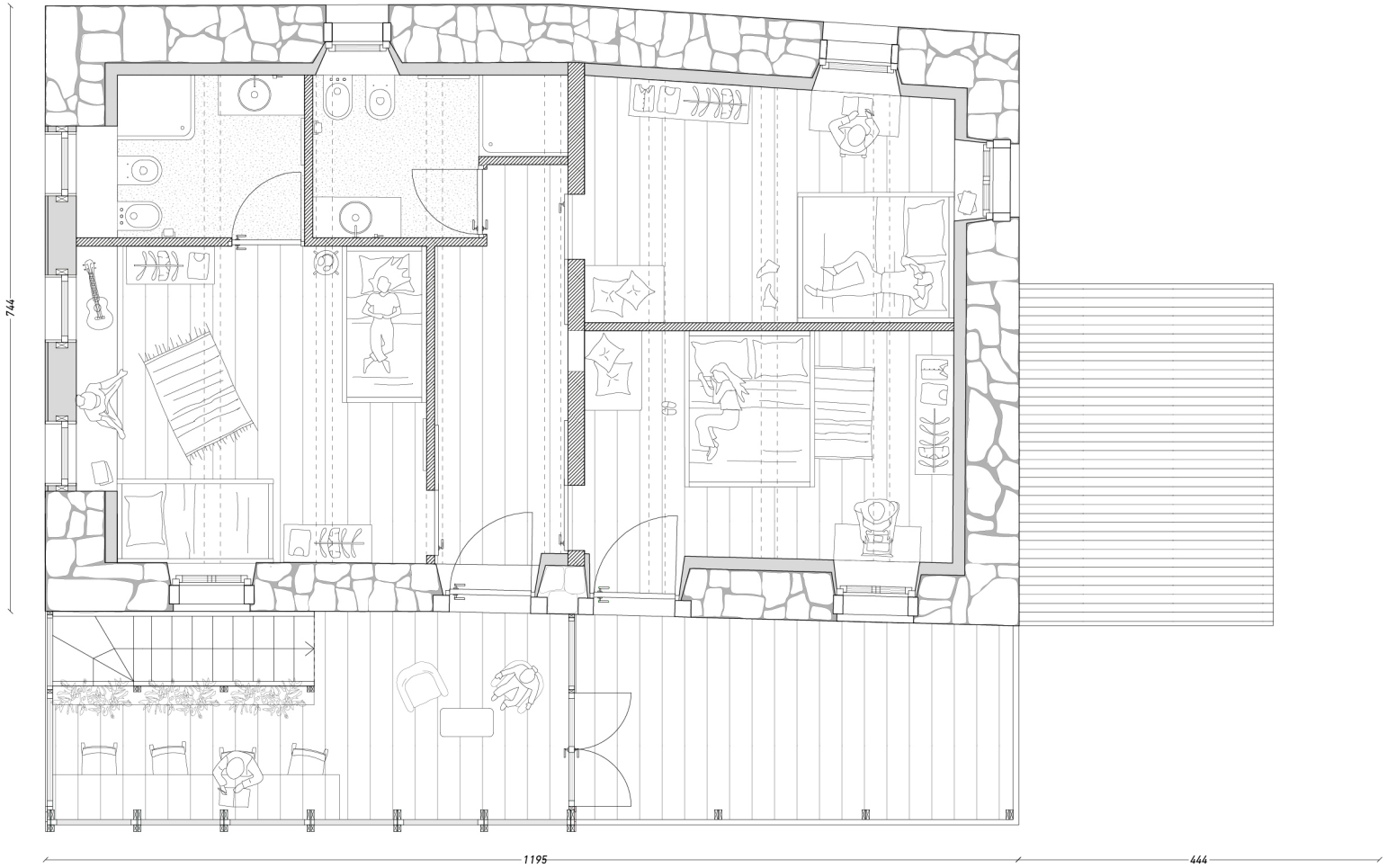
Pianta piano terra
Scala 1:200

Pianta piano primo

Scala 1:200



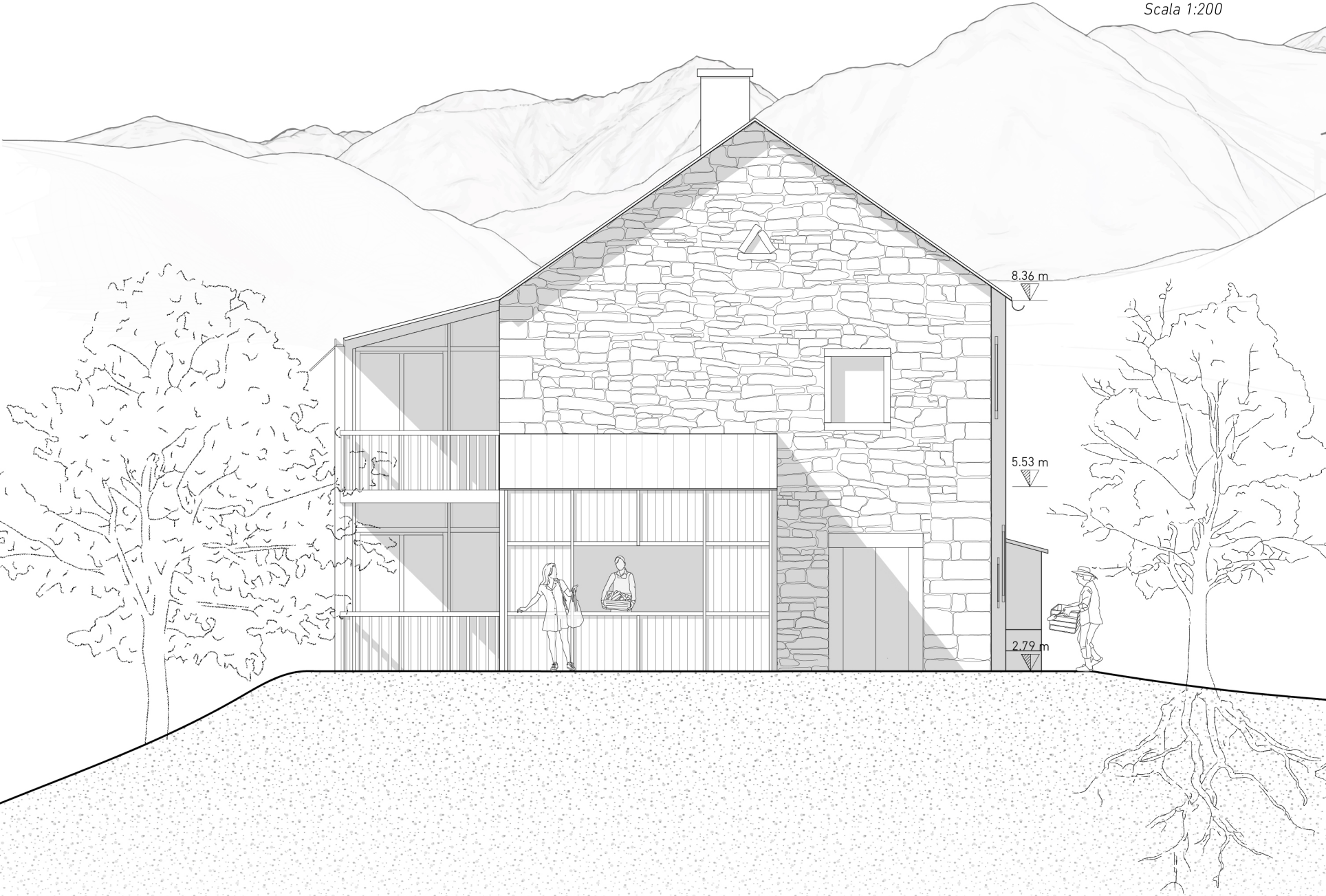


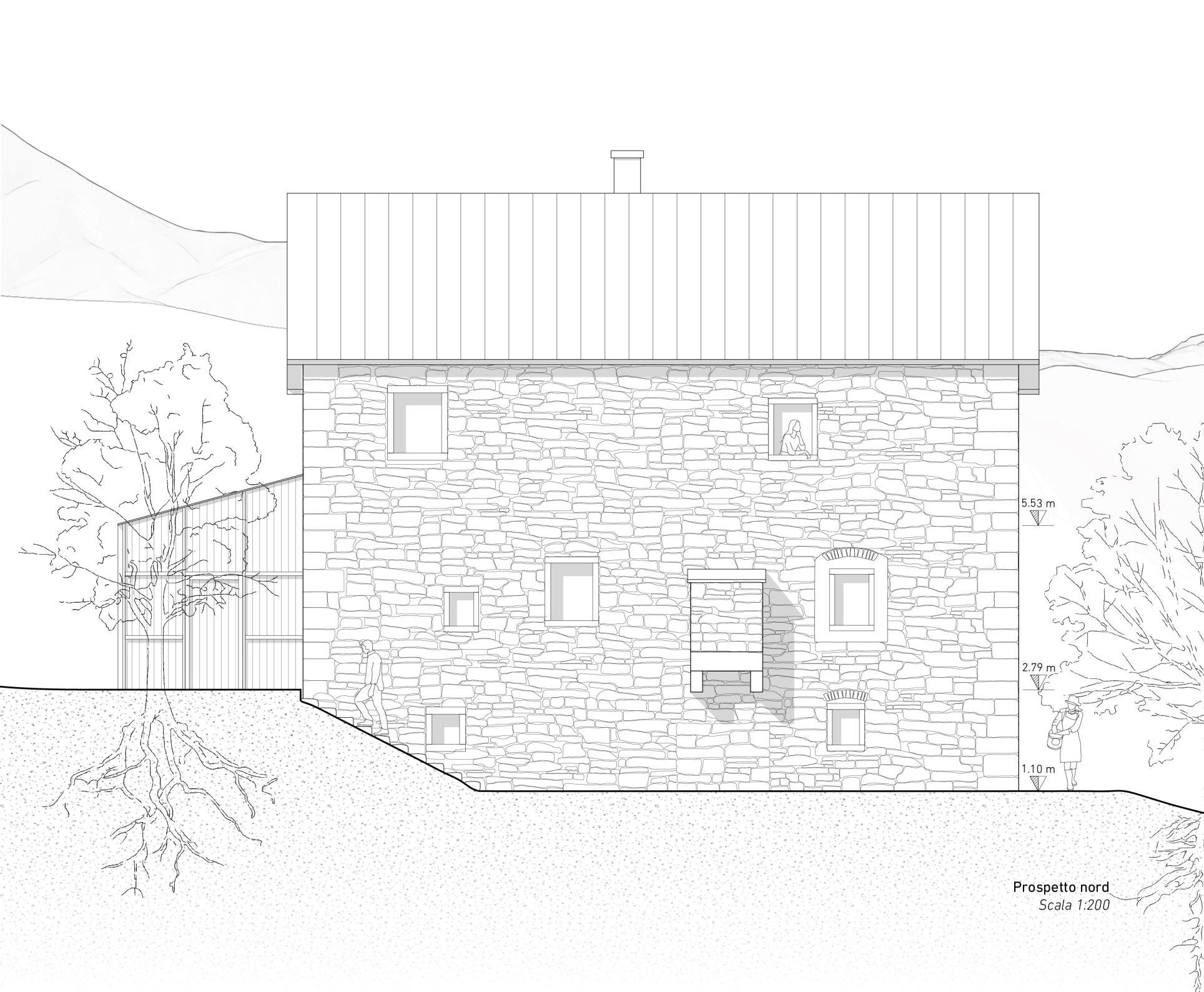


Pianta piano secondo
Scala 1:200

Prospetto est

Scala 1:200

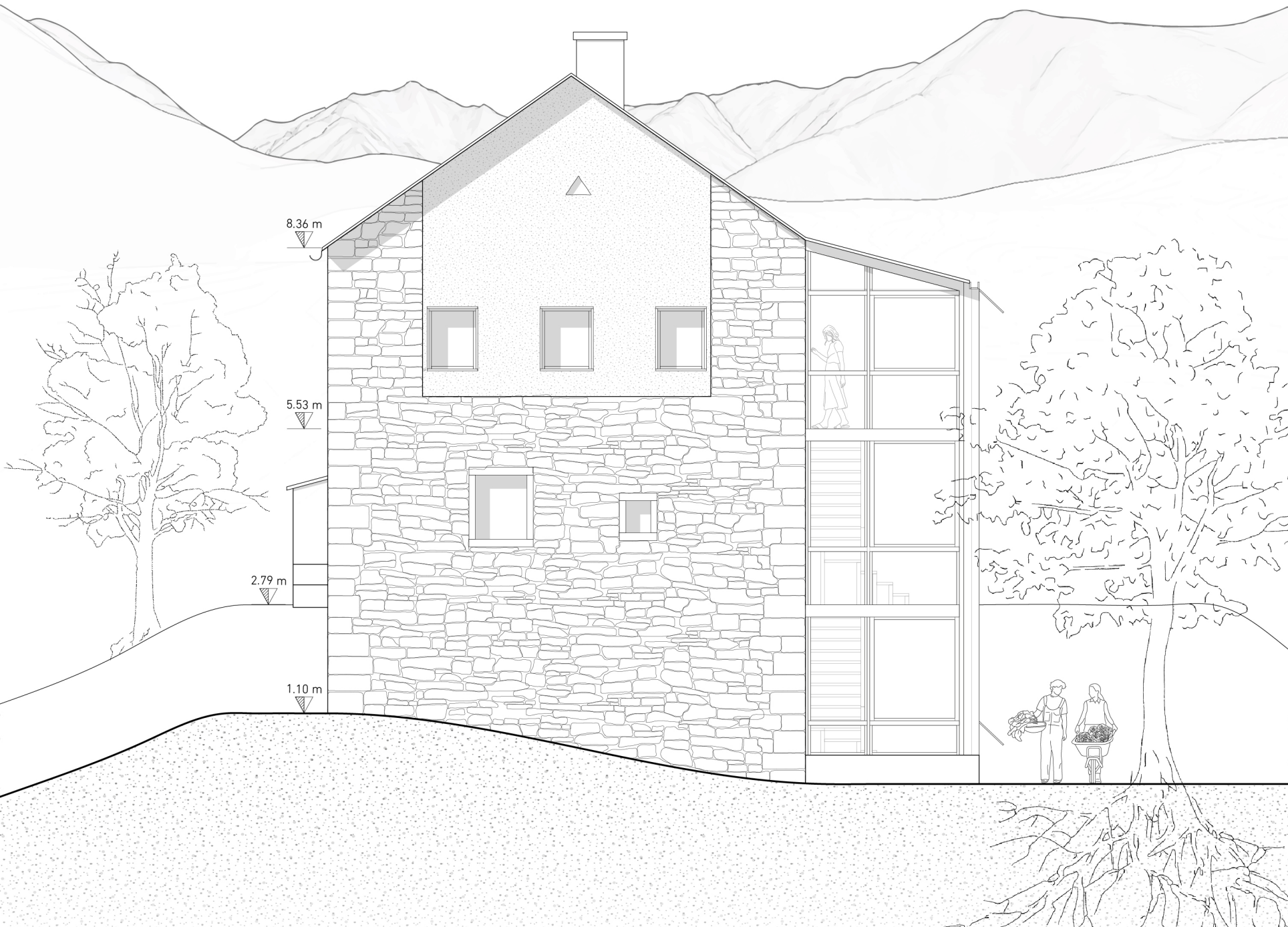




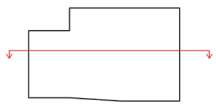
Prospetto nord
Scala 1:200

Prospetto ovest

Scala 1:200

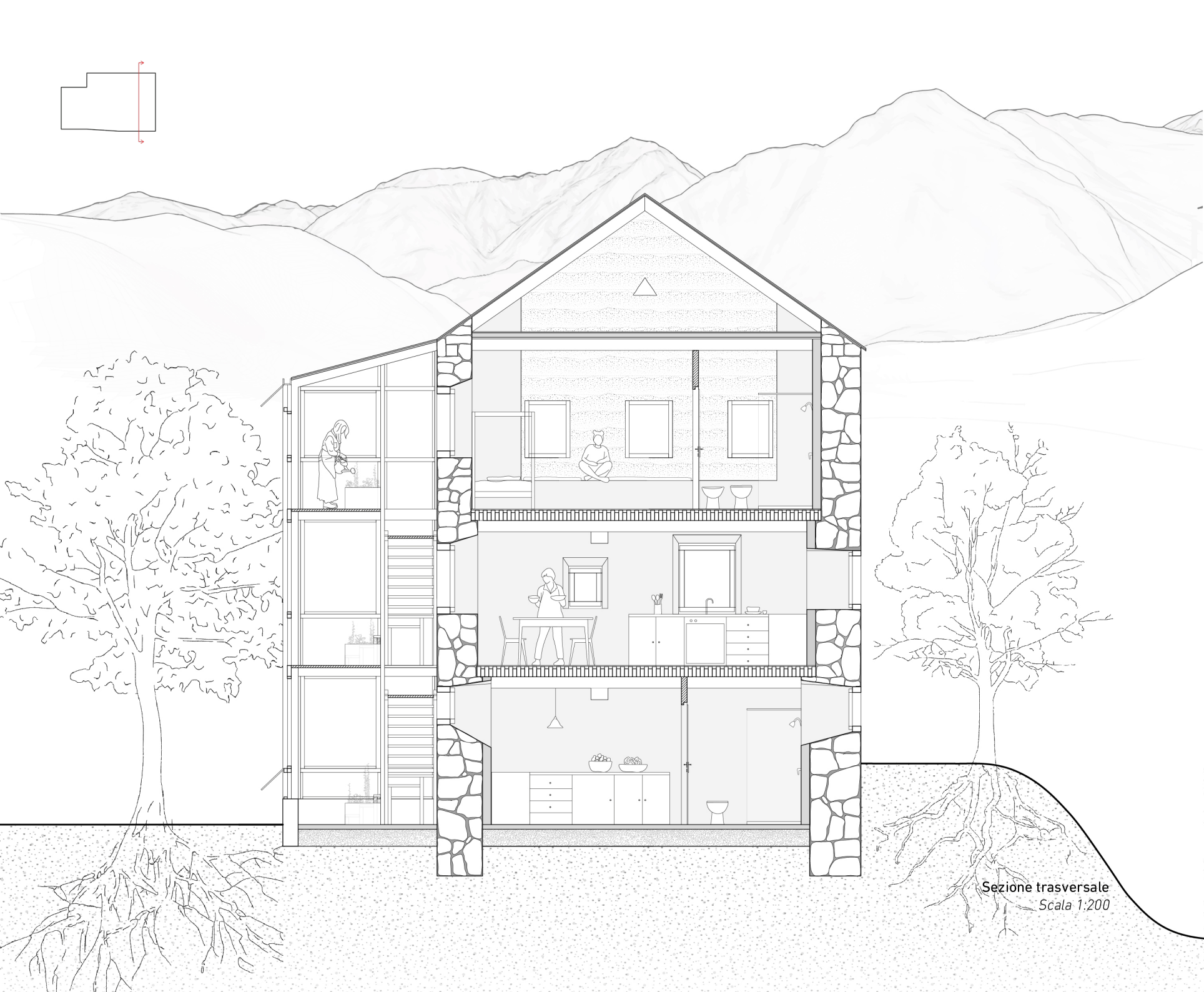


Prospetto sud
Scala 1:200



Sezione longitudinale

Scala 1:200



Sezione trasversale
Scala 1:200

CAP 5

Calcolo dell'LCA

Strumenti di valutazione

Gli strumenti di valutazione dell'ecocompatibilità di un prodotto edilizio o di un edificio si suddividono in due metodi: multicriteri e analitici.

I metodi multicriteri si presentano sotto forma di una check list di indicatori qualitativi e/o quantitativi, e prevedono ad ogni voce l'abbinamento di un punteggio. Il punteggio totalizzato rappresenta il grado di ecocompatibilità raggiunto. Fanno parte dei metodi multicriteri i sistemi di certificazione BREEAM, ITACA, LEED, e DGNB, per esempio.

I metodi analitici invece considerano un numero ridotto di parametri ma forniscono dati di tipo quantitativo tramite algoritmi. Tra questi rientra il LCA (Life Cycle Assessment).

Dal momento che uno degli obiettivi della ricerca è giungere a una proposta progettuale che sia a impatto negativo o prossimo allo zero, lo strumento di valutazione dell'ecocompatibilità dell'edificio più adatto deve fornire dati oggettivi, che possano essere analizzati e confrontati. Per questo motivo è stato scelto il LCA.

Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione

Le fasi del ciclo di vita considerate vanno dalla A1 alla A3, ossia "dalla culla al cancello". La fase successiva di trasporto dei prodotti dal sito di produzione al cantiere (A4) è stata esclusa dal calcolo a causa della complessità della ricostruzione dei dati. Sarebbe infatti stato necessario ipotizzare per il trasporto di ogni materiale edilizio il tipo di veicolo impiegato, la sua capacità, il carico trasportato nel viaggio di andata, tenendo conto dell'eventuale trasporto di materiale indirizzato anche ad altri cantieri e dell'eventuale sfruttamento del viaggio di ritorno per trasportare altri materiali. Tale operazione esula dalle mie capacità e avrebbe comunque prodotto risultati poco attendibili.

Dunque, per quanto riguarda la valutazione dell'impatto dei trasporti successivi alla fase di produzione si è preferito limitarsi a calcolare la distanza tra i vari siti di fornitura e il sito di progetto, così da consentire alcune considerazioni riguardo la provenienza del materiale edilizio impiegato per Casa Ščròsa.

Le successive fasi di costruzione (A5) e di utilizzo (B1-7) sono state escluse dai calcoli a causa della difficoltà di ipotizzare i dati richiesti per il calcolo. Anche la fase di fine vita (C) è stata esclusa dai calcoli, per la mancanza di dati sufficienti ad assicurare risultati attendibili.

Analisi dell'inventario e degli impatti

La compilazione dell'inventario è stata agevolata dall'utilizzo di un modello volumetrico del progetto per la quantificazione dei dati di input e da schede tecniche dei componenti edilizi fornite dai produttori. I componenti edilizi di riuso, principalmente i muri in pietra preesistenti, sono stati inclusi nell'inventario senza contabilizzare però il loro impatto. La motivazione di tale operazione è dovuta al principio secondo il quale gli impatti associati alla produzione dei componenti edilizi vanno attribuiti unicamente e totalmente al loro primo utilizzo.

I calcoli sono stati eseguiti servendosi di un foglio Excel semplificato rispetto ai software di calcolo LCA, e adattato alle esigenze della tesi. I database di riferimento sono stati principalmente ÖKOBAUDAT,

EPD Portal ed Ecoinvent. A tal proposito, c'è da chiarire che i set di dati selezionati da questi portali fanno riferimento a prodotti realizzati in paesi europei, tra i quali però non rientra l'Italia. La disponibilità di EPD di prodotti italiani è infatti ad oggi estremamente scarsa.

Le categorie di impatto analizzate con l'LCA sono state due:

- l'energia primaria totale impiegata (PEI), divisa nelle due componenti rinnovabile (PERT) e non rinnovabile (PENRT)

- il potenziale di riscaldamento globale totale (GWPtot), anche specificando la componente di potenziale di riscaldamento globale biogenico (GWPbiogenic)

Le due categorie di impatto sono state calcolate prima in valore assoluto, ossia prendendo l'edificio come unità funzionale (FU), e successivamente normalizzate per metro quadrato di area interna lorda (GIA) e per chilogrammo di peso dell'edificio, così da renderne possibile un eventuale confronto con altri progetti.

Risultati dell'LCA

I risultati consentono di formulare alcune riflessioni in merito all'impatto del progetto di Casa Ščròsa.

Una prima considerazione riguarda il GWPtot, che risulta negativo ammontando a:

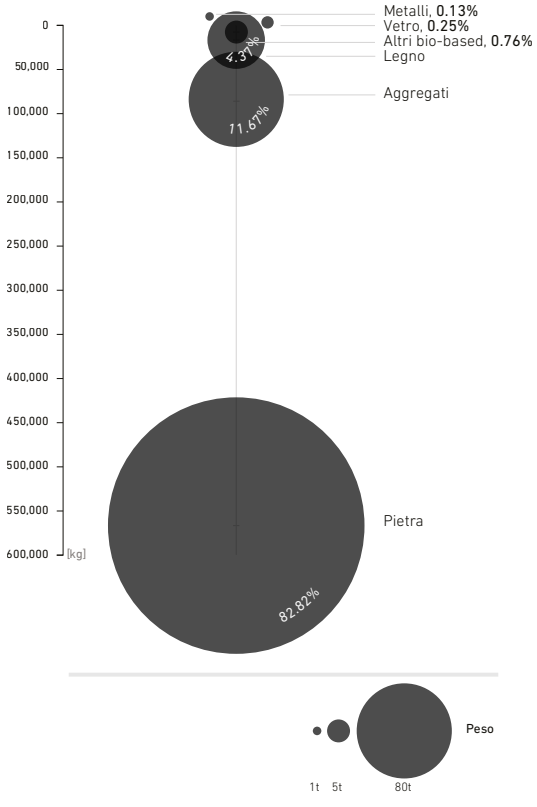
• 22142,43 $kgCO_{2eq}$ totali

• 88,21 $kgCO_{2eq}/m^2GIA$

• 0,031 $kgCO_{2eq}/kg$

Come si può leggere dal grafico **[81]**, e come prevedibile, i materiali di progetto in grado di stoccare più CO_{2eq} di quella emessa durante la loro manifattura sono il legno e i materiali biogenici quali canapa, paglia e canna palustre, e sono riconoscibili per il fatto di avere un GWP_{tot} negativo.
Un indicatore utile a quantificare tale fenomeno è il $GWP_{biogenic}$, che sta ad indicare la porzione di CO_{2eq} che viene sequestrata dall'ambiente nella fase di crescita delle piante legandosi chimicamente al materiale.

Il bilancio complessivamente negativo del GWP_{tot} è dovuto all'impiego di una grande quantità di legno nel progetto. In peso, infatti, questo rappresenta il terzo materiale più utilizzato dopo la pietra, che però non contribuisce al GWP_{tot} essendo un materiale di riuso, e gli aggregati **[80]**.



[80] *Ripartizione dei materiali in peso.*

Proprio questi ultimi rappresentano la classe di materiali più impattante nel progetto a livello di CO2eq, seguiti da vetro e metalli. Se per quanto riguarda il vetro, come già anticipato, è difficile trovare delle alternative valide e altrettanto efficienti, per quanto riguarda la lamiera il discorso è differente. Tra le opzioni indagate, tutti gli altri materiali (piode di riuso, legno, paglia) presentavano livelli di GWP, come anche di PEI, nettamente inferiori rispetto alla lamiera, pur mantenendo prestazioni elevate.

È infine da far notare che una delle parti della costruzione solitamente più impattanti in termini di GWP è rappresentata dalle fondazioni, che in questo intervento non sono state ritenute necessarie visto il sovradimensionamento dei muri perimetrali in pietra e in generale il funzionamento statico di questo tipo di edifici.

A tal proposito, è interessante mettere in evidenza il GWP attribuibile alle principali parti dell'edificio, mostrato nel grafico **[82]**. Le pareti perimetrali sono la parte con le emissioni più alte, seguite dal solaio controterra, mentre i solai interpiano, essendo realizzati quasi completamente in legno, presentano un GWP_{tot} ampiamente negativo. Presentano bilancio complessivamente negativo anche la copertura e la serra bioclimatica, nonostante l'abbondante presenza di vetro e lamiera, poiché le emissioni di questi ultimi sono compensate dallo stoccaggio operato dalla grande quantità di legno impiegata. Anche tramezze, scale, solaio sottotetto e ampliamento destinato allo shop hanno GWP complessivamente negativo, essendo composti quasi completamente la legno o altri materiali bio-based.

Per quanto riguarda la seconda categoria d'impatto analizzata, ossia l'energia totale primaria impiegata (PEI), questa riporta un valore complessivo di:

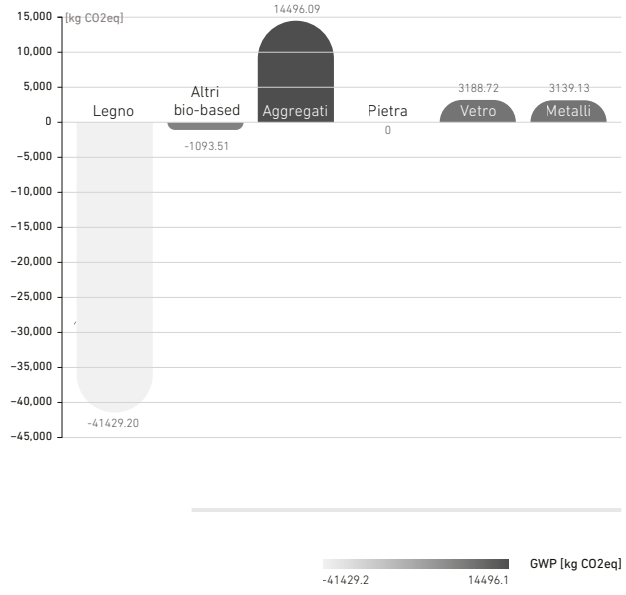
- 869426,88 MJ totali
- 3463,85 MJ/m²GIA
- 1,27 MJ/kg

Nonostante il materiale presente in maggior quantità in peso sia la pietra, il suo valore di PEI è zero, essendo materiale di riuso e non essendo previste lavorazioni per il suo reimpiego, se non un'operazione di selezione e pulizia manuale.

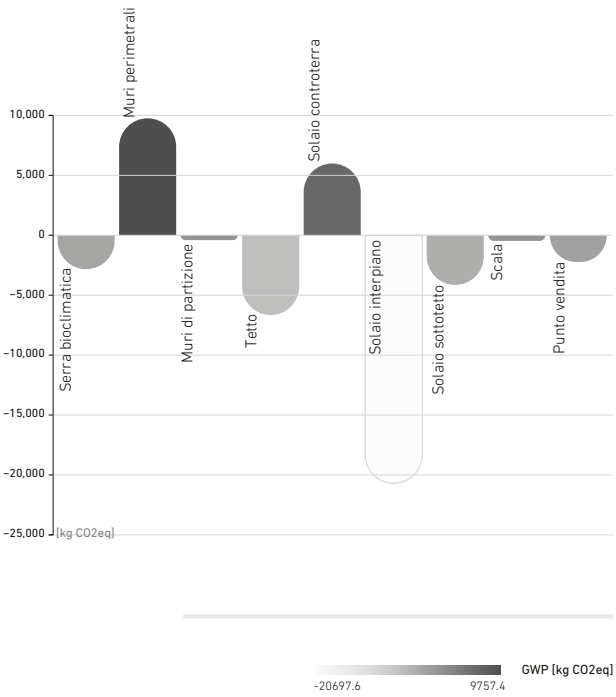
Come si può leggere dal grafico **[84]**, il materiale la cui produzione richiede la maggiore quantità di energia primaria è il legno.

A tal proposito c'è da dire che le EPD utilizzate prevedono nel processo di produzione una serie di lavorazioni molto energivore, come ad esempio l'essiccazione in forni. Alcune di queste possono essere evitate se si prevedono tempi di produzione più lunghi, tipici di lavorazioni artigianali o in autocostruzione, determinando una notevole riduzione dei valori di PEI. Dal momento che si stima che una parte del legno impiegato sia prelevato localmente e lavorato da artigiani locali, si può affermare che l'energia inglobata sia sovrastimata.

La ripartizione dell'energia primaria nelle sue componenti rinnovabile e non rinnovabile **[83]**, nonostante sia un'informazione interessante, non è attendibile. In primo luogo, i dati fanno riferimento a stabilimenti in paesi europei, caratterizzati da un mix energetico differente da quello italiano. In secondo luogo, quando un produttore non produce da sé l'energia che impiega ma sfrutta la rete per l'approvvigionamento di energia, è difficile



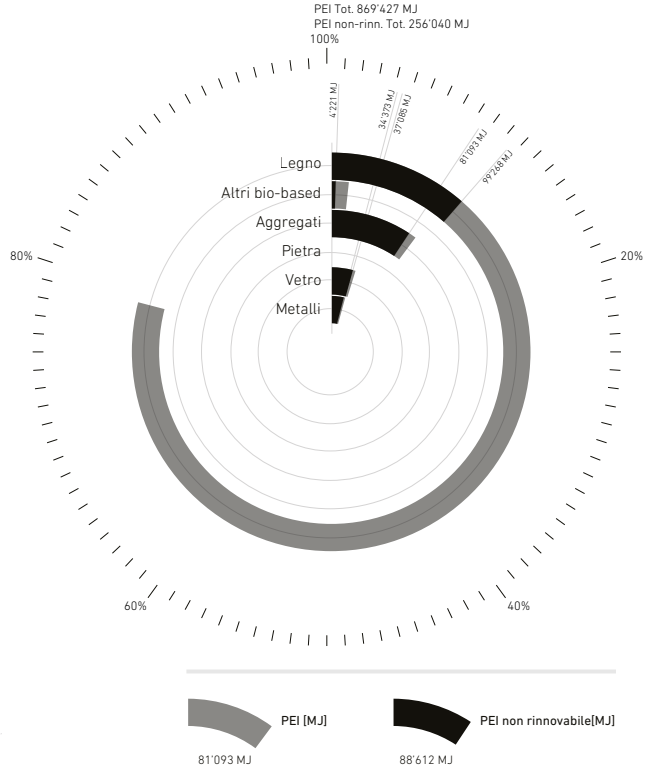
[81] *Global Warming Potencial ripartito per materiali.*



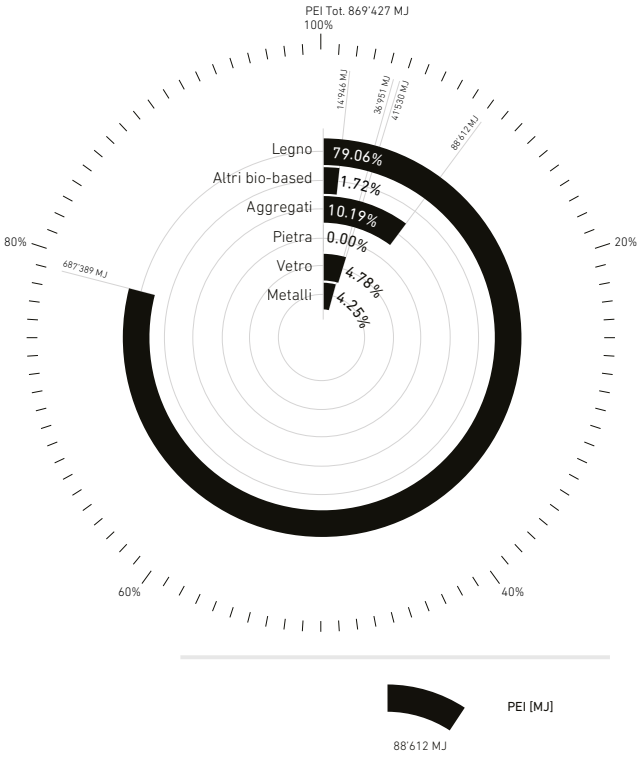
[82] *Global Warming Potencial ripartito per componente edilizio.*

ricostruire la ripartizione di energia rinnovabile e non rinnovabile utilizzata dall'azienda.

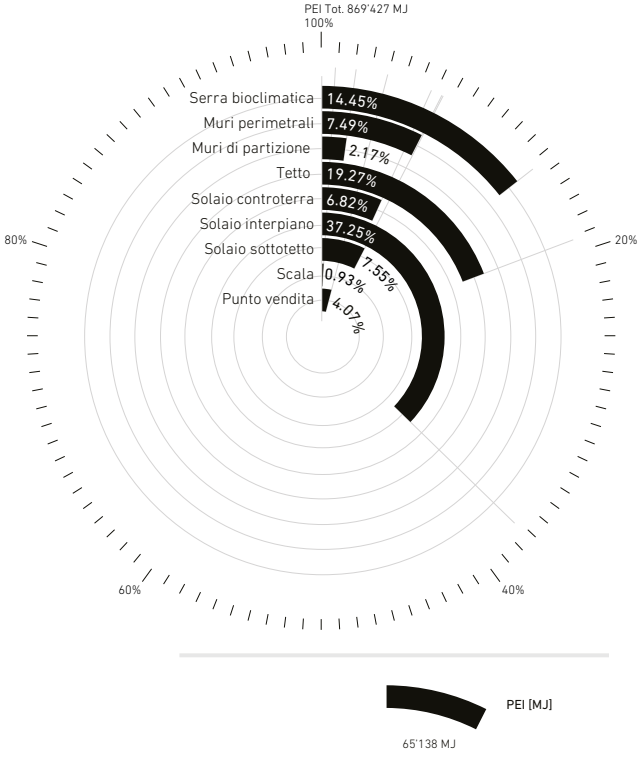
Anche per quanto riguarda il consumo di energia primaria, è interessante osservarne la ripartizione tra parti dell'edificio **[85]**. Non stupisce osservare che la parte più energivora sono i solai interpiano, realizzati quasi completamente in legno, seguiti dal sistema di copertura, anche questo composto da una grande quantità di legno e lamiera, e dalla serra bioclimatica, i cui materiali prevalenti sono legno e vetro.



[83] *PEI rinnovabile e non rinnovabile ripartita per materiali.*



[84] *Primary Energy Input ripartita per materiali.*



[85] *Primary Energy Input ripartita per componenti edilizi.*

Provenienza dei prodotti edilizi

Infine, è stata effettuata una valutazione riguardante la provenienza dei materiali e prodotti edilizi impiegati nel progetto, considerando unicamente la distanza che intercorre tra i fornitori di tali materiali e il sito di cantiere. La scelta di prendere in considerazione i fornitori e non i produttori è stata costretta dalla mancanza di informazioni riferite alla collocazione dei siti produttivi della maggior parte dei fornitori selezionati.

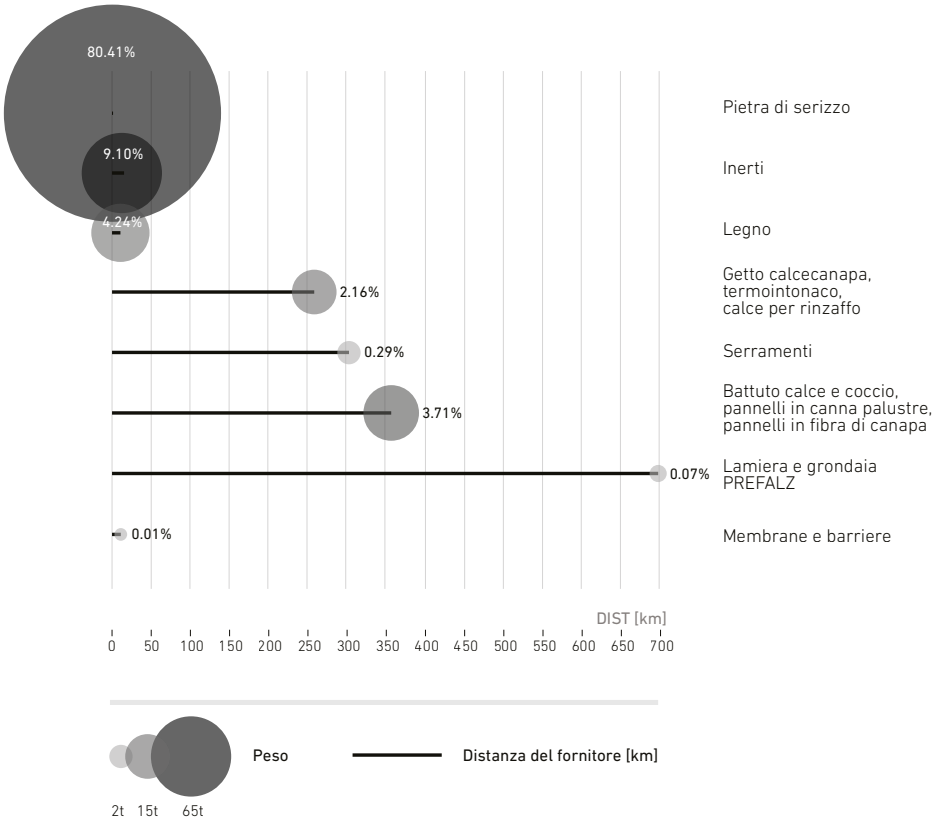
Dal grafico **[86]** è possibile notare come la maggior quantità in peso dei materiali utilizzati, rappresentata dalla pietra che costituisce i muri preesistenti, sia a km 0. Ciò mette in evidenza l'enorme risparmio che si può ottenere dal recupero almeno parziale di un edificio esistente.
Anche gli inerti, secondi per peso, sono locali in quanto provengono da un fornitore di Domodossola. La diffusa presenza di cave sul territorio ossolano implica un'ampia disponibilità di sabbia e ghiaia, provenienti talvolta dagli scarti di lavorazione di materiali più nobili.
Per quanto riguarda il legno, si è scelto il fornitore più vicino al sito di cantiere, che è a Crevoladossola, e rappresenta uno dei punti di riferimento principali nella fornitura di legname per molti professionisti locali. In questo caso è possibile affermare con certezza che la maggior parte del materiale non è locale, ma proviene da altri paesi europei.
Nessuno dei prodotti appartenenti al settore della bioedilizia, quali i kit per termointonaco, getto in calcecanapa, battuto di calce, pannelli in fibra di canapa e pannelli in canna palustre, è disponibile localmente. È quindi necessario rivolgersi a fornitori nazionali come Calce Piasco e La Banca della Calce situati a 260-350 km dal cantiere. A questi prodotti se ne aggiungono altri di origine naturale, quali la paglia di segale e la lana di pecora, che si ipotizza provengano dalle vicinanze e siano forniti da privati. La scelta del fornitore dei serramenti, motivata in precedenza, è ricaduta su Cobola, azienda situata in provincia di Cuneo, a 270 km dal sito di progetto.

Il prodotto al quale si attribuisce la maggior distanza è la lamiera in alluminio PREFA costituente il manto di copertura. Infatti, sebbene siano presenti una sede a Bolzano che fornisce un servizio di consulenza, e una rete di installatori in tutto il Nord Italia, non sembrano essere presenti fornitori di prodotti PREFA in Italia. In questo caso quindi la distanza viene misurata dal sito di produzione più vicino, coincidente con quello di fornitura, che si trova a Wasungen in Germania, a quasi 700 km. C'è però da considerare che l'impatto della produzione di alluminio è talmente alto che nell'intero ciclo di vita il trasporto incide molto poco.

Il grafico **[86]** mostra le distanze rapportate alla percentuale in peso dei componenti edilizi.
Lo studio, proprio per il fatto di registrare la provenienza dei prodotti, può essere utile anche per analizzare come le risorse economiche siano distribuite, evidenziando in quale misura restino nel territorio o siano trasferite al di fuori di esso.

Considerazioni rispetto all'LCA svolta

Dalla ricerca svolta appare evidente come un approccio progettuale aderente ai principi dell'architettura vernacolare del XXI secolo, come quello adottato per Casa Šcròsa, debba basarsi su un'analisi approfondita dell'impatto ambientale derivante dalle soluzioni progettuali adottate. Le strategie bioclimatiche e le tecniche costruttive proprie dell'architettura vernacolare tradizionale,



[86] *Distanza del fornitore dal sito di progetto, rapportata alla percentuale in peso dei materiali.*

infatti, seppur rappresentino un sostanziale punto di partenza, non sono sufficienti a soddisfare i requisiti odierni e necessitano di essere messe in discussione, adattate e verificate attraverso l'applicazione di metodi di valutazione scientifici.

A tal fine, l'analisi LCA non solo costituisce uno strumento essenziale per orientare scelte progettuali più consapevoli, ma consente una continua verifica dell'ecocompatibilità delle soluzioni considerate nel corso del processo progettuale. Attraverso una simulazione degli impatti ambientali delle fasi costruttive, d'uso e di fine vita, il progetto può evolvere minimizzando le conseguenze negative sull'ecosistema e promuovendo un utilizzo più responsabile delle risorse disponibili.

A partire da tale calcolo è stato possibile effettuare alcune considerazioni rispetto alle scelte progettuali per Casa Ščròsa, enunciate nei capitoli precedenti, che mettessero in evidenza i punti di forza e le criticità delle differenti soluzioni adottate, e parallelamente mettere in evidenza i limiti riscontrati nell'applicazione di tale metodo di valutazione nell'ambito del presente percorso di ricerca, riportate di seguito, che hanno determinato il livello di attendibilità dei risultati ottenuti.

Una prima considerazione mette in evidenza la

debolezza di una valutazione svolta tenendo conto solo di due dei molteplici indicatori che andrebbero considerati in un LCA completo. La simulazione di tutti gli altri indicatori avrebbe infatti richiesto competenze non in mio possesso, motivo per cui non sono stati considerati. Non tutti gli impatti delle scelte progettuali sono stati quindi stimati. Un esempio riguarda l'Embodied Carbon (EC), il cui valore negativo non sempre è rappresentativo di una progettazione virtuosa[49]. In molti casi, infatti, l'utilizzo di materiali altamente impattanti viene giustificato da una compensazione effettuata con l'inserimento superfluo di materiali bio-based a impatto negativo, o addirittura con misure compensative esterne al progetto architettonico. In tal caso, il bilancio complessivamente negativo di EC cela un impatto significativo sull'ambiente che sarebbe riscontrabile tramite altri indicatori che riguardano il consumo di risorse, l'impatto sulla disponibilità di materiali e la produzione di rifiuti.

Un'altra criticità dell'analisi effettuata riguarda, come già accennato nel capitolo precedente, la limitazione del calcolo alle sole fasi A1-A3. Tale scelta, costretta dalla difficoltà di effettuare ipotesi attendibili riguardo alle fasi d'uso e di fine vita, priva il calcolo dell'LCA di alcune informazioni essenziali per una valutazione completa del progetto.

Rispetto alla fase d'uso, la progettazione di Casa Ščròsa ha riguardato la previsione di sistemi attivi e passivi atti a soddisfare i requisiti energetici, con l'obiettivo di minimizzare i consumi e di sfruttare fonti energetiche rinnovabili. La scelta di sistemi low-tech mira a facilitarne la gestione e manutenzione da parte dell'utenza, con l'obiettivo di prolungare la vita dell'edificio.[50]

Rispetto al fine vita si è provato a proporre, soprattutto per i solai, la copertura, e nella serra bioclimatica, delle tecniche a secco e modulari che consentano un disassemblaggio degli elementi costruttivi e un eventuale reimpiego, o in alternativa un agile smaltimento differenziato per materiale. Per quanto riguarda l'involucro opaco, tale predisposizione è stata impedita dall'irregolarità dei muri in pietra preesistenti che hanno richiesto l'adozione di tecniche che si adattassero a tali forme, e che non risultano disassemblabili e reimpiegabili. Ciò non significa che alternative a secco non siano praticabili, ma andrebbero presi in considerazione molteplici fattori, quali ad esempio la rapidità e facilità di posa in opera, l'ingombro (riduzione della superficie interna) e l'aspetto.

Un'ulteriore questione rispetto al calcolo LCA riguarda la reperibilità e la non corrispondenza dei valori utilizzati con quelli propri dei prodotti impiegati nel progetto. Infatti, la maggior parte dei prodotti da costruzione utilizzati sono italiani, e non dispongono di EPD. Questa lacuna del settore non solo rappresenta un limite competitivo, ma compromette anche l'accuratezza del calcolo, che deve necessariamente basarsi su valori approssimativi e indicativi.

Potrebbe poi essere interessante una comparazione dei risultati ottenuti, sia con quelli relativi ad altri interventi effettuabili su altri casi studio individuati in Ossola, tra i quali quello che sarà portato avanti dal mio compagno Andrea Vernetti, sia con casi

[49] Andrea Bocco Guarneri, *Vegetarian Architecture: Case Studies on Building and Nature* (Berlin: Jovis, 2020).

[50] Robert Vale e Brenda Vale, *Time to Eat the Dog? The Real Guide to Sustainable Living* (London: Thames & Hudson, 2009).

studio esterni al contesto indagato.

Per questa seconda scala di comparazione, si individua un riferimento nell'analisi condotta da Andrea Bocco in Vegetarian Architecture: Case Studies on Building and Nature, che confronta tramite LCA tredici casi studio in Europa e Giappone.

In questo lavoro l'autore fa emergere in primo luogo la difficoltà generale di effettuare una comparazione, vista la mancanza di valori medi di impatto ambientale degli edifici in letteratura. Inoltre, egli afferma che, anche nell'eventualità che questi valori fossero disponibili, tale comparazione non sarebbe comunque del tutto soddisfacente, in quanto non tiene conto dei limiti dell'ecosistema. A tale proposito, è utile riportare che Anders Bjørn e Michael Zwicky Hauschild fanno riferimento a una soglia di 'absolute environmental sustainability' (sostenibilità ambientale assoluta), che tiene conto dei limiti entro i quali gli ecosistemi possono sopportare le attività umane senza subire danni irreversibili[51], e che Robert e Brenda Vale parlano di 'fair share' (quota equa), ossia la quantità di risorse naturali che ciascuna persona può utilizzare senza superare i limiti ecologici del pianeta.[52]

Si auspica, dunque, che negli anni a venire il ripensamento di un approccio progettuale, in linea con i principi dell'architettura vernacolare del XXI secolo, vada di pari passo con un'evoluzione dei metodi di valutazione della sostenibilità nel settore edilizio. Fondamentale sarà anche l'implementazione dei database di riferimento, magari facilitata da una crescente attenzione da parte delle aziende al ciclo di vita dei propri prodotti. Questa sinergia tra innovazione e strumenti di analisi potrebbe contribuire a un'architettura espressione di un rinnovato equilibrio tra esseri umani e ambiente.

---

[51] Anders Bjørn e Michael Zwicky Hauschild, «*Introducing carrying capacity-based normalisation in LCA: framework and developemnt of references at midpoint level*», International Journal of Life Cycle Assessment, 2020.

[52] Brenda Vale e Robert Vale, *Living within a Fair Share Ecological Footprint* (Routledge: Abingdon, 2013).

Conclusioni

Il progetto sviluppato per Casa Ščròsa è stato il risultato di un lungo percorso di ricerca e progettazione, reso possibile grazie a un costante confronto con architetti, artigiani e abitanti del territorio. Questo processo non si è limitato alla definizione di soluzioni tecniche e progettuali, ma ha voluto essere un'indagine più ampia sul significato contemporaneo dell'architettura vernacolare.

Un primo obiettivo è stato quello di mettere in discussione, con il contributo di professionisti locali, le consuetudini costruttive tradizionali. L'intento non era semplicemente quello di replicarle, ma di comprenderne l'attualità rispetto ai bisogni odierni e, laddove risultassero inadatte, individuare alternative più efficaci. Nessuna scelta progettuale tra quelle applicate nel progetto di Casa Ščròsa è stata selezionata in quanto considerata preferibile in termini assoluti rispetto alle altre, ma valutata all'interno di una visione olistica, in cui si intrecciano considerazioni di carattere tecnico-costruttivo, economico, culturale e ambientale.

Un ulteriore nodo critico affrontato è stato quello delle limitazioni imposte dalla normativa e dai vincoli paesaggistici. Nel lavoro di tesi si è cercato di evidenziare le contraddizioni insite a tali normative, mostrando come il rispetto formale di queste ultime non sempre assicuri una reale tutela del paesaggio e del patrimonio costruito, mentre può, al contrario, impedire soluzioni più efficaci e in sintonia con i principi dell'architettura vernacolare contemporanea. Tale tema di riflessione, accennato nella tesi, necessiterebbe di un approfondito sviluppo per poter trovare riscontro in una modifica di tali vincoli.

Parallelamente, il confronto con gli abitanti e con chi condivide un forte legame con il territorio ha

permesso di immaginare possibili futuri per questo patrimonio. Si tratta di scenari molteplici, che rispondono a esigenze e visioni di vita differenti, ma che hanno come comune denominatore la volontà di restituire vita a questi manufatti e questi territori, che in realtà di vitalità e bellezza son pieni. Casa Ščròsa è una delle possibili proposte in questa direzione: un progetto che non è nato come esercizio teorico, ma come tentativo concreto di esplorare strategie di recupero e riabitazione applicabili in contesti simili.

L'attuale condizione della frazione di Piccioledo e delle numerose borgate abbandonate sul territorio della Val d'Ossola, pone interrogativi urgenti sul futuro di questo patrimonio. Casa Ščròsa e gli edifici circostanti appartenenti alla medesima frazione sono in vendita e, in passato, hanno suscitato l'interesse di potenziali acquirenti. Tuttavia, la portata e la complessità di un intervento di recupero rappresentano spesso un ostacolo per chi si approccia a queste realtà individualmente. Da qui nasce la proposta di un insediamento comunitario, in cui un gruppo di persone possa vedere in questo progetto non solo un'opera di recupero edilizio, ma un vero e proprio progetto di vita. L'esperienza di Montecrestese, dove diversi nuclei abitativi sono stati recuperati dopo decenni o addirittura secoli di abbandono, dimostra che questa strada è percorribile e che il lavoro collettivo può essere una chiave per il rilancio di questi luoghi.

Accanto a queste opportunità, si riscontrano tuttavia resistenze e criticità significative. Una delle problematiche più rilevanti è rappresentata dall'atteggiamento di alcuni proprietari, che non solo non manifestano interesse per la conservazione di tali edifici, ma si oppongono persino alla loro vendita, impedendo di fatto la possibilità di un riuso. A ciò si aggiunge la complessità della frammentazione della proprietà, che spesso coinvolge numerosi eredi, rendendo estremamente difficile il raggiungimento di un accordo unanime. Questa condizione porta inevitabilmente all'ulteriore degrado di un patrimonio che, al contrario, potrebbe essere restituito a una nuova vita.

In conclusione, le difficoltà nell'approcciarsi a tale patrimonio sono numerose e costituiscono sfide complesse. Tuttavia, queste non spaventano se si immagina di vivere il processo come un progetto di vita, con passione e con la visione che questo possa essere, nell'interesse di tutti noi, un contributo ad un cambiamento di rotta rispetto all'attuale e insostenibile modello di sviluppo.

Bibliografia

Amati, Emanuele, Andrea Bocco Guarneri, Alfonso Capozzoli, e Paolo Piantanida. *«Nozioni di base sulle stufe ad accumulo».* Politecnico di Torino, 2015.

Antonini, Eraldo. *Piante, agricoltura e paesaggio agrario dell'Ossola*. Domodossola: Edizioni Grossi, 2006.

Asquith, Lindsay, e Marcel Vellinga. *Vernacular architecture in the twenty-first century: theory, education and practice*. London New York: Taylor & Francis, 2006.

Barera, Cleto. *Nostalgie Vigezzine.* Novara: EOS Editrice, 1994.

Berge, Bjørn. *The ecology of Building Materials*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2009.

Bertolino, Maria Anna. *Eppur Si Vive. Nuove Pratiche Del Vivere e Dell'abitare Nelle Alpi Occidentali.* Torino: Meti Edizioni, 2014.

Bertorello, Anna Rita, e Gianfranco Cavaglià. *Immagini, parole architettura. Frammenti di conoscenze ed esperienze della cultura walser a Formazza.* Trofarello, 2012.

Bocco Guarneri, Andrea. *Vegetarian Architecture: Case Studies on Building and Nature.* Berlin: Jovis, 2020.

Bocco Guarneri, Andrea. *Werner Schmidt architekt: ecology craft invention.* Vienna: Ambra/V, 2013.

Bocco Guarneri, Andrea, e Gianfranco Cavaglià. *Flessibile come di pietra: tattiche di sopravvivenza e pratiche di costruzione nei villaggi montani.* Torino: Celid, 2008.

Callegari, Guido. *La valorizzazione del patrimonio alpino.* Venezia: Marsilio, 2006.

Campini, Stefano. *Memoria sulle condizioni dell'agricoltura e della classe agricola nel circondario dell'Ossola.* Crodo: Centro Studi Piero Gnocchi, 2005.

Carucci, Alessandro. *«Neoruralismo in Val Maira. La montagna per un ripensamento degli stili di vita.»* Dottorato di Ricerca in Sociologia Applicata e Metodologia della Ricerca Sociale, Università degli Studi di Milano-Bicocca, 2018.

Cesprini, Maurizio, Paolo Crosa Lenz, Paolo Lampugnani, e Giada Caterina Zerboni. *Censimento degli edifici storici del Comune di Baceno*. Domodossola: Associazione Musei d'Ossola, 2016.

Cesprini, Maurizio, Paolo Lampugnani, e Giada Caterina Zerboni. *Censimento degli edifici storici del Comune di Crodo. Quaderni di studio 10.* Domodossola: Associazione Musei d'Ossola, 2020.

Conti, Galeazzo Maria, e Gilberto Conti. *Paesaggio di pietra, alberi e colore. L'architettura tradizionale nel VCO*. Verbania: Alberti Librario Editore, 2008.

Dematteis, Giuseppe. *Montanari per scelta: indizi di rinascita nella montaga piemontese.* Milano: Franco Angeli, 2011.

Dematteis, Luigi. *Case contadine nelle Valli dell'Ossola, Cusio e Verbano.* Torino: Priuli & Verlucca, 1985.

Dematteis, Luigi. *Il fuoco di casa nelle tradizioni dell'abitare alpino*. Ivrea: Priuli & Verlucca, 1996.

Dematteis, Luigi. *Recupero edilizio e qualità del progetto.* Cuneo: Primalpe, 2003.

Di Cesare, Giorgio. *«Cave domestiche: Una collezione di oggetti per la casa realizzati con gli scarti di lavorazione dei materiali lapidei.»* Scuola di Ateneo di Architettura e Design - Università di Camerino, 2019.

Dino, Giovanna Antonella, e Mauro Fornaro. *«La gestione degli scarti lapidei: cosa sta cambiando alla luce della recente normativa (D. Lgs. 117/2008 e L. 13/2009)»*, febbraio 2009.

Fondo Aristide Baragiola. *«Appunti riguardanti vacanze in Valle Anzasca, Valle Antigorio, Formazza, Salecchio, Agaro».* Comune di Como, 1903 1902. Taccuini. Archivio Storico Civico.

Giromini, Patrick. *Transformations silencieuses: Etude architecturale du bâti alpin*. Genève: Métis Presses, 2022.

Gruppo Acheologico Mergozzo. *Ossola di pietra nei secoli.* Mergozzo: Antiquarium Mergozzo, 1978.

Illich, Ivan. *Per una storia dei bisogni.* Milano: Mondadori, 1981.

Langé, Jean. *L'architecture vernaculaire: Une tradition contemporaine.* Paris: Editions du Moniteur,1997.

Mannoni, Luciana, e Tiziano Mannoni. *Problemi archeologici della casa rurale alpina: l'Ossola Superiore, in: Archeologia Medioevale*. Vol. XX. Firenze: Edizioni All'Insegna de Giglio, 1980.

Manuale di restauro. Ornavasso: Tipolitografia Saccardo Carlo & Figli s.n.c., 2005.

Mirici Cappa, Michela. *Ambiente e sistema edilizio negli insediamenti walser di Alagna Valsesia, Macugnaga e Formazza.* Ivrea, 1997.

Mortarotti, Renzo. *L'Ossola nell'età moderna.* Domodossola: Grossi, 1985.

Mortarotti, Renzo. *Un Paesaggio verticale*, in AA.VV. Terra d'Ossola. Domodossola: Grossi, 1984.

Oliver, Paul. *Built to Meet Needs: Cultural Issues in Vernacular Architecture.* London: Elsevier, 2006.

Oliver, Paul. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World.* Vol. 3. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

Oliver, Paul. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World.* Vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

Oliver, Paul. *«Transmitting technologies»*. Mimar. Architecture in Development 38, Construction Technologies issue, 1991, 56–57.

Paludi, Giovanni, e Paolo Zeppetella. *Valorizzare le risorse della montagna. L'esperienza del progetto CAPACities.* Savigliano: L'artistica editrice, 2011.

Paludi, Giovanni, e Paolo Zeppetella. *Valorizzare le risorse della valle Ossola. Borgate, energia: analisi e proposte del progetto CAPACities.* Savigliano: L'artistica editrice, 2011.

Perletti, Marco Adriano. *Costruire sostenibile con la canapa : guida all'uso in edilizia di un materiale naturale e innovativo.* Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli, 2020.

Rudofsky, Bernard. *Architecture without architects: a short introduction to non-pedigreed architecture.*Museum of Modern Art, 1964.

Rudofsky, Bernard. *The Architecture of Humanism: A Study of the History of Taste.* London: Rizzoli, 1938.

Salsa, Annibale. *Il tramonto delle identità tradizionali. Spaesamento e disagio esistenziale nelle Alpi.* Scarmagno: Priuli e Verlucca, 2007.

Santus, Alfio. *Dizionario, proverbi ed altre cose dal vecchio dialetto di Montecrestese*. edizioni Centro Culturale, 2007.

Scheuermeier, Paul. *Il lavoro dei contadini.* III. Vol. 2. Milano: Longanesi & C., 1996.

Simonis, Giovanni. *Costruire sulle Alpi: storia e attualità delle tecniche costruttive alpine*. Verbania: Tararà, 2008.

Vale, Robert, e Brenda Vale. *Time to Eat the Dog? The Real Guide to Sustainable Living*. London: Thames & Hudson, 2009.

Vellinga, Marcel. *«The End of the Vernacular: Anthropology and the Architecture of the Other»* 23, fasc. n. 1 (2011): 171–92.

Woolley, Tom. *Low Impact Building: Housing using Renewable Materials*. Aufl. Chichester, West Sussex, U.K: Wiley-Blackwell, 2013.

Zappone, Claudio. *La serra solare.* 2a ed. Napoli: Esselibri, 2005.

Zerboni, Giada Caterina. *«Paesaggi di pietra: visioni e proposte sul patrimonio dell'Ossola»*. Politecnico di Torino, 2015.

Zucca, Alessandro. *Valle Antigorio, architettura rurale e territorio.* Domodossola: Edizioni Grossi, 2024.

Sitografia

Arpa Piemonte. *https://www.arpa.piemonte.it*

Associazione European Aluminium. *https://european-aluminium.eu*

Bosco di Ogigia. *https://bosco-di-ogigia.teachable.com*

Chaume sans frontiere. *https://www.chaume-sans-frontiere.com*

Ecoinvent. *https://ecoinvent.org/*

EPD Portal. *https://www.environdec.com/home*

Geoportale Piemonte. *https://www.geoportale.piemonte.it*

La banca della calce. *https://www.bancadellacalce.it*

Labottegadunar. *https://labottegadunar.com*

ÖKOBAUDAT. *https://www.oekobaudat.de/en.html*

PREFA. *https://www.prefa.it*

Sistema Forestale Informativo Piemonte (SIFOR). *https://servizi.regione.piemonte.it/catalogo/sistema-informativo-forestale-regionale-sifor*