

**D**

**PROGETTO**

*Terza e ultima fase del processo. A questo punto si concretizzano in un progetto le analisi e considerazioni fatte fino a questo punto.*

*In particolare si è realizzato un progetto architettonico sviluppato sull'intero nucleo storico di Nesolio, delle linee guida d'intervento per il risanamento del degrado, un progetto tecnologico di alcuni edifici campione, e un progetto di consolidamento.*

*Si è anche sviluppato successivamente un progetto impiantistico, che ha avuto come obiettivo quello di minimizzare i consumi e massimizzare gli apporti da fonti naturali, cercando di mantenere un profilo di linguaggio non troppo invadente attraverso soluzioni che si inserissero in modo armonico nel costruito.*

*Inoltre con l'intenzione di rendere energeticamente autosufficiente il nucleo si è andati a studiare la riattivazione della centrale idroelettrica di Vercurago*

*Per ultimo si sono condotte delle valutazioni finali su due differenti strategie d'intervento dal punto di vista della sostenibilità intesa nel suo concetto più ampio attraverso valutazioni energetiche e computi metrici estimativi.*

## 6 Progetto di recupero di Nesolio

*Il progetto di recupero si compone di un progetto architettonico articolato per livelli, di indicazioni di intervento studiati per ogni anomalia identificata, e di un progetto tecnologico in cui si concretizzano le varie strategie individuate in fase di meta progettazione.*



Figura 6.1 Progetto edificio 22, 23



Figura 6.2 progetto edificio 17

## 6.1 Progetto architettonico

Dopo aver allocato le funzioni, si è andati a definire gli spazi interni.

Il progetto architettonico per l'intero nucleo è rappresentato attraverso piante scala 1:200 suddivise per livelli allo stesso modo in cui è rappresentato il masterplan. Successivamente si sono studiate piante, sezioni e prospetti per gli edifici campione 16, 17, 22, 23 in scala 1:50. Di questi edifici si è sviluppato in contemporanea al progetto architettonico il progetto tecnologico.

Piante nucleo scala 1:200: tavole 6.01 – 6.10

Piante, prospetti e sezioni ed 16,17 scala 1:50: tavole 6.11 – 6.23

Piante, prospetti e sezioni ed 22, 23 scala 1:50: tavole 6.30 – 6.40

**Tavole 6.01 - 6.10**

**Tavole 6.11 - 6.23**

**Tavole 6.30 - 6.40**

Per ogni sezione e prospetto sviluppato si è anche analizzato l'intervento in tavole comparative:

Comparative ed. 16,17 scala 1:100: tavole 6.27 – 6.29

Comparative ed. 22,23 scala 1:100: tavole 6.44 – 6.50

**Tavole 6.27 - 6.29**

**Tavole 6.44 - 6.50**

L'accessibilità del nucleo viene mantenuta come nell'esistente: una strada sterrata a carattere silvo-pastorale percorribile dai soli residenti e una mulattiera d'accesso da Erve percorribile solo a piedi. A Erve in zona cimitero è previsto un ampliamento del parcheggio esistente per garantire dei posti auto sufficienti. Inoltre si possono ipotizzare delle navette di collegamento.

*Accessibilità e percorsi*

Questa scelta è finalizzata a mantenere il suo carattere montano, e a permettere una scoperta del villaggio seconda la sua naturale disposizione.

Anche i percorsi vengono mantenuti tali. Uno degli aspetti di maggior interesse di questo nucleo è la possibilità di essere scoperto ed esplorato lentamente attraverso i suoi percorsi. I sentieri interni, percorribili solo da pedoni, permettono una conoscenza a misura d'uomo degli spazi e degli scorci. Per questo motivo si è deciso di mantenere i percorsi originari, con la loro larghezza e pendenza originaria, semplicemente adattandone la pavimentazione.

Per quanto riguarda gli slarghi l'intervento di recupero è finalizzato alla valorizzazione attraverso degli allargamenti e una pavimentazione differente per andare a creare delle vere e proprie piazzette che creino punti d'incontro, di riferimento, e da dove si possa godere del paesaggio montano attraverso la cornice data dal nucleo.

Le piante di ciascun livello sono rappresentate arredate per mostrare i rapporti tra gli spazi e i distributivi. Di ogni spazio viene riportata la verifica R.A.I., e in alcuni casi la verifica dell'abbattimento delle barriere architettoniche.

*Verifiche R.A.I.*

Gli strumenti guida degli spazi sono state le normative d'igiene e per portatori di handicap.

Per quanto riguarda la verifica delle altezze minime, delle superfici e dei rapporti R.A.I. si è seguito il Regolamento d'igiene della Provincia di Lecco. In tutti i casi i rapporti risultano verificati come si può vedere dalle tabelle riportate nelle piante.

- *art 3.4.4. Superfici minime:*

*L'alloggio può essere a pianta fissa o pianta libera a secondo che il richiedente intenda o meno separare in modo fisso gli spazi.*

*Ogni alloggio a pianta libera (alloggio monostanza) deve avere una superficie minima, comprensiva dei servizi, non inferiore a mq. 28, se per una persona e non inferiore a mq. 38 se per due persone.*

- *art 3.4.5. Volumi minimi ammissibili per i singoli locali in caso di ristrutturazione:*

*Per interventi di ristrutturazione edilizia, su fabbricati esistenti che non posseggano già prima dell'intervento proposto i requisiti per le altezze e aeroilluminazione dei locali e dove tali rapporti non possano essere recuperati per l'impossibilità di introdurre modificazioni della sagoma dell'edificio, causa i vincoli derivanti da precise norme - fermo restando il mantenimento della originaria destinazione d'uso - i locali adibiti ad abitazione o accessori, dovranno garantire la seguente volumetria:*

*per alloggio monostanza mc. 75*

*per alloggi a delimitazione fissa i locali adibiti a cucina e camere da letto singole mc. 24, sala da pranzo soggiorni e camere a due letti mc. 38.*

- *Art 3.4. Altezze minime in relazione all'altitudine*  
*Nei Comuni situati tra i 600 e 1000 m. sul livello del mare, può essere ammessa, tenuto conto delle condizioni climatiche locali e della locale tipologia, una riduzione dell'altezza media fino a m. 2,55 per gli spazi di abitazione e m. 2,20 per gli spazi accessori e di servizio, ulteriormente riducibili a m. 2,00 per i corridoi e i luoghi di passaggio in genere, compreso i ripostigli. In caso di soffitto non orizzontale, il punto più basso non deve essere inferiore a m. 2,00 per gli spazi di abitazione e m. 1,75 per gli spazi accessori e di servizio.*
  
- *Art 3.4.12 Requisiti minimi di illuminazione naturale diretta*  
*La superficie finestrata dovrà assicurare, in ogni caso un fattore medio di luce diurna non inferiore allo 0,018, misurato nel punto di utilizzazione più sfavorevole del locale ad un'altezza di m. 0,90 dal pavimento.*  
*Tale requisito si ritiene soddisfatto qualora la superficie finestrata utile non sia inferiore a 1/8 della superficie del pavimento dello spazio abitativo utile.*  
*Tale superficie può essere ridotta a 1/10 per i Comuni sopra i 600 metri sul livello del mare.*
  
- *3.4.13. Distanze minime tra fabbricati.*  
*Relativamente alle zone omogenee, individuate ai sensi dell'art. 2 del D.M. 1444 del 2.4.1968, le distanze minime tra i fabbricati per le diverse zone territoriali, sono stabilite come segue:*  
*Zona A): per le operazioni di risanamento conservativo e per le eventuali ristrutturazioni, le distanze tra gli edifici non possono essere inferiori a quelle intercorrenti tra i volumi edificati preesistenti, computati senza tener conto di costruzioni aggiuntive di epoca recente e prive di valore storico, artistico o ambientale.*

#### *Accessibilità disabili*

Per quanto riguarda le misure di accessibilità agli edifici e eliminazione delle barriere architettoniche sono state seguite la Legge 13, 1989, il Decreto Ministeriale 236, 1989, la legge regionale 6, 1989.

Il nucleo di Nesolio presenta delle oggettive difficoltà per quanto riguarda l'accessibilità da parte dei portatori di handicap. La conformazione del terreno e i numerosi dislivelli presenti, uniti all'architettura degli edifici pensata per utilizzi agricoli, rende complicato l'adattamento alle norme vigenti. La scelta progettuale è volta quindi a garantire una parziale accessibilità ai portatori di handicap: viene garantita l'accessibilità al piano terra e a un servizio igienico idoneo per i piani terra degli edifici di utenza pubblica.

## 6.2 Linee guida di intervento

Gli interventi atti all'eliminazione delle cause di degrado devono tener conto di una serie di considerazioni che derivano dalle caratteristiche dell'edificio, dalla necessità di conservare e, quindi, procedere con operazioni di restauro puntuale, dall'opportunità di progettare soluzioni che, all'attuale disponibilità di tecnologie e materiali particolarmente evoluti, eliminino in modo definitivo i motivi che generano i guasti. Non sempre però è attuabile un intervento drastico in grado di rimuovere tutte le patologie edilizie, spesso si deve scendere a compromessi, accettando procedure sicuramente migliorative e mettendo in conto che le operazioni andranno ripetute negli anni. Nel processo di recupero per ogni singolo degrado deve essere individuato il miglior intervento compatibile, per il quale andrà predisposta una scheda, con segnalate tutte le procedure. La messa a sistema di tutti gli interventi individuati per risanare i degradi e rimuovere le cause di guasto con il programma che deriva dalle scelte funzionali e tecnologiche consentirà di ragionare in modo coerente sul progetto definitivo. Essenziali sono le valutazioni incrociate che si devono fare in relazione alle considerazioni di carattere prestazionale, che possono portare a definire un involucro complesso, progettato a partire dall'esistente con l'incremento di stratigrafie idonee a soddisfare la qualità ambientale necessaria, abbinata a quelle che derivano dalla necessità di rimuovere le cause del degrado. La logica è quella di concertare un intervento globale, che risponda alle esigenze definite in sede di meta progettazione, alle caratteristiche costruttive dell'esistente e alle condizioni imposte dal cantiere, ovviamente anche in rapporto a valutazioni di carattere economico. Saranno le strategie generali, individuate già in fase preliminare, a dettare le regole secondo le quali verranno operate le scelte d'intervento. La necessità di procedere nel pieno rispetto e dialogo con l'esistente sarà lo strumento attraverso il quale vagliare anche tutti i metodi di risanamento per rimuovere degradi e migliorare la qualità dell'edificio, sul quale si andrà a sovrapporre l'intervento di rifunzionalizzazione.

Molte delle cause di degrado che si riscontrano nelle murature vecchie sono legate alle condizioni di umidità presenti nel terreno. La posizione della falda, le caratteristiche, le variazioni di contesto che hanno trasformato superfici drenanti in situazioni impermeabili, sono concause che possono portare umidità nelle murature. Maggiore è l'igroscopicità dei materiali peggiore sarà lo stato di conservazione del muro. Un altro fattore significativo è quello che riguarda un possibile quadro fessurativo per cedimenti o spinte, oltre che ad una inconsistenza del legante che negli anni, ha perso le proprie capacità con sgretolamento e lacune.

Prima di poter intervenire, modificando l'assetto statico per ragioni legate al progetto funzionale, è sempre necessario consolidare i muri esistenti, intervenendo puntualmente con sostituzioni, ricicature e trattamento della malta. A livello fondazionale si può presentare la necessità di rinforzare la struttura per due principali motivi: a causa dei cedimenti, manifestati da lesioni o danni nelle murature dell'edificio, per adeguare la struttura a nuove condizioni di sollecitazione. I criteri che portano sicuramente ad una condizione di notevole miglioramento sono il risanamento da umidità ascendente o per infiltrazione e il consolidamento.

Gli interventi possono essere riferiti in parte anche all'intonaco. Prima di procedere è sempre necessario esaminare attentamente lo stato di conservazione e la composizione della pietra per adattare le operazioni, anche solo di pulitura, che non devono aggravare la situazione esistente. Molto spesso gli interventi possono risultare troppo abrasivi e quindi comportare il distacco della pellicola protettiva naturale, innescando processi di nuovo degrado. In altri casi la sovrapposizione di prodotti protettivi o di materiali consolidanti, se non penetrano in modo adeguato nel volume, generano un effetto di crosta che con il tempo si distaccherà. E' quanto

*Interventi sulle murature*

*Interventi su pietra naturale e artificiale*

mai opportuno prevenire errori mediante indagini mirate e prove di laboratorio che, soprattutto nel caso di elementi in pietra naturale, restituiscono un quadro preciso delle caratteristiche e della reale consistenza. I criteri principali secondo i quali si interviene sono: metodi di pulitura, consolidamento, protezione.

#### *Interventi sulle strutture lignee*

La scelta di intervenire sulle strutture in legno deriva da un'attenta valutazione di alcuni aspetti che possono definire strategie che richiedono conservazione piuttosto che invece integrale sostituzione. Molti dei problemi di degrado nascono in corrispondenza di nodi, contiguità tra elementi di materiali e geometrie differenti; nel caso del legno punti critici sono le condizioni di appoggio e incastro delle travi nel muro, spesso umido e non aerato. Anche in rapporto agli interventi che prevedono l'introduzione di materiali differenti, si deve sempre attentamente valutare se, nelle superfici di contatto, si possono verificare situazioni di umidità che indurrebbero stati di sofferenza nel legno originario, non si provvedesse a inserire un elemento di discontinuità e protezione. I criteri generali, per il recupero di strutture in legno, sia relativi alle travi di copertura che solai, sono: conservazione, ripristino e aumento della capacità portante, rinforzo globale (Grecchi M.,2008)

#### *Schede d'Intervento SI*

Vengono quindi previsti una serie di interventi di recupero, riportati in Schede d'Intervento SI, direttamente connessi alle anomalie verificate in fase di analisi dello stato di fatto e riportate nelle Schede di Rilievo delle Anomalie Visibili SRAV 3.35 - 3.51 e riassunte nelle Schede di Degrado dei Fabbricati SDF 3.60 - 3.69.

#### *Interventi di consolidamento della struttura esistente*

Di seguito vengono specificati in particolare gli interventi connessi al consolidamento delle strutture esistenti atti a garantire un comportamento scatolare della struttura valutando gli aspetti seguenti:

- miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi
- riduzione delle condizioni che determinano situazioni di forte irregolarità degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità, anche legate alla presenza di elementi non strutturali
- riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso
- riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti
- miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali
- incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti
- miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario
- miglioramento dei collegamenti tra solai e pareti o tra copertura e pareti e fra pareti confluenti in martelli murari ed angolate.
- riduzione ed eliminazione delle spinte non contrastate di coperture, archi e volte
- rafforzamento delle pareti intorno alle aperture.

Le interconnessioni tra murature e solai saranno migliorate mediante opportuni vincoli bilateri al fine di permettere il trasferimento delle azioni dall'uno all'altro elemento. Si è osservato infatti che, in caso di eventi eccezionali la gran parte dei dissesti interviene su strutture caratterizzate da una bassa efficienza dei collegamenti tra i muri e solai. Inoltre la resistenza della muratura dipende dalla snellezza, che a sua volta dipende dalla lunghezza di libera inflessione che è figlia delle condizioni di vincolo. Se il collegamento del muro con un solaio è scadente quest'ultimo non può vincolare all'imbozzamento la parete e la snellezza aumenta. Intervenire sui solai esistenti per dotarli di rigidità nel loro piano medio, in modo tale che permettano di trasferire forze orizzontali tra maschi murari perpendicolari. I maschi murari resistono male alle azioni orizzontali perpendicolari al loro piano medio e quindi se i solai si comportano come piani rigidi è possibile confinare le pareti investite perpendicolarmente e trasferire le corrispondenti azioni alle pareti parallele alla direzione delle azioni orizzontali.

## 6.2.1 Muratura

Obiettivo: Aumento della capacità resistente e collegamento tra le parti.

Gli interventi di rinforzo delle murature sono mirati al risanamento e riparazione di murature deteriorate e danneggiate ed al miglioramento delle proprietà meccaniche della muratura. Gli interventi dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe e, comunque, il più possibile compatibili con quelle dei materiali in opera. L'intervento deve mirare a far recuperare alla parete una resistenza sostanzialmente uniforme e una continuità nella rigidità, anche realizzando gli opportuni ammorsamenti, qualora mancanti. L'inserimento di materiali diversi dalla muratura, ed in particolare di elementi in conglomerato cementizio, va operato con cautela e solo ove il rapporto tra efficacia ottenuta e impatto provocato sia minore di altri interventi.

A seconda dei casi si procederà:

- a riparazioni localizzate di parti lesionate o degradate attraverso: stuccatura e stilatura dei giunti, cuciture, iniezioni armate.
- a ricostituire la compagine muraria in corrispondenza di manomissioni quali cavità, vani di varia natura (scarichi e canne fumarie, ecc.) attraverso cuciture.
- a migliorare le caratteristiche di murature particolarmente scadenti per tipo di apparecchiatura e/o di composto legante attraverso iniezioni.
- a migliorare il collegamento tra le murature attraverso: cuciture con sfalsamento dei giunti di malta, iniezioni armate, tiranti, cordolo di coronamento.

Possibili interventi:

Stuccatura e stilatura dei giunti (SI 05, 06). Questa tipologia di intervento è principalmente utilizzata quando la parete presenta all'interno dei giunti di malta delle parti deboli distaccate o dei principi di fratturazione. Qual'ora la stuccatura non sia sufficiente si procede con una sigillatura dei giunti con malte di calce compatibile con il supporto murario esistente.

Cuciture (SI 09). L'intervento di scuci e cucì è finalizzato al ripristino della continuità muraria lungo le linee di fessurazione ed al risanamento di porzioni di muratura gravemente deteriorate. Si utilizzano materiali simili a quelli originari per forma, dimensioni, rigidità e resistenza, onde evitare l'insorgere di discontinuità nella trama che comporterebbe a fenomeni di scollegamento strutturale e per prevenire la possibilità di concentrazione degli sforzi dovuti a differenti risposte della muratura alle varie sollecitazioni. I nuovi elementi saranno collegati alla muratura esistente con adeguate ammorsature nel piano del paramento murario e se possibile anche trasversalmente al paramento stesso, in modo da conseguire la massima omogeneità e monoliticità della parete riparata. Tale intervento può essere utilizzato anche per la chiusura di nicchie, canne fumarie e per la riduzione dei vuoti, in particolare nel caso in cui la nicchia/apertura/cavità sia posizionata a ridosso di angolate o martelli murari.



Figura 6.4 Stilatura dei giunti di malta e stuccatura



Figura 6.3 tecnica cucì e scuci



Figura 6.5 Iniezioni armate

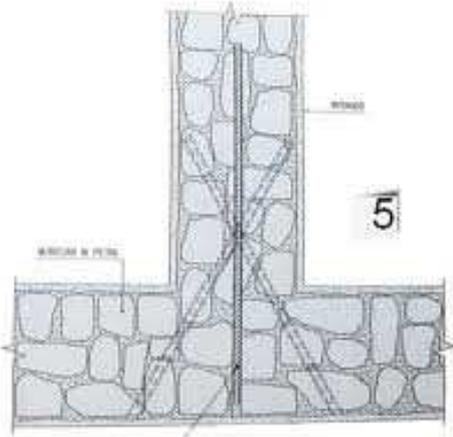


Figura 6.6 Schema inserimento iniezioni armate

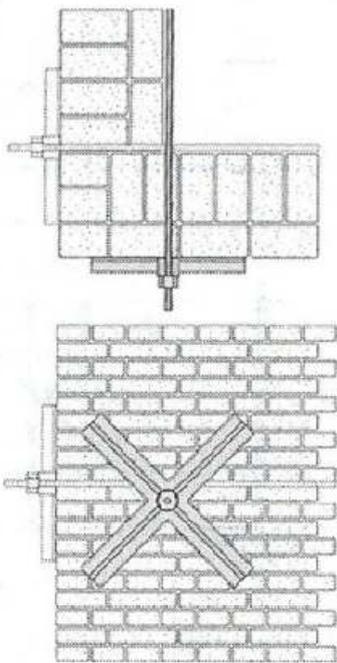


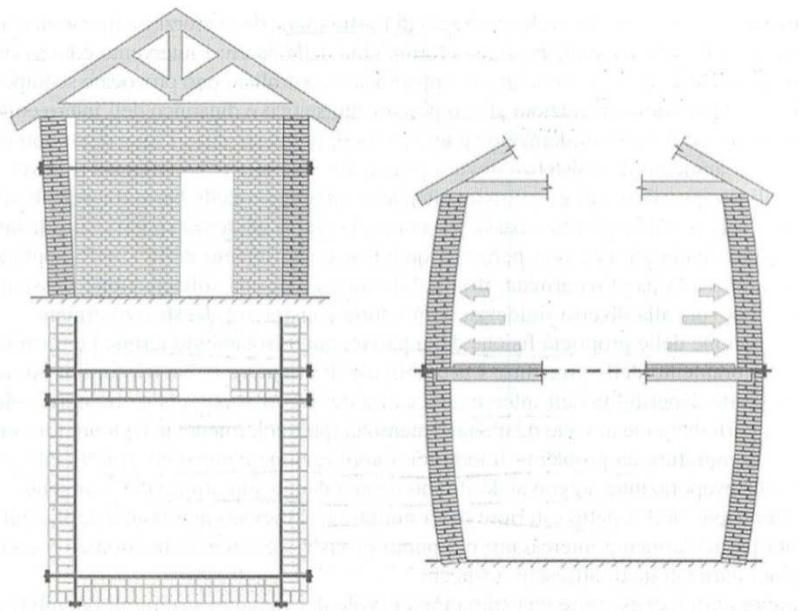
Figura 6.7 schema tiranti e catene

L'intervento è finalizzato anche a migliorare il comportamento d'insieme della costruzione qualora si effettua tra parte adiacenti o tra murature che si intersecano. Vanno quindi aumentate le sezioni resistenti dei maschi murari.

**Iniezioni armate (SI 11).** Intervento puntuale che mira a chiudere una lesione e/o migliorare un collegamento tra murature. In questo caso, dopo aver stilato gli eventuali giunti degradati con malta di calce, si procede all'inserimento di barre in acciaio ad aderenza migliorata del diametro di 16 mm passanti, opportunamente inclinate, da un lato all'altro della lesione. Il loro ancoraggio all'interno della muratura dovrà essere fatto impiegando apposite resine epossidiche iniettate all'interno del foro eseguito per l'inserimento delle barre stesse. L'uso di questa soluzione deve essere limitato ai casi in cui non siano percorribili altre soluzioni proposte per la notevole invasività di tali elementi e la dubbia efficacia.

**Tiranti e catene (SI 15).** L'intervento è finalizzato al collegamento tra murature parallele realizzato al livello del solaio e in prossimità dei muri ortogonali per creare un sistema tirante-puntone.

Conferisce all'edificio un comportamento scatolare e limita la lunghezza di libera inflessione dei maschi. Nel caso di sostituzione dei solai verranno fatti passare all'interno degli elementi a guscio, altrimenti lasciate anche a vista. Dovranno essere costituite da barre in acciaio inossidabile per garantire la massima durabilità, di diametro 16 mm, ancorate con capichiavi metallici a paletto. Il tiro dovrà essere calcolato onde evitare schiacciamenti o lesioni localizzate. Secondo il DM'87 si può omettere il collegamento nella direzione di tessitura del solaio quando quest'ultimo effettua l'unione, mentre in direzione perpendicolare all'orditura le barre sono obbligatorie quando si superano i 4,5 m di luce e dovranno avere area di almeno  $4 \text{ cm}^2$  per ogni campo di solaio.



Iniezioni (SI 10). L'adozione di iniezioni di miscele leganti mira al miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura da consolidare.

Particolare cura dovrà essere rivolta alla scelta della miscela da iniettare, curandone la compatibilità chimicofisico-meccanica con la tipologia muraria oggetto dell'intervento.

La miscela da utilizzare dovrà presentare:

- Resistenza meccanica e deformabilità (modulo di Young e coefficiente di Poisson) simili a quelle della muratura originaria per evitare nelle zone di interfaccia la possibilità dell'insorgere di fenomeni di scorrimento o concentrazioni degli sforzi.
- Elevata penetrabilità della miscela. I materiali impiegati devono essere omogenei e privi di grumi oltre che possedere una granulometria fine e una scarsa viscosità allo stato fluido.
- Tempo di presa adeguato alle procedure d'impiego.
- Ritiro assente o limitato onde evitare l'insorgere di tensioni interne.
- Stabilità temporale delle caratteristiche chimiche.
- Caratteristiche igroscopiche adeguate

Si utilizzerà pertanto una malta di calce sotto forma di grassello con additivi antiritiro e fluidificanti.

In presenza di murature consolidate con iniezioni le caratteristiche meccaniche vanno moltiplicate secondo il coefficiente riportato in tabella 3.6. In particolare: si applica il coefficiente indicato in tabella, diversificato per le varie tipologie, sia ai parametri di resistenza ( $f_m$  e  $\tau_0$ ), sia ai moduli elastici (E e G).

Cordolo di coronamento (SI 16, 17): Si realizza un elemento strutturale in sommità dei maschi murari, lungo il perimetro delle pareti, in una zona dove la muratura è meno coesa a causa del limitato livello di compressione.

Ha funzione di:

- distribuire meglio i carichi verticali
- migliorare il collegamento tra le murature ortogonali favorendo il comportamento scatolare
- contenimento delle spinte delle travi del tetto

Il DM '87 prevede la realizzazione del cordolo in c.a. ma comporta appesantimenti e irrigidimenti che si sono dimostrati dannosi in quanto producono elevate sollecitazioni tangenziali tra cordolo e muratura, con conseguenti scorrimenti e disgregazione di quest'ultima. L'elemento verrà realizzato pertanto in legno e ancorato meccanicamente con barre metalliche a diversa altezza e diversa angolazione. Il cordolo-tirante in legno opportunamente connesso sia alle murature che alle orditure di legno del tetto forma al tempo stesso un bordo superiore delle murature resistente a trazione, un elemento di ripartizione dei carichi agli appoggi delle orditure del tetto e un vincolo assimilabile ad una cerniera tra murature e orditure.

Non si realizzeranno cordoli di piano intermedi poiché la loro realizzazione è legata ad aperture in breccia sui muri, che hanno effetti negativi nella distribuzione delle sollecitazioni sui paramenti. Possono risultare però utili cordoli in acciaio, realizzati con piatti metallici o profili sui due paramenti, collegati tra loro tramite barre passanti. Essi forniscono una certa rigidità flessionale fuori dal piano della parete e ostacolano lo sviluppo di meccanismi di rottura delle fasce sopra porta e sotto finestra (meccanismo tirante-puntone).

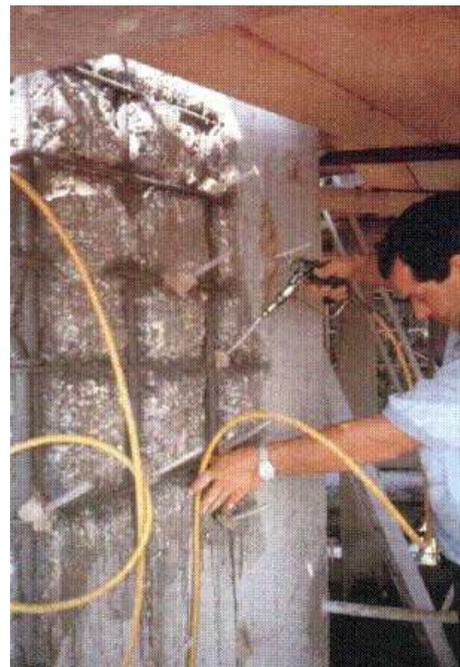


Figura 6.8 Iniezioni consolidanti

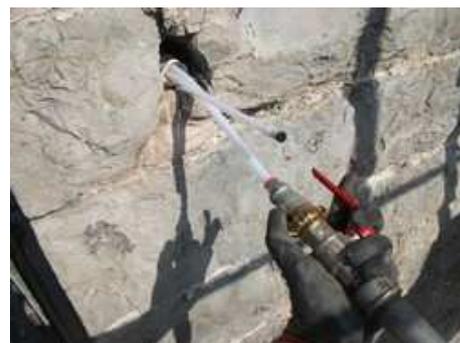


Figura 6.9 Particolare: iniezioni consolidanti

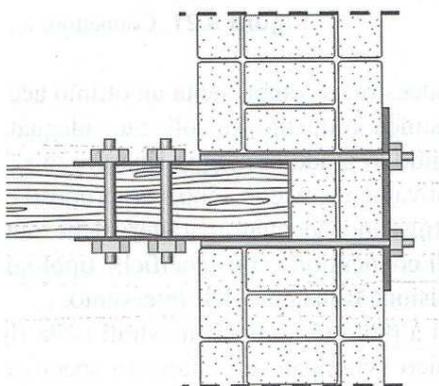


Figura 6.10 Rinforzo connessione muratura

Rinforzo delle pareti attorno alle aperture. Si rinforzano le spalle con adeguata stilatura dei giunti e sostituzione degli architravi, ma sempre con architravi in legno. In taluni casi si può prevedere anche l'inserimento di architravi in c.a.

Abbattimento spinta sul muro contro terra (SI 13). Per quanto riguarda la spinta del terreno contro il muro contro terra notevole riduzione si avrebbe con l'inserimento di un dreno che comporterebbe un abbattimento della spinta dell'acqua. All'interno del dreno infatti il moto dell'acqua avviene a canaletta con una pressione uguale a 0. Sarebbe più efficiente un dreno obliquo ma comporterebbe uno spreco enorme di energie per poterlo inserire.



Figura 6.11 Placcaggio travi con elementi in legno

### 6.2.2 Solai, fondazioni e tetti

Obiettivo: oltre a dover trasferire i carichi verticali alle murature i solai devono essere in grado di trasferire anche quelli orizzontali per garantire il comportamento scatolare. Pertanto i rinforzi o la sostituzione sono finalizzati ad aumentare oltre la capacità portante anche la rigidità del piano.

Rinforzo solaio in legno. Nel caso in cui il solaio in legno non necessita di sostituzione può essere rinforzato con un nuovo assito disposto all'estradosso in modo ortogonale a quello preesistente avendo cura di lasciar riposare le tavole nel luogo dell'intervento in modo da garantire che all'atto della posa possiedano la stessa umidità dell'assito presente, per evitare l'insorgere di dannosi sforzi di taglio all'interfaccia del collegamento. In alternativa o in aggiunta si possono usare rinforzi con bandelle metalliche, o di materiali compositi, fissate al tavolato con andamento incrociato.

Un analogo beneficio può essere conseguito con controventature realizzate con tiranti metallici.

Nei casi in cui risulti necessario un consolidamento statico del solaio per le azioni flessionali è possibile con le tecniche legno-legno conseguire l'irrigidimento nel piano e fuori dal piano, posando sul tavolato esistente longitudinalmente rispetto alle travi d'orditura dei nuovi tavoloni continui, resi collaboranti mediante perni anche di legno, irrigiditi nel piano del solaio con l'applicazione di un secondo tavolato di finitura.

È possibile anche un rinforzo a flessione con lamine cfrp da inserire in intagli della trave a protezione dello stesso e per prevenire fenomeni di delaminazione. Se la trave non viene smontata è ovvio che il rinforzo interverrà solo ad incrementi di carico a sl<sub>u</sub> e non a sl<sub>e</sub>. Rispetto all'intervento con soletta collaborante in calcestruzzo minore è l'aumento delle masse ma minore è anche l'irrigidimento.

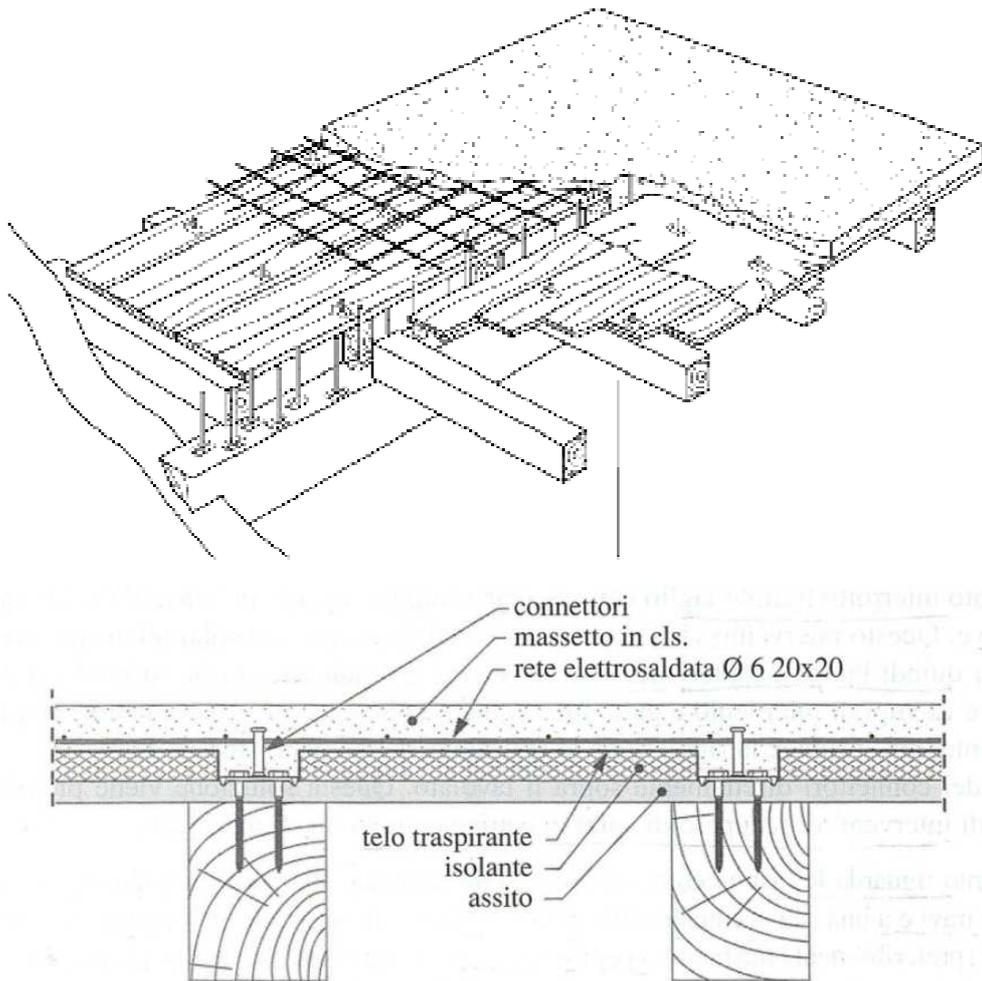
Rinforzo connessione travi-muratura con elementi metallici (SI 02). Dove vengono mantenute le travi esistenti fondamentale è il rinforzo della testata della trave e il rinforzo della connessione con la muratura, spesso in semplice appoggio.



Figura 6.12 Inserimento di elementi cfrp



Figura 6.13 Placcaggio con piatti metallici



igneo con soletta collaborante con connettori

La testata della trave è la parte più soggetta all'umidità della muratura e al taglio dato dai carichi verticali del solaio. Vanno usati materiali compatibili che non inducano nel tempo degrado di tipo meccanico o biologico nel legno. Si utilizzeranno pertanto elementi in acciaio connessi, per mezzo di bulloni passanti, alla vecchia trave del solaio. Tali profili potranno poi essere inseriti in appositi scassi eseguiti sulla muratura portante evitando di chiudere lo scasso con conglomerato cementizio per consentire la ventilazione delle testate.

Possono essere usate anche scarpe in acciaio inox. Queste scarpe sono formate dall'unione di lamierini metallici zincati dello spessore di 2 mm preforate per l'inserimento e la messa in opera di viti per il collegamento. Per il dimensionamento della piastra inferiore del numero e posizione delle viti si fa riferimento alla DIN 1052.

Rinforzo solaio con soletta in c.a. (SI 18). Rinforzo possibile sia per solai in legno o solai misti acciaio-laterizi. Si sovrappone alla struttura esistente una soletta di calcestruzzo armato resa solidale con dei connettori. Per effetto dei carichi verticali il calcestruzzo risulta prevalentemente compresso e il legno teso. In direzione perpendicolare alle travi si dispongono collegamenti tra la muratura e la nuova soletta con barre in acciaio Ø 16/50 mm annegate nel getto, malta cementizia a ritiro compensato, inclinate per evitare lo sfilamento in foro Ø 36 ,o con collegamenti a coda di rondine.

Parallelamente si interverrà sulle travi per sopperire aumenti di carico.

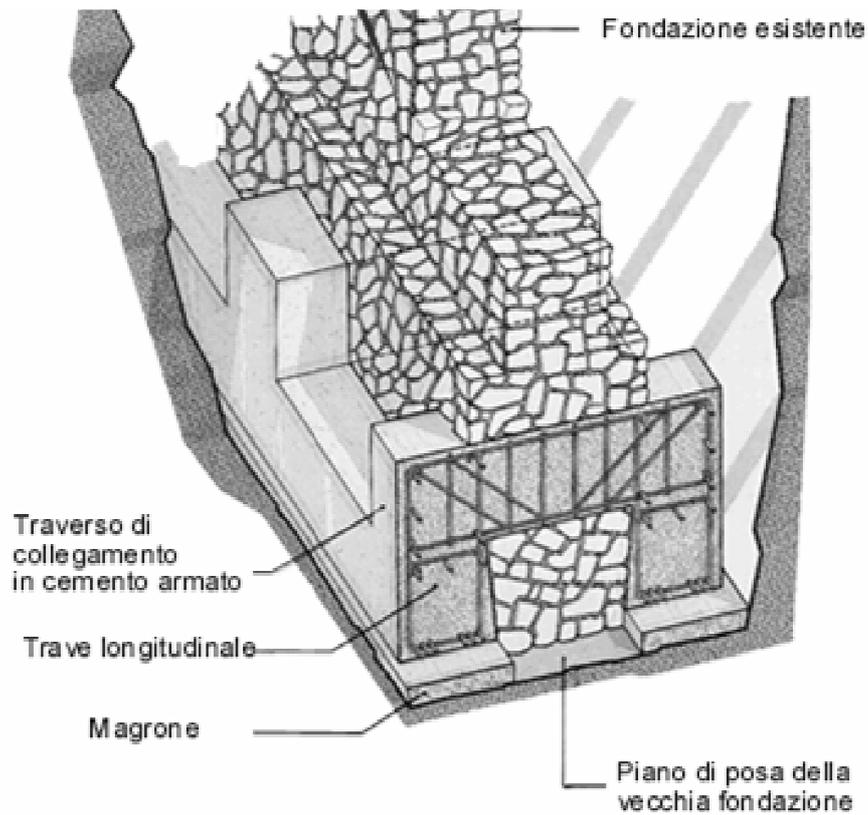
I solai lignei esistenti esigono spesso interventi di rinforzo ed irrigidimento in quanto realizzati per sopportare carichi modesti; presentano quasi sempre deformabilità eccessiva rispetto alle attuali esigenze. È possibile sovrapporre alla struttura esistente una sottile soletta di calcestruzzo, adeguatamente armata e connessa, ottenendo per i vecchi solai un cospicuo aumento di resistenza, rigidità.

L'interposizione dei connettori a piolo e ramponi tra le travi di legno e la soletta di calcestruzzo è necessaria per consentire ai due materiali di collaborare tra loro; il risultato sarà una struttura solidale dove, per effetto dei carichi verticali, il calcestruzzo risulterà prevalentemente compresso ed il legno prevalentemente teso. La struttura mista legno-calcestruzzo risulterà migliore rispetto alla struttura di solo legno in quanto più rigida e resistente ne risulterà migliorato anche il comportamento dinamico (vibrazioni) e l'isolamento acustico. La soletta di calcestruzzo rappresenta un ottimo accorgimento tecnico negli edifici di muratura in zona sismica, in quanto consente di collegare fra di loro i muri portanti realizzando un piano rigido in grado di meglio ripartire le azioni sismiche orizzontali. L'efficacia del connettore è assicurata dalla robusta piastra di base, come supporto del piolo, modellata a ramponi in modo tale da consentire la migliore aderenza al legno e di assorbire al meglio gli sforzi di taglio: le numerose prove di laboratorio hanno evidenziato l'assoluta efficacia di questo accorgimento. In tal modo non si verificano fenomeni di rifollamento, inevitabili nel caso in cui il rinforzo sia affidato a semplici viti o chiodi. A chiodi, viti e ramponi, elementi antichi e collaudati dal tempo si affida ora un nuovo compito.

A partire dalla seconda metà dell'Ottocento si sono realizzati solai con travi di ferro a doppio "T" (putrelle) con interposti elementi in laterizio. La struttura era completata sovrapponendo uno strato di riempimento, detto "magrone", atto a livellare la superficie del solaio e a costituire il letto di posa per la pavimentazione. Questi solai richiedono spesso interventi strutturali di consolidamento, perché dimensionati per carichi modesti. La sovrapposizione di una soletta di calcestruzzo, di circa 5 cm di spessore, armata con una rete elettrosaldata e collegata alle travi portanti in acciaio a mezzo dei connettori, permette di adeguare queste realizzazioni alle attuali esigenze costruttive. La struttura mista così realizzata sfrutta al meglio la peculiarità dei due materiali, incrementando le prestazioni del solaio sia in termini di resistenza che di rigidità. L'opera si realizza mettendo a nudo l'estradosso delle travi, fissando i connettori, stendendo una adeguata rete elettrosaldata e gettando il calcestruzzo. La puntellazione del solaio prima del getto assicura che la sezione mista sia attiva sia nei confronti del peso proprio della struttura che dei carichi successivamente applicati.

Fondazioni (SI 12): allargamento della fondazione mediante cordoli in c.a.. L'intervento deve essere realizzato in modo tale da far collaborare adeguatamente le fondazioni esistenti con le nuove, curando in particolare la connessione fra nuova e vecchia fondazione al fine di ottenere un corpo monolitico atto a diffondere le tensioni in modo omogeneo.

Deve essere realizzato un collegamento rigido (travi in c.a. armate e staffate, traversi in acciaio di idonea rigidità, barre post-tese che garantiscono una trasmissione per attrito) in grado di trasferire parte dei carichi provenienti dalla sovrastruttura ai nuovi elementi. In presenza di possibili cedimenti differenziali della fondazione è opportuno valutarne gli effetti sull'intero fabbricato, e decidere di conseguenza la necessaria estensione dell'intervento di allargamento. Si può agire anche con miscele leganti allo scopo di conferire al terreno una resistenza simile a quella di una muratura e quindi di ottenere la formazione di vere e proprie sottofondazioni.



Tetti. In linea generale è opportuno il mantenimento di tetti in legno, in quanto capaci di limitare le masse nella parte più alta dell'edificio e di garantire un'elasticità simile a quella della compagine muraria sottostante. Ove i tetti presentano orditure spingenti, come nel caso di puntoni inclinati privi di semicatene la spinta deve essere compensata.

### 6.3 Progetto tecnologico

*Definita l'architettura del progetto si passa ad una scala inferiore volta alla definizione della tecnologia utilizzata. Si approfondirà innanzitutto il benessere termo igrometrico delle tre diverse ipotesi progettuali illustrando come gli edifici siano stati adattati. Quindi sono presentate sezioni e dettagli tecnologici mostrando l'integrazione tra costruito esistente e le nuove aggiunte.*

Per riqualificare gli edifici e garantire il comfort termo igrometrico, si è rivelato necessario analizzare innanzitutto le prestazioni residue dei fabbricati in esame come riportato nelle Schede di Rilievo delle Prestazioni Residue SRPR 3.32-3.36.

Il parametro connotante per poter verificare il comportamento termico di un componente è la trasmittanza termica. Viene definito il valore della prestazione obiettivo in funzione delle condizioni al contorno, ovvero dalle temperature interne ed esterne, della determinazione asimmetrica radiativa, che definisce il disagio derivante dalla differenza tra la temperatura interna e quella superficiale delle pareti, e dei coefficienti liminari, parametri che conglobano gli effetti dei fenomeni di scambio termico per convezione ed irraggiamento.

La verifica del comportamento termico risulta positiva se la trasmittanza residua è inferiore a quella obiettivo.

La trasmittanza che ci siamo prefissati è stata quella indicata dal Decreto Ministeriale 26.01.2010:

- Pareti: 0,27 W/m<sup>2</sup>k
- Copertura: 0,24 W/m<sup>2</sup>k
- Solai contro terra: 0,3 W/m<sup>2</sup>k

*Schede Analisi dei  
livelli Prestazionali  
Attese  
SAPA*

La presenza di condensa interstiziale all'interno di un componente viene verificata attraverso il diagramma di Glaser, che permette di confrontare la pressione di saturazione e la pressione di vapore in ogni punto della sezione.

Il diagramma di Glaser rappresenta gli andamenti delle pressioni di vapore  $p_v$  e di saturazione  $p_{sat}$  dell'acqua all'interno di una parete sottoposta a differenze termiche e diffusione; l'andamento delle  $p_{sat}$  si ottiene da quello delle  $T$ , essendo  $p_{sat} = f(T)$ .

I calcoli delle trasmittanze, e della condensa sono riportati nelle Schede di Analisi dei livelli Prestazionali Attesi SAPA.

**Tavole 6.24 - 6.26**  
**Tavole 6.41 - 6.43**

Vengono approfonditi in questa sezione alcuni particolari costruttivi in nodi nelle Tavole 6.24 - 6.26 e 6.41 - 6.43.

## 7 Progetto di consolidamento

*Nel capitolo 3 avevamo condotto l'analisi strutturale su un edificio campione. Il risultato era che l'edificio necessitava opere di consolidamento delle murature, e sostituzione degli elementi strutturali in legno. Di seguito si individuano gli interventi specifici secondo le linee guida precedentemente esposte, si dimensionano e verificano.*

Gli interventi strutturali che si sono apportati su un edificio campione:

- aumento della capacità resistente dei maschi murari attraverso  
chiusura aperture non allineate e discontinuità finalizzata ad aumentare le sezioni resistenti dei maschi murari.  
iniezione di miscele leganti per aumentare le caratteristiche meccaniche  
inserimento catene per limitare le rotazioni cinematiche dei maschi sotto azione sismica e migliorare il comportamento a pressoflessionale  
inserimento trave di coronamento con funzione di legatura delle murature  
inserimento di cordoli di piano in acciaio esterni alla muratura per confinare la muratura  
inserimento dreno per eliminare l' eventuale spinta idrostatica sulla muratura contro terra.
- consolidamento solaio volterrane attraverso soletta in c.a. collaborante
- sostituzione solai lignei
- sostituzione tetto
- allargamento della fondazione mediante cordoli in c.a.

## 7.1 Aumento della capacità resistente dei maschi murari

Verifichiamo che gli interventi apportati migliorino la capacità resistente fino al superamento delle verifiche.

I passaggi fondamentali dell'analisi della sicurezza sono:

1. definizione degli interventi
2. definizione dei nuovi parametri meccanici
3. definizione delle azioni e combinazioni agli stati limite.
4. modello di analisi
5. verifica strutturale.

La normativa di riferimento è la stessa usata per le verifiche di sicurezza sullo stato attuale.

*Definizione dei parametri meccanici*

I valori di riferimento individuati nell'analisi precedente erano quelli per la muratura a conci sbalzati divisi per FC. Si riporta la tabella 3.7.

FC	$f_m$ N/cm <sup>2</sup>	$\tau_0$ N/cm <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	G N/mm <sup>2</sup>	W kN/m <sup>3</sup>
LC1	200,0	3,5	1020-1440	340-480	20,0
1,35	148,1	2,6	1230	410	20,0



Figura 7.1 Prove di compressione semidistruttive con martinetti piatti

Con un intervento d'iniezione di miscele leganti queste resistenze possono essere incrementate secondo il parametro riportato in tabella 9.2. In particolare si applica il coefficiente indicato in tabella, diversificato per le varie tipologie, sia ai parametri di resistenza ( $f_m$  e  $\tau_0$ ), sia ai moduli elastici (E e G).

Le nuove resistenze sono quelle riportate in tabella 12.1. Inoltre si ritiene opportuno utilizzare un FC = 1,2 corrispondente a un livello di conoscenza uguale a LC2. Si presuppone cioè di condurre delle verifiche in situ.

Tabella 7.1 Valori di resistenza muratura consolidata con iniezioni

FC	$f_m$ N/cm <sup>2</sup>	$\tau_0$ N/cm <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	G N/mm <sup>2</sup>	W kN/m <sup>3</sup>
LC2	200,0	3,5	1020-1440	340-480	20,0
1,2	166,7	2,9	1230	410	20,0
1,7	283,3	5,0	2091	697	20,0

A questo punto, secondo quanto riportato nelle NTC (D.M. 2008 – Cap 11.10.3 Determinazione dei parametri di sicurezza), ricaviamo i valori caratteristici di riferimento con le seguenti equazioni:

$$f_k = 0,75 f_m = 212,5 \text{ N/cm}^2$$

$$f_{vk0} = 0,70 f_{vm} = \text{N/cm}^2$$

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_n$$

Le verifiche di sicurezza vengono effettuate però con i valori di "calcolo". Dobbiamo cioè utilizzare un ulteriore coefficiente di sicurezza parziale legato alla natura del materiale.

$$f_d = f_k/\gamma_m$$

Valori del coefficiente  $\gamma_m$  varia in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti ed è tabellato nelle NTC (D.M. 2008 – Tabella 4.5.II). Secondo la tabella utilizziamo  $\gamma_m=3$ , molto penalizzante.

$$f_d = 212,5/3 \text{ N/cm}^2 = 70,83 \text{ N/cm}^2$$

Per le azioni nel piano delle pareti si utilizza come per l'analisi strutturale del capitolo 3 il modello a mensole per così poter fare un confronto con le verifiche precedenti. In questo caso, dato che i solai e i traversi vengono consolidati e/o sostituiti, si poteva considerare un collegamento efficace con essi e quindi utilizzare un modello a telaio. Per le azioni ortogonali al piano delle pareti è utilizzato il modello a elemento prismatico verticale doppiamente articolato in testa e al piede. Quindi dobbiamo individuare quali sono i maschi resistenti. Le aperture non allineate e le discontinuità vengono eliminate e realizzata una nuova apertura nel maschio 5. Pertanto è necessario fare nuovamente l'individuazione dei maschi portanti e delle aree di pertinenza.

*Modello di analisi strutturale*

In generale si prendono in considerazione nel modello strutturale e nelle verifiche esclusivamente le porzioni di muro che presentino continuità verticale dal piano oggetto di verifica fino alle fondazioni, e con rapporto larghezza altezza d'interpiano non inferiore a 0,3 in modo tale da mantenere l'ordine generale delle resistenze secondo NTC: la resistenza a flessione e al ribaltamento è maggiore nel piano del muro rispetto a quella fuori dal piano.

*Individuazione maschi murari e aree di pertinenza*

Vedi scheda individuazione maschi murari: 7.01

*Scheda 7.01*

Tabella 7.2 Individuazione maschi murari

maschi murari	lunghezza	spessore	altezza	sezione portante	area verticale
	m	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
<b>MS1</b>	5,06	0,41	7,7	2,05	38,962
<b>MS2</b>	1,62	0,56	7,7	0,9	12,474
<b>MS3</b>	2,16	0,51	7,7	1,1	16,632
<b>MS4</b>	2,16	0,56	7,7	1,21	16,632
<b>MS5.a</b>	4,22	0,43	7,7	1,8	32,494
<b>MS5.b</b>	2,25	0,42	7,7	0,95	17,325
<b>MS6.a</b>	3,03	0,48	5,5	1,44	16,665
<b>MS6.b</b>	1	0,47	5,5	0,47	5,5
<b>MS7</b>	1,94	0,60	7,7	1,16	14,938
<b>MS5</b>	7,42	0,42	7,7	3,15	57,134

Tabella 7.3 Aree pertinenza maschi murari

nome	m <sup>2</sup>	nome	m <sup>2</sup>	nome	m <sup>2</sup>
S1.1	2,16	S2.1	3,67	T4.1	8,78
S1.2	6,11	S2.2	4,32	T4.2	6,96
S1.3	2,63	S2.3	4,08	T4.3	10,1
S1.4	4,32	S2.4	4,91	T4.4	10,23
S1.5	3,67	S2.5	2,81	T4.5	9,93
S1.6	2,24	S2.6	2,25	T4.6	10,21
S1.7	4,34	S2.7	3,00	T4.7	8
S1.8	2,46	S2.8	2,46		
B1.1	0,62	B2.1	0,62		
B1.2	3,13	B2.2	3,13		
B1.3	1,46	B2.3	1,46		

### 7.1.1 Definizione delle azioni

I valori delle azioni e le loro combinazioni da considerare nel calcolo, sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, sono quelle definite dalla presente norma per le nuove costruzioni (D.M. 2008 – Cap 3 Azioni sulle costruzioni).

Le azioni da considerare comprendono:

- pesi propri degli elementi costituenti la struttura
- carichi permanenti non strutturali
- sovraccarichi variabili
- azioni sismiche
- azioni del vento
- azioni della neve
- spinta terreno muro contro terra
- azioni della temperatura
- azioni eccezionali

I sovraccarichi variabili, azione del vento e della neve, azioni sismiche, azioni della temperatura e azioni eccezionali sono gli stessi valutati nell' analisi dello stato di fatto.

#### Pesi propri

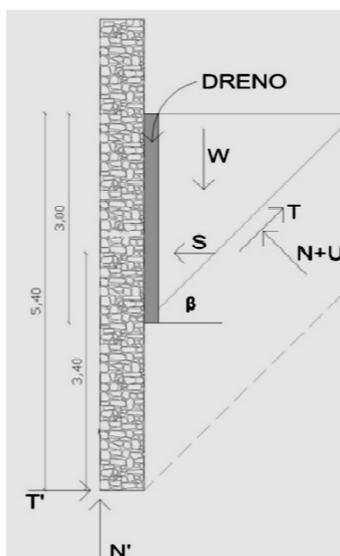
Per i pesi propri permanenti dei materiali esistenti e mantenuti si fa riferimento alle tabelle 3.10 e 3.11. Per i valori dei materiali nuovi inseriti si utilizzeranno quelli forniti dal produttore nelle schede tecniche.

In base alle stratigrafie si riportano i calcoli dei pesi propri.

Tabella 7.4 Stratigrafie

materiale	base	interasse	spessore	peso	peso
	m	m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>
<b>stratigrafia solaio con volterrane</b>					
permanentemente strutturali					
travetti a doppio T con soletta		1	0,06		1,71
riempimento alleggerito					0,72
				<b>totale:</b>	<b>2,43</b>
permanentemente non strutturali					
pannelli sagomati in fibra di			0,03	2,20	0,07
pavimento con silence			0,02	5,00	0,08
				<b>totale:</b>	<b>0,15</b>
permanentemente non strutturali con riscaldamento e sottofondo					
pannelli radianti			0,04		0,50
sottofondo/caldana			0,05		0,50
pavimento			0,03	5,00	0,15
				<b>totale:</b>	<b>1,15</b>
<b>stratigrafia solaio lignatur</b>					
permanentemente strutturali					
lignatur scatolare LkE			#RIF!	#RIF!	0,39
				<b>totale:</b>	<b>0,39</b>
permanentemente non strutturali con sottofondo					
pannelli radianti in fibra di			0,03	2,20	0,07
sottofondo secco( sabbia)			0,07	12,00	0,78
pavilastre			0,03	1,00	0,03
parquet			0,02	5,00	0,08
				<b>totale:</b>	<b>0,95</b>
permanentemente non strutturali pavimento senza sottofondo					
pannelli radianti in fibra di			0,03	2,2	0,07
pavimento con silence			0,014	6	0,08
				<b>totale:</b>	<b>0,15</b>

stratigrafia tetto arcarecci senza ballatoio T1					
permanenti strutturali					
lignatur scatolare LkE	0,20	0,20	0,24		0,52
travetti legno	0,10	1,80	0,12	4,00	0,03
orditura	0,05	0,30	0,05	4,00	0,03
orditura	0,05	0,18	0,05	4,00	0,06
				<b>totale:</b>	<b>0,64</b>
permanenti non strutturali					
pannelli cellulosa 5+7			0,12	0,85	0,102
coppi			0,04	18	0,75
				<b>totale:</b>	<b>0,85</b>
stratigrafia tetto puntoni senza ballatoio T2					
permanenti strutturali					
lignatur scatolare LkE	0,20	0,20	0,12		0,39
travetti legno complanari	0,16	1,60	0,20	5,60	0,11
orditura	0,05	0,30	0,05	4,00	0,03
orditura	0,05	0,18	0,05	4,00	0,06
				<b>totale:</b>	<b>0,59</b>
permanenti non strutturali					
pannelli cellulosa 2			0,02	0,85	0,017
coppi			0,04	18	0,75
				<b>totale:</b>	<b>0,77</b>
stratigrafia tetto puntoni con ballatoio T3					
permanenti strutturali					
lignatur scatolare lke 0,24	0,20		0,12		0,37
travetti complanari	0,20	0,80	0,27	9,00	0,82
orditura		0,30	0,05	4,00	0,03
orditura		0,18	0,05	4,00	0,06
				<b>totale:</b>	<b>1,28</b>
permanenti non strutturali					
pannelli cellulosa			0,12	0,85	0,102
coppi			0,04	18	0,75
				<b>totale:</b>	<b>0,85</b>
stratigrafia 3 ballatoi					
permanenti strutturali					
trave di legno 10x12	0,1	1	0,12	8	0,30
tavolato			0,03	4	0,12
				<b>totale:</b>	<b>0,42</b>



Per quanto riguarda la spinta del terreno contro il muro contro terra notevole riduzione si avrebbe con l'inserimento di un drenaggio che comporterebbe un abbattimento della spinta dell'acqua. All'interno del drenaggio infatti il moto dell'acqua avviene a canaletta con una pressione uguale a 0. Sarebbe più efficiente un drenaggio obliquo ma comporterebbe uno spreco enorme di energie per poterlo inserire.

*Spinta terreno muro  
contro terra*

Figura 7.2 Schema inserimento drenaggio dietro muro contro terra

Tabella 7.5 spinta muro contro terra edificio17 muro Ms5

lunghezza	7,4	m	$W=1/2 \cdot \gamma \cdot H^2 \cot \beta$	21,03	kN/m
area	10,8	m <sup>2</sup>	$N=(w/\cos \beta - U)/1 + \tan \emptyset$	30,74	kN/m
altezza H	1,5	m	$S= N \sin \beta - T \cos \beta + U \sin \beta$	6,45	kN/m
$\emptyset$	35,0	°	$T=N \cdot \tan \emptyset$	21,52	kN/m
$\gamma$	20,0	kN/m <sup>3</sup>	U	0,00	kN/m
$\beta$ ( spinta massima)	45,0	°	N'	75,85	KN/m
$\gamma$ acqua=	0,0	kN/m <sup>3</sup>	$T'=N' \tan(2/3 \emptyset)$	32,61	KN/m

Si ipotizza un comportamento ad arco del maschio:

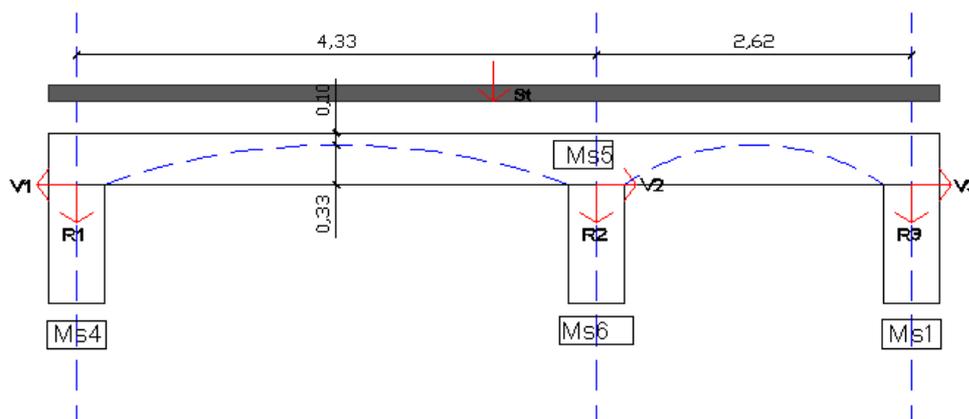


Figura 7.3 Schema di scarico del maschio Ms5 sui muri di spina

Tabella 7.6 Azioni sui maschi di spina

R1=	10,2	KN	$v1=pl2/8f=$	37,16	kN
R2=	26,2	KN	$v2=$	25,87	kN
R3=	2,6	KN	$v3=$	11,29	kN

### 7.1.2 Combinazioni di carico

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni..

Combinazione fondamentale impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$Fdc \text{ SLU} = \gamma G1 \cdot Gk1 + \gamma G2 \cdot Gk2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \dots$$

Combinazione caratteristica per stati limite di servizio e tensioni ammissibili come specificamente indicato nella normativa:

$$Fdc \text{ SLE} = G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \times Qk2 + \psi 03 \times Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, stato limite di salvaguardia della vita, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$Fdc \text{ SLV} = G1 + G2 + P + E + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

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

L'azione sismica sarà quindi valutata con la seguente equazione:

$$E = \alpha_0 (KG_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots)$$

Tabella 7.7 Combinazione dei carichi edificio 17

		slu	sle	slv	
tetto	copertura coppi	6,68	4,62	2,38	kN/m <sup>2</sup>
	copertura pioda	5,65	3,85	1,57	kN/m <sup>2</sup>
pareti	muratura	13,55	10,37	10,80	kN/m <sup>2</sup>
	legno	1,25	0,90	0,94	kN/m <sup>2</sup>
solaio	volterranee	7,88	5,58	4,36	kN/m <sup>2</sup>
	legno	4,93	3,34	2,02	kN/m <sup>2</sup>
ballatoio e scale	legno	6,55	4,42	1,69	kN/m <sup>2</sup>

### 7.1.3 Verifiche statiche

Le verifiche sono condotte nei confronti dei soli SLU con le seguenti ipotesi fondamentali:

- conservazione delle sezioni piane
- resistenza a trazione per flessione della muratura nulla

Gli stati limite ultimi verificati sono:

- presso flessione per carichi laterali (resistenza e stabilità fuori dal piano),
- presso flessione nel piano del muro,

$$M_d \leq M_u$$

$$M_u = \frac{\sigma_0 t L^2}{2} \left[ 1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_d} \right]$$

- taglio per azioni nel piano del muro: rottura per scorrimento e per fessurazione diagonale.

$$V_{ed} \leq V_{ts,d}$$

$$V_{ed} \leq V_{tf,d}$$

$$V_{ts,d} = L' t f_{vd}$$

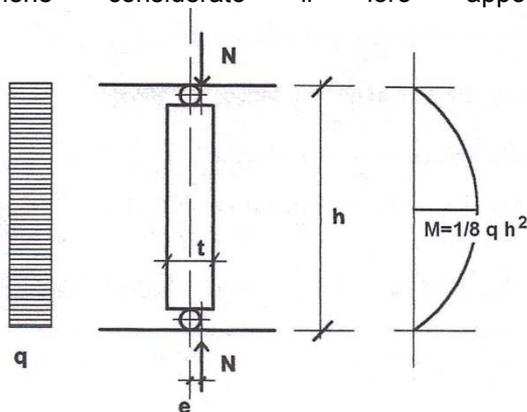
$$V_{tf,d} = L t \frac{f_{vd}}{\alpha} \sqrt{1 + \frac{\sigma_{0n}}{f_{vd}}}$$

Nelle schede 7.02 e 7.03 sono riportate le azioni; i valori delle verifiche nelle schede 7.04 e 7.05.

Lo schema statico dei maschi murari per la pressoflessione fuori piano del muro in questo caso si riconduce a un elemento incernierato al piede e in testa. Dato che le catene vengono inserite passive per superare le verifiche ai cinematismi non viene considerato il loro apporto nelle verifiche statiche.

Azioni:  
Scheda 7.02 e 7.03

Verifiche:  
Scheda 7.04 e 7.05



#### 7.1.4 Verifiche sismiche

La verifica sismica è stata condotta in tre fasi:

1. analisi dei cinematismi e valutazione di inserimento di catene
2. calcolo delle azioni sismiche equivalenti attraverso l'analisi statica lineare
3. verifiche dei maschi sotto azione sismica per azioni nel piano e fuori piano.

*Analisi cinematismi e catene*

*Scheda 7.06 e 7.07*

Dall'analisi dei cinematismi a ribaltamento, scheda 7.06 si evidenzia la necessità di inserimento di catene, che vengono inserite a livello del primo e del secondo solaio. I tiri necessari che le catene dovranno sopportare per limitare le azioni di ribaltamento sono riportati nella tabella 7.8. Il valore di tiro di ciascuna catena invece è riportato nella tabella 7.9. Per la posizione fare riferimento alla scheda 7.07

Nella verifica dei cinematismi non è stato preso in considerazione, a favore di sicurezza, l'incatenamento della trave di colmo

Tabella 7.8 Tiro calcolato dalle verifiche a ribaltamento.

maschio		tiro	
MS1	T1	17,00	KN
MS2	T2	18,00	KN
MS3	T3	14,00	KN
MS4	T4	23,00	KN
MS5.a	T5A	18,00	KN
MS5.b	T5B	14,00	KN
MS6.a	T6A	14,50	KN
MS6.b	T6B	6,50	KN
MS7	T7	15,00	KN

Tabella 7.9 Tiro di ciascuna catena

catena	h	maschi legati	f	
C1	2,65	Ms7-Ms6b	15	KN
C2	2,65	Ms4-Ms6.a	23	KN
C3	2,65	Ms6.b-Ms1	8,5	KN
C4	2,65	Ms6.a-Ms1	8,5	KN
C5	5,53	Ms3-Ms5.b	14	KN
C6	5,53	Ms2-Ms5.a	9	KN
C7	5,53	Ms2-Ms5.a	9	KN

Il tiro di ciascuna catena va verificato a SLU per quanto riguarda la resistenza a taglio e attrito della muratura e di conseguenza si dimensiona la piastra di ancoraggio. Inoltre va dimensionata la catena. Queste verifiche vengono condotte secondo il manuale dell'ingegnere Franco Iacobelli (2011).

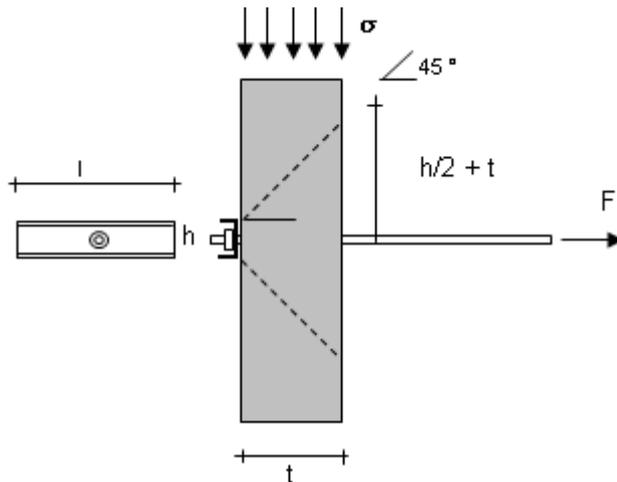


Figura 7.4 Schema catena e Capo chiave a piastra rettangolare

Resistenza a taglio (coesione):

Facendo riferimento allo schema di cui sopra, si individua la superficie tronco piramidale di rottura e si calcola la superficie laterale:

$$A = \sqrt{2} t^2 [(l+t) + (h+t)]$$

La forza di rottura per coesione:

$$F_t = A f_{vko} / (Y_m Y_c)$$

*Resistenza a taglio-coesione*

E in proiezione orizzontale:

$$F_{r1} = F_t / \sqrt{2}$$

Resistenza per attrito:

Si esegue il calcolo a SLU, facendo riferimento ad un coefficiente d'attrito,  $\mu = 0,4$ , già inclusivo del coefficiente di sicurezza.

La superficie di rottura è sempre tronco piramidale, ma si fa affidamento solo all'attrito sviluppato sulle due superfici trapezoidali orizzontali:

$$A = \sqrt{2} t^2 (l+t)$$

In proiezione orizzontale:

$$A_0 = A / \sqrt{2}$$

Si valuta il contributo d'attrito allo SLU:

$$F_{r2} = A_0 \sigma \mu$$

*Resistenza a taglio per scorrimento*

È prodonziale che il tiro verifichi entrambe le condizioni:

$$F < \text{Min} (F_{r1}; F_{r2})$$

### Dimensionamento Catena

Si usano barre in acciaio : B450C (  $6 < \varnothing < 40$  mm) Barre di acciaio Gewi,

$$f_{yd} = f_{yk} y_m = 450 \text{ N/mm}^2 / 1,15 = 390 \text{ N/mm}^2$$

a favore di sicurezza si utilizza come tiro agente la somma dei due contributi, coesivo più attrito:

$$A_a = F_{r1} + F_{r2} / f_{yd}$$

Tabella 7.10 Verifiche piastre ancoraggio e diametro tiranti

	C1-Ms7	C1-Ms6b	C2-Ms4	C2-Ms6.a	C3-Ms6.b	C3-Ms1	C4-Ms6.a	C4-Ms1	
<b>F</b>	15,00	15,00	23,00	23,00	8,50	8,50	8,50	8,50	kN
<b>t</b>	59,79	47,00	56,02	47,52	47,00	40,51	47,52	40,51	m
<b>h</b>	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	cm
<b>l</b>	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	cm
<b>fvk0</b>	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	N/cm <sup>2</sup>
<b>ym</b>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
<b>A</b>	3,25E+04	3,04E+04	3,19E+04	3,05E+04	3,04E+04	2,93E+04	3,05E+04	2,93E+04	cm <sup>2</sup>
<b>Ft</b>	37,66	35,14	36,92	35,25	35,14	33,87	35,25	33,87	kN
<b>Fr1</b>	26,63	24,85	26,10	24,92	24,85	23,95	24,92	23,95	kN
<b>μ</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
<b>σ</b>	66,40	147,17	67,00	131,32	147,17	77,76	131,32	77,76	kN/m <sup>2</sup>
<b>Fr2</b>	38,05	59,21	34,83	53,68	59,21	25,33	53,68	25,33	kN
<b>verifica</b>	si								
<b>verifica</b>	si								
<b>Aa</b>	1,66	2,16	1,56	2,02	2,16	1,26	2,02	1,26	cm <sup>2</sup>
<b>∅</b>	16,00	18,00	16,00	18,00	18,00	14,00	18,00	14,00	mm

	C5-Ms3	C5-Ms5.b	C6-Ms2	C6-Ms5.a	C7-Ms2	C7-Ms5.a	
<b>F</b>	14,00	14,00	9,00	9,00	9,00	9,00	kN
<b>t</b>	50,93	42,22	55,56	42,65	55,56	<b>42,65</b>	m
<b>h</b>	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	cm
<b>l</b>	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	cm
<b>fvk0</b>	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	N/cm <sup>2</sup>
<b>ym</b>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
<b>A</b>	3,10E+04	2,96E+04	3,18E+04	2,96E+04	3,18E+04	2,96E+04	cm <sup>2</sup>
<b>Ft</b>	35,92	34,21	36,82	34,29	36,82	34,29	kN
<b>Fr1</b>	25,40	24,19	26,04	24,25	26,04	24,25	kN
<b>μ</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
<b>σ</b>	73,12	69,73	82,07	66,03	82,07	66,03	kN/m <sup>2</sup>
<b>Fr2</b>	33,04	24,08	42,15	23,13	42,15	23,13	kN
<b>verifica</b>	si	si	si	si	si	si	
<b>verifica</b>	si	si	si	si	si	si	
<b>Aa</b>	1,50	1,24	1,75	1,21	1,75	1,21	cm <sup>2</sup>
<b>∅</b>	14,00	14,00	16,00	14,00	16,00	14,00	mm

Si ipotizza quindi di utilizzare dei tiranti minimo  $\varnothing$  18 mm con piastre di ancoraggio tipo UPN 100 di lunghezza minima 60 cm. Misure inferiori andranno valutate caso per caso.

### 7.1.5 Analisi statica lineare

La risposta dinamica alle azioni sismiche può essere studiata facendo uso di analisi lineari ed analisi non lineari su di un modello di norma tridimensionale; per edifici "regolari in pianta" sono consentiti modelli bidimensionali. Sono previsti dalla normativa i seguenti tipi di analisi:

1. analisi statica lineare
2. analisi dinamica modale
3. analisi statica non lineare
4. analisi dinamica non lineare

L'unica che può essere affrontata con un calcolo manuale è l'analisi statica lineare. Essa consiste nell'applicazione di forze statiche, equivalenti a quelle dinamiche indotte dal sisma, secondo la logica che  $F = ma$ ; essa è applicabile normalmente

ad edifici assimilabili a quelli regolari, con primo periodo di vibrazione  $T_1 < 2,5T_c$ , oppure  $T_1 < T_d$ .

L'analisi statica viene condotta considerando solai rigidi nel piano orizzontale e calcolando le rigidezze delle singole areti tenendo conto sia del contributo flessionale che quello tagliante. Il modello di calcolo più semplice è quello con tutte le pareti continue dalle fondazioni alla sommità, collegate ai soli fini della traslazione alle quote dei solai; in definitiva si tratta di tante mensole con incastro nella fondazione sulle quali si scaricano forze sismiche in proporzione alle loro rigidezze. Per le verifiche fuori del piano bisogna valutare il periodo di vibrazione dei pannelli verticali, e confrontarlo con quello proprio fondamentale della struttura, al fine di definire le forze orizzontali agenti.

### Analisi statica lineare per azioni fuori dal piano

La normativa non obbliga ad un calcolo rigoroso del primo periodo di vibrazione del pannello di muratura; Il manuale dell'ingegnere Franco Iacobelli ha invece un ottimo grado di precisione e considera il fatto fisico che uno sforzo di compressione di un elemento verticale compresso riduce il periodo di oscillazione orizzontale.

Vediamo brevemente come viene effettuato il calcolo.

Innanzitutto ricaviamo lo sforzo normale critico:

$$P_{\text{critico}} = \pi^2 EI/h^2$$

- E = modulo elastico del materiale
- I = modulo d'inerzia della sezione, valutato come  $1/12 D t^3$
- h = altezza del pannello

Questo valore è essenziale per il calcolo della frequenza radiale fondamentale del muro  $\omega$

$$\omega^2 = \pi^4 E I g (1 - P/P_{\text{crit}})/h^4 A \gamma$$

- P sforzo normale verticale sul pannello
- g accelerazione di gravità
- A area della sezione orizzontale
- $\gamma$  peso specifico del materiale

Ora possiamo ottenere il periodo fondamentale

$$T_a = 2 \pi / \omega$$

È quindi necessario calcolare il primo periodo di vibrazione

$$T_1 = C_1 H^{3/4}$$

- H altezza maschio murario
- $C_1$  coefficiente che per murature è pari a 0,05

Quindi calcoliamo il coefficiente sismico

$$S_a = \frac{a_g S}{g} \left[ \frac{3 (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a / T_1)^2} - 0,5 \right] \geq a_g S/g$$

- $a_g(g)$  = accelerazione orizzontale normalizzata massima del sito
- S fattore del profile stratigrafico = 1,2
- Z altezza del baricentro
- H altezza della struttura

A questo punto siamo in grado di ricavare  $F_a$ , forza equivalente:

$$F_a = W_a * S_a / q_a$$

- $W_a$  peso del pannello di muratura considerato
- $q_a$  fattore di struttura

Tabella 7.11 Calcolo Periodo fondamentale di vibrazione dei maschi per azioni fuori dal piano.

	I	Pcritico	P	$\omega$	Ta	T1
	m <sup>4</sup>	KN	KN	rad/S	s	s
<b>MS1</b>	0,03	9750,15	417,79	19,32	0,33	0,23
<b>MS2</b>	0,02	8049,11	189,93	26,76	0,23	0,23
<b>MS3</b>	0,02	8266,49	212,85	24,50	0,26	0,23
<b>MS4</b>	0,03	11002,70	245,00	27,00	0,23	0,23
<b>MS5.a</b>	0,03	9489,50	331,27	20,42	0,31	0,23
<b>MS5.b</b>	0,01	4907,46	178,73	20,20	0,31	0,23
<b>MS6.a</b>	0,03	18271,91	290,97	44,55	0,14	0,23
<b>MS6.b</b>	0,01	5832,78	106,03	44,01	0,14	0,23
<b>MS7</b>	0,03	12017,69	231,85	28,86	0,22	0,23

Tabella 7.12 Calcolo k per azioni sismiche equivalenti

	Z	h	ag*S/g	Sa	qa	K=Sa/qa
	m	m				
<b>MS1</b>	3,85	7,70	0,07	0,25	2,20	0,11
<b>MS2</b>	3,85	7,70	0,07	0,29	2,20	0,13
<b>MS3</b>	3,85	7,70	0,07	0,29	2,20	0,13
<b>MS4</b>	3,85	7,70	0,07	0,29	2,20	0,13
<b>MS5.a</b>	3,85	7,70	0,07	0,26	2,20	0,12
<b>MS5.b</b>	3,85	7,70	0,07	0,26	2,20	0,12
<b>MS6.a</b>	2,77	5,53	0,07	0,25	2,20	0,11
<b>MS6.b</b>	2,77	5,53	0,07	0,25	2,20	0,11
<b>MS7</b>	3,85	7,70	0,07	0,29	2,20	0,13

#### Analisi statica lineare per azioni nel piano

La valutazione delle azioni sismiche, indotte nel piano dei pannelli verticali resistenti della struttura, viene effettuata applicando una distribuzione di forze statiche equivalenti distribuite lungo l'altezza in modo triangolare; questo per la forma d'onda del primo modo di vibrazione.

$$F_i = F_h \frac{z_i W_i}{\sum (z_j W_j)}$$

$$F_h = \lambda S_d(T_1) W/g$$

- $Z_i, z_j$  quote dei piani rispetto allo spiccatto delle fondazioni
- $W_i, W_j$  pesi dei piani della costruzione
- $S_d(T_1)$  valore dello spettro di risposta di progetto calcolato per il primo periodo di vibrazione della struttura
- $W = \sum W_i$  peso totale degli N piani della costruzione
- $\lambda$  coefficiente riduttivo, 0,85 per edificio con almeno 3 piani e se  $T_1 < 2T_c$ , 1 negli altri casi e per edifici non regolari in altezza.

#### Verifiche

Le verifiche sono condotte come nel caso di quelle statiche e sono indagate le seguenti azioni. In tal caso conviene utilizzare una configurazione di asta articolata in testa e al piede e a livello delle catene, che creano con il cordolo di coronamento dei ritegni assimilabili a cerniere cilindriche.

- presso flessione per carichi laterali (resistenza e stabilità fuori dal piano)
- presso flessione nel piano del muro

$$M_d \leq M_u; M_u = \frac{\sigma_0 t L^2}{2} \left[ 1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_d} \right]$$

- taglio per azioni nel piano del muro: rottura per scorrimento e per fessurazione diagonale

$$V_{ed} \leq V_{ts,d}; V_{ed} \leq V_{tf,d}; V_{ts,d} = L' t f_{vd}$$

$$V_{tf,d} = L t \frac{f_{vd}}{\alpha} \sqrt{1 + \frac{\sigma_{0n}}{f_{vd}}}$$

## 7.2 Consolidamento solaio volterrane

A partire dalla seconda metà dell'Ottocento si sono realizzati solai con travi di ferro a doppio "T" con interposti elementi in laterizio. La struttura era completata sovrapponendo uno strato di riempimento, detto "magrone", atto a livellare la superficie del solaio e a costituire il letto di posa per la pavimentazione. Questi solai richiedono spesso interventi strutturali di consolidamento, perché dimensionati per carichi modesti. Il contributo di resistenza comunque si avrà solo nel momento che si superano i carichi permanenti supportati dal solaio esistente al momento del consolidamento.

Il solaio in esame è sostenuto da profilo del tipo IPN 180 ad interasse 100 cm e luce 380 cm. Viene consolidato tramite la sovrapposizione di una soletta di calcestruzzo C25/30 di 6 cm di spessore, armata con una rete elettrosaldata  $\varnothing$  6 10x10 in acciaio B450C e collegata alle travi portanti in acciaio a mezzo dei connettori a piolo e ramponi. Vengono inseriti 17 connettori del tipo Tecnar CTF 12/40 per putrella con passo 23.8 cm. La rete elettrosaldata dovrà essere posta ad almeno 35 mm sotto l'estremità del connettore.

La soletta di calcestruzzo inoltre è collegata ai muri portanti. In direzione perpendicolare alle travi si dispongono collegamenti tra la muratura e la nuova soletta con barre  $\varnothing$  16/50 mm in acciaio B450C annegate nel getto, malta cementizia a ritiro compensato, inclinate per evitare lo sfilamento in foro  $\varnothing$  36 ,o con collegamenti a coda di rondine.

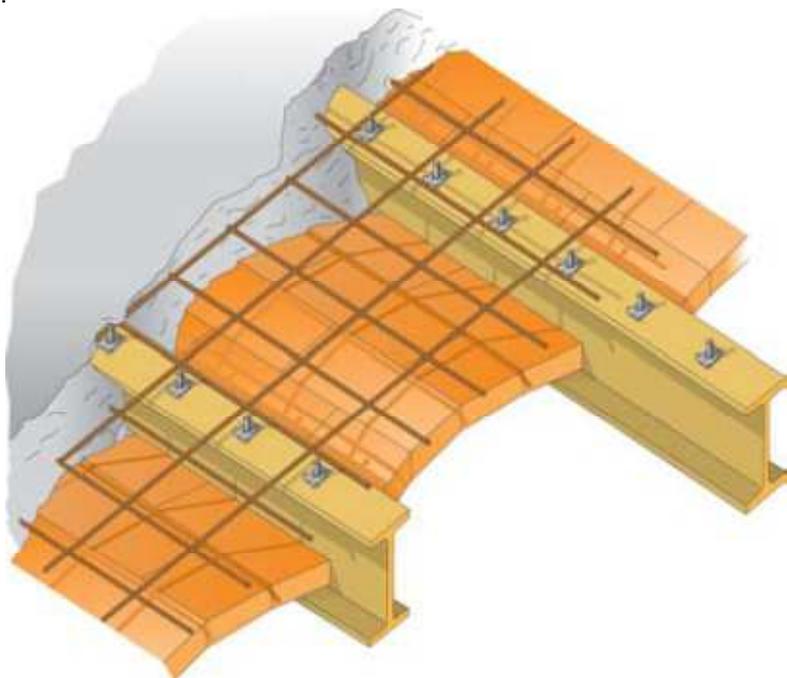


Figura 7.5 Intervento di consolidamento del solaio volterrane

La seguente verifica è realizzata con il programma del produttore Tecnar.

Normativa di riferimento: NTC2008 D.M. 14-01-2008 / EN 1994-1-1:2004

Versione programma: 2.0.3.7

Vediamo comunque tutti i passaggi di calcolo in modo analitico.

Tabella 7.13 Dati solaio volterrane

caratteristiche solaio		
tipologia	volterrane	
dimensioni	380x420	cm
altezza massima		cm
profilo	IPN 180	
tipo acciaio	S235 - Fe 360	
interasse	100	cm
luce	380	cm
spessore soletta	6	cm

consolidamento		
spessore soletta	6	cm
calcestruzzo	C25/30	
rete elettrosaldata	B450C	
connettore	CTF 12/40	

carichi		
Peso proprio:	1.66	kN/m <sup>2</sup>
Altri p.p.:	1.00	kN/m <sup>2</sup>
Sottofondo:	0.50	kN/m <sup>2</sup>
Pavimento:	0.50	kN/m <sup>2</sup>
Variabili:	2.00	kN/m <sup>2</sup>

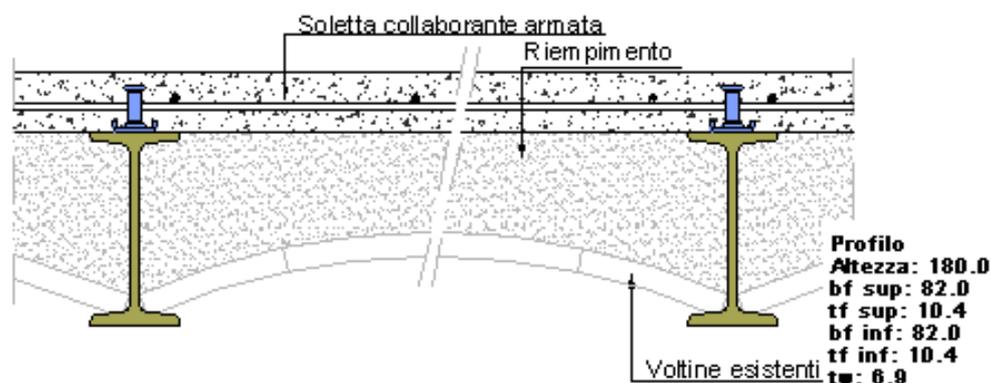


Figura 7.6 Sezione solaio volterrane con soletta collaborante.

### Analisi lavorazioni

L'analisi delle lavorazioni è fondamentale per capire quali carichi deve essere sopportati in ciascuna fase

Fase I: smantellamento pavimenti e riempimento

Fase II: puntellamento travi INP, preparazioni connettori, getto massetto alleggerito, getto soletta armata con rete elettrosaldata, dopo 14 giorni rimozioni puntelli, finitura pavimenti.

### Caratteristiche dei materiali

La classificazione dell'acciaio è stata fatta per ipotesi non potendo realizzare delle prove in sito.

$$f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 235/1,05 = 223 \text{ N/mm}^2$$

Calcestruzzo C25/25

$$R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo sezione composte:

$$f_{cd} = f_{ck}/1,5 = 20/1,5 = 13,3 \text{ N/mm}^2$$

### Caratteristiche delle sezioni resistenti

- $A_a$  area INP
- $A_c$  area soletta
- $A_\Phi$  area armatura soletta

Si calcola l'area della sezione composta resa omogenea in acciaio attraverso il coefficiente di omogeneizzazione per calcestruzzo.

Si adotta un coefficiente di omogeneizzazione  $n = 13,34$

$$A = A_a + A_\Phi + A_c/n$$

Distanza del baricentro della sezione composta dal bordo inferiore della trave di acciaio INP

$$Y = (A_a y_a + A_\Phi y_\Phi + A_c y_c/n)/A$$

Si nota che tutto il calcestruzzo è in zona compressa

Omento statico della soletta rispetto all'asse neutro della sezione composta resa omogenea:

$$S_c = A_c (y_c - y)/n$$

Momento d'inerzia della sezione composta resa omogenea rispetto al suo baricentro

$$J = J_a + J_c/n + A_a (y - y_a)^2 + A_\Phi (y_\Phi - y)^2 + A_c (y_c - y)^2/n$$

Modulo di resistenza al lembo superiore della soletta cls:

$$W_{c,s} = nJ/(h - y)$$

Modulo di resistenza dell'armatura della soletta

$$W_\Phi = J/(y_\Phi - y)$$

### Calcolo della freccia

Nella fase I i pesi sono sopportati solo dalla INP180, nella fase II dalla sezione composta.

Freccia elastica

$$f = 5/384 pL^4/EJ$$

La freccia limite è 1/300 per carichi permanenti, 1/250 per carichi variabili.

### Calcolo collegamenti

Reazione verticale sugli appoggi:

$$T = pL/2$$

Forza di scorrimento della soletta di c.a., in corrispondenza degli appoggi:

$$\omega = TS/J$$

Forza di scorrimento da assorbire con i connettori per mezza trave:

$$W = \omega L/4$$

Si scelgono dei connettori a ramponi tipo tecnica chiodati e non saldati di resistenza unitaria 22,50 kN.

Ciò significa disporre 17 connettori con passo 23,8 cm

In alternativa, considerando che agli appoggi è massima la forza di scorrimento, vanno addensati verso gli estremi a coprire una uguale area del diagramma triangolare degli sforzi.

Si può quindi in alternativa ipotizzare una distribuzione del tipo:

per una lunghezza di 95 cm dall'appoggio disporre 4 connettori a 23,8 cm. Nel tratto centrale di lunghezza 190 cm 6 connettori a 36 cm.

### Verifiche di resistenza a SLU

Si calcola il carico di progetto della Fase II, distinguendo quello permanente e quello di esercizio, e quindi il momento flettente agente.

Si calcola la resistenza a flessione della sezione con il metodo elastico, osservando che nella Fase I le putrelle sono già impegnate.

$$M_r \text{ acciaio} = W_{a,i} f_d$$

$$M_r \text{ cls} = W_{c,s} f_{cd}$$

Il momento resistente ultimo elastico della sezione composta è quello più piccolo (relativo all'acciaio della putrella).

Si verifica quindi:

$$MII/Mr < 1$$

Tabella 7.14 Verifiche solaio volterrane

SLU sezione mista		
Posizione asse neutro:	7,74	cm
Altezza totale:	24	cm
Momento sollecitante - MEd:	14.4	KNm
Momento resistente - MRd:	15.4	kNm
Verifica momento:	VERIFICATO	
Taglio sollecitante - VEd:	15.1	kN
Taglio resistente - VRd:	153.2	kN
Verifica taglio:	VERIFICATO	

SLE sezione mista		
freccia 1: carichi permanenti	1	mm
freccia 2: variabili + viscosità	0,8	mm
freccia da ritiro	0	mm
freccia totale	1,8	mm
freccia 2 limite 1/300	12	mm
freccia totale limite 1/250	15	mm
verifica	VERIFICATO	

calcolo connessione		
tipo connettore	CTF 12/40	
Altezza	40	mm
resistenza del connettore	22,5	kN
luce	380	cm
numero connessioni	17	
passo	23,8	cm

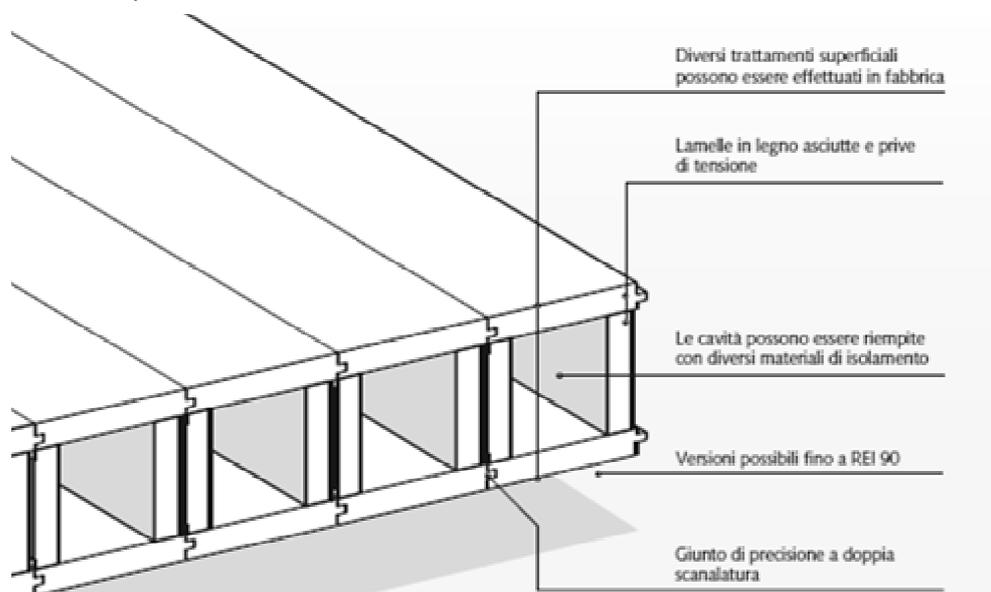
### 7.3 Sostituzione solaio in legno

Il cattivo stato di conservazione del solaio ci obbliga a scegliere un intervento di completa sostituzione.

Il nuovo solaio viene progettato sempre in legno per non aumentare carichi eccessivi, e in particolare viene scelta una tecnologia scatolare tipo Lignatur LKE. Gli elementi LIGNATUR sono componenti in legno prefabbricati con struttura a celle, che si adattano perfettamente per l'impiego come soffitti portanti e strutture del tetto.

Gli elementi LIGNATUR soddisfano contemporaneamente diverse funzioni:

- portanti immediatamente dopo il montaggio
- estetiche
- di isolamento e assorbimento acustico ( nella versione silence)
- di isolamento termico,
- di protezione antincendio fino alla classe REI90.



Inoltre sono caratterizzati da elevata ergonomia: permettono il passaggio degli impianti nel loro intercapedine e tiranti e hanno una buona facilità di posa anche manuale.

Per la realizzazione di un piano rigido devono essere abbinati a un tavolato OSB ad orditura perpendicolare da 30 mm.

Particolare attenzione deve essere fatta per l'appoggio, per il quale va fatto anche il controllo statico, perché cambia la resistenza a seconda di come debba essere sagomato l'elemento. Dato che ogni elemento non può appoggiarsi direttamente sulla muratura perché significherebbe aprire una breccia nella muratura portante che comporterebbe un abbassamento di sezione resistente, viene utilizzato un profilo in acciaio a L. È possibile in alternativa anche l'utilizzo di una trave in legno lamellare. In presenza di scanalature sul supporto portante, la zona vicino all'angolo di scanalatura subisce una trazione perpendicolare alle fibre. Con il materiale legno, questa trazione viene registrata negativamente. Per questa ragione, con carichi superiori è necessario rafforzare le scanalature. Conformemente alle norme, finora sono state ammesse solo aste filettate incollate o lastre di legno attaccate sul legno. Il profilo a L viene calcolato come se fosse su solo due appoggi. Ad incremento di sicurezza il profilo viene ancorato ogni metro

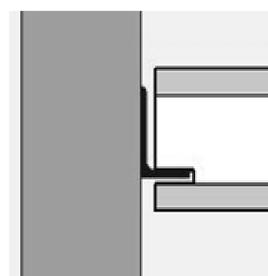


Figura 7.8 Particolare di aggancio alla muratura

alla muratura tramite delle barre filettate in acciaio inox, passanti e bloccate su un profilo esterno, in modo tale da funzionare anche da ammorsamento della muratura. Inoltre la trave viene appoggiata su montanti in legno di abete bianco 10x10, che servono anche da sostegno per i pannelli di isolante.

Tabella 7.15 Valori caratteristici del tagliato per Lke forniti dal produttore.

Caratteristiche di riferimento del tagliato			
Norma	DIN 1052 (2004)		
Classe di resistenza	CD 24		
Valori di resistenza			
Flessione	fm,k	24	N/mm <sup>2</sup>
Trazione parallela alle fibre	ft,0,k	14	N/mm <sup>2</sup>
Trazione perpendicolare alle fibre	ft,90,k	0,4	N/mm <sup>2</sup>
Pressione parallela alle fibre	fc,0,k	21	N/mm <sup>2</sup>
Pressione perpendicolare alle fibre	fc,90,k	2,5	N/mm <sup>2</sup>
Spinta	fv,k	2,7	N/mm <sup>2</sup>
Valori di rigidità			
Modulo di elasticità parallelo	E0	11000	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità ad angolo retto	E90	370	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di spinta	G	690	N/mm <sup>2</sup>
Valore di misurazione della stabilità	$f_d = f_k \cdot k_{mod} / \gamma_M$		
Valore di misurazione della resistenza di carico	$R_d = R_k \cdot k_{mod} / \gamma_M$		
	$\gamma_M$	1,3	
	Classe di utilizzo 1		
	$k_{mod}$ (mez.)	0,8	

Tabella 7.16 valori caratteristici LKE forniti dal produttore

Valori caratteristici elemento scatolare LIGNATUR (LKE)- larghezza di riferimento: 1.00 [m]								
h	massa		valori statici		resistenze limite			app
	(470 kg/m <sup>3</sup> )		A	I	Rt,x,d	Rv,z,d	Rm,y,d	Rv,z,d
m	kg/m	kg/m <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup> /m	mm <sup>4</sup> /m	kN/m	kN/m	kN*m/m	kN/m
80	7	38	80000	42.7	689	89	16	
100	9	47	100000	83.3	862	111	25	
120	7	37	77660	132.1	669	40	26	36
140	8	39	83060	199.8	716	47	32	36
160	8	42	88460	284.1	762	55	38	36
180	9	44	93860	386.0	809	62	45	36
200	9	47	99260	506.8	855	70	52	36
220	10	49	104660	647.4	902	77	59	36
240	10	52	110060	808.9	948	84	67	36
280	12	63	134000	1342.7	1154	98	96	36
320	13	68	144800	1889.7	1248	112	11	36

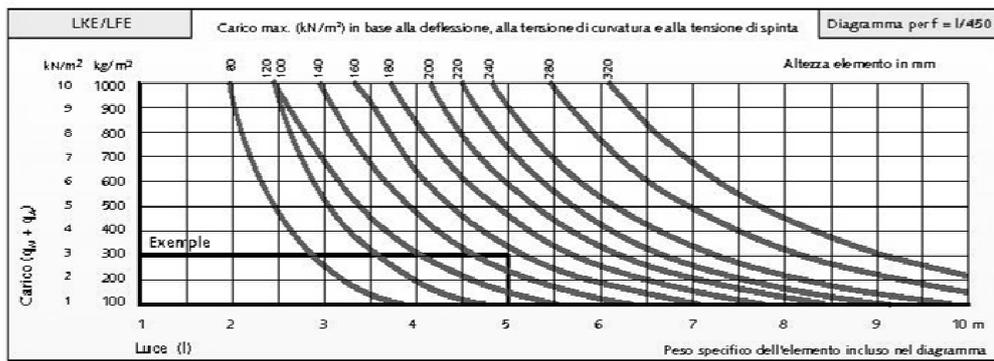


Figura 7.9 Predimensionamento Lke. grafico fornito dal produttore

Tabella 7.17 Verifica Solaio Lke

LKE		
luce solaio	4,2	m
carico per predimensinamento	2,95	kN/m <sup>2</sup>
freccia ammissibile	0,01	m
altezza elemento	140,00	mm
peso elemento	0,39	kN/m <sup>2</sup>
carico slu	4,9	kN/m <sup>2</sup>
carico per singolo elemento	1,0	kN/m
N resistente (Nx = Rt,x,d/1.5)	113,7	kN
V resistente (Vz = Rv,z,d/1.5)	7,5	kN
M resistente (My = Rm,y,d/1.5)	5,0	kN*m
V <sub>d</sub>	2,1	kN
M <sub>d</sub>	2,2	kN*m
V resistente all'appoggio	4,0	kN
verifica momento	VERIFICATO	
verifica taglio	VERIFICATO	

Tabella 7.18 Verifica profilo d'appoggio

J <sub>min</sub>	(cm <sup>4</sup> )	419,09	cm <sup>4</sup>
<b>trave angolare 100x150x12</b>			
Sezione A		33,2	cm <sup>2</sup>
peso		22,6	Kg/m
J <sub>x</sub>		744	cm <sup>4</sup>
W <sub>xel</sub>		74,1	cm <sup>3</sup>
<b>VERIFICA S.L.E</b>			
$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$		18,38	21 kN/cm <sup>2</sup>
$\tau_{max} < \tau_{adm}$		4,08	136,40 N/mm <sup>2</sup>
<b>VERIFICA S.L.U</b>			
$\sigma_{max} < f_d$		25,04	26,19 kN/cm <sup>2</sup>
<b>VERIFICA A TAGLIO S.L.U.</b>			
Vsd <= Vpl,Rd		315,23	19,98 kN

## 7.4 Ballatoio

Il ballatoio allo stato attuale appoggia su travi lignee squadrate 10X10 del tipo KVH con passo irregolare che arriva fino a 1,8 m, connesse con vincolo ad incastro nella muratura. Allo stato attuale il ballatoio non verifica le resistenze richieste dalla normativa vigente sia per le caratteristiche geometriche dell'orditura, sia per lo stato avanzato di degrado degli elementi strutturali. Si ipotizza pertanto una sua sostituzione completa. Valutiamo le soluzioni possibili:

- Travi solaio in uscita.

Questa soluzione prevede come per le nuove costruzioni di far uscire a sbalzo le travi del solaio corrispondente. In questo modo il carico del ballatoio rimane bilanciato dal carico della campata. Tuttavia non è possibile ipotizzare di far uscire le travi del solaio perché l'orditura esistente delle volte non è compatibile con questa soluzione ed inoltre non si vuole indebolire la sezione resistente della muratura con il gli eventuali scassi.

- Travi a incastro .

Secondo un rapido calcolo se si vuole mantenere la dimensione delle travi bisogna tenere un passo di 30 cm (utilizzando le resistenze della tipologia D70), o altrimenti aumentare la sezione fino a 160 mm per tenere un passo di 100 cm. Se si sceglie una qualità inferiore del tagliato poi le misure aumentano. Inoltre le travi incastrate comportano concentrazioni di sforzo all'interno della muratura, dovute, oltre che al carico verticale, al momento flettente dell'incastro.

A nostro parere questa soluzione non rispettava l'aspetto formale compositivo dei ballatoi, che danno un senso di leggerezza all'edificio. Infittire il passo o aumentare la sezione delle travi non è quindi adeguato al nostro intento

- Appoggio montanti esterni.

Dei montanti 10x10 portano il peso a terra delle travi. Le travi sono connesse a cerniera sia con il montante sia con la muratura. In questo modo i livelli di sforzi trasferiti alla muratura sono bassi ed è possibile mantenere orditura e sezione esistenti. Il sistema a telaio che si viene a formare risulta però a nodi spostabili e pertanto va controventato..

Questa soluzione seppure la meno gravosa dal punto di vista strutturale non rispetta le caratteristiche tipologiche dei ballatoi esistenti. Inoltre i montanti potrebbe interferire con il normale passaggio davanti all'edificio.

- Ballatoio appeso.

Le travi risultano in una disposizione appoggio appoggio, poco gravosa, ma il carico della mezzera esterna del solaio in questo caso rimane ancorato alle travi del tetto che lo trasferiscono successivamente come sforzo assiale alla muratura. La tipologia formale in questo modo viene a nostro parere rispettata. L'unico problema sarà la freccia delle travi a sbalzo del tetto che dovranno sopportare la forza di appensione trasferita dal ballatoio. Una variante di questa tipologia è quella di appoggiare direttamente il tavolato del ballatoio al profilo di ammorsamento della muratura che al secondo livello funziona anche da piastra di ancoraggio per le catene.

La tipologia che abbiamo scelto è quella con il ballatoio appeso. Riportiamo i dati di calcolo:

Scegliamo la categoria peggiore per il tagliato: C14

Le verifiche risultano superate per tavole in legno 100x35 mm. Se si utilizzassero i dati del tagliato della categoria D70 le verifiche sarebbero superate per spessori di 25 mm, ma dato che in questo caso le esigenze strutturali lo permettono utilizzeremo la classe più economica.

Le tavole appoggiano da un lato sul profilo angolare in acciaio 65x100x9 mm di ammorsamento della muratura e dall'altro su un profilo in legno 150x45 mm e lunghezza 80 cm che trasferisce i carichi ai tiranti. Verifichiamo il profilo in legno: si utilizza sempre un tagliato di categoria C14.

Tabella 7.19 Calcolo freccia tavolato ballatoio

freccia			
$(5/384) \cdot (p l^4 / EI)$	istantanea	a lungo termine	
slu	0,0034	0,0061	m
sle	0,0023	0,0041	m
variabile	0,0021	0,0037	m
permanente	0,0002	0,0004	m

Tabella 7.20 Verifica SLE tavolato ballatoio

verifica sle		
$I = bh^3 / 12$	3,573E-07	m <sup>4</sup>
Modulo elastico a tempo infinito $1 / (1 + K_{def}) \cdot E_{mean}$	4	kN/mm <sup>2</sup>
Kdef classe di servizio 2:	0,8	
E <sub>mean</sub>	7	KN/mm <sup>2</sup>
U in sle	0,0023	m
U <sub>2,in</sub> variabili	0,0021	m
U 1 fin	0,0002	m
u 2,fin	0,0037	m
u net,fin < L/250	0,004	m
freccia ammissibile istantanea L/300	0,003	m
freccia ammissibile lungo termine L/250	0,004	m
freccia ammissibile sle L/200	0,005	m
U <sub>2,in</sub> < L/300	<b>VERIFICATO</b>	
u net,fin < L/250	<b>VERIFICATO</b>	
u 2,fin < L/200	<b>VERIFICATO</b>	

Tabella 7.21 Verifica SLU tavolato ballatoio

verifica slu		
k <sub>mod</sub> lunga durata	0,7	
γ <sub>m</sub>	1,5	
verifica a flessione retta		
$f_{m,y,d} < \sigma_{m,y,d} =$	<b>VERIFICATO</b>	
$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_m$	6,53	N/mm <sup>2</sup>
$W_{el} = b \cdot h^2 / 6$	20416,67	mm <sup>3</sup>
$\sigma_{m,y,d} = M_d / W_{el}$	4,01	N/mm <sup>2</sup>
taglio		
$\tau_d < f_{v,d}$	<b>VERIFICATO</b>	
$\tau_d = TS / I_b = 3T / 2bh$	0,14	N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_m$	0,79	N/mm <sup>2</sup>

Tabella 7.26 Calcolo freccia principale ballatoio

freccia			
$(5/384) \cdot (p l^4 / EI)$	istantanea	a lungo termine	
slu	0,0034	0,0061	m
sle	0,0023	0,0041	m
variabile	0,0021	0,0037	m
permanente	0,0002	0,0004	m

Tabella 7.27 Verifica SLE principale ballatoio

verifica sle		
$I = bh^3 / 12$	1,1E-06	m <sup>4</sup>
Modulo elastico a tempo infinito $1 / (1 + K_{def}) \cdot E_{mean}$	3,9E+00	kN/mm <sup>2</sup>

Kdef classe di servizio 2:	8,0E-01	
E <sub>mean</sub>	7,0E+00	KN/mm <sup>2</sup>
U in sle	1,5E-03	m
U <sub>2,in</sub> variabili	1,3E-03	m
U 1 fin	1,4E-04	m
u 2,fin	2,4E-03	m
u net,fin < L/250	2,5E-03	m
freccia ammissibile istantanea L/300	2,7E-03	m
freccia ammissibile lungo termine L/250	3,2E-03	m
freccia ammissibile sle L/200	4,0E-03	m
U <sub>2,in</sub> < L/300	<b>VERIFICATO</b>	
u net,fin < L/250	<b>VERIFICATO</b>	
u 2,fin < L/200	<b>VERIFICATO</b>	

Tabella 7.22 Verifica SLU principale ballatoio

verifica slv		
$k_{mod}$ lunga durata	0,7	
$\gamma_m$	1,5	
verifica a flessione retta		
$f_{m,y,d} < \sigma_{m,y,d} =$	<b>VERIFICATO</b>	
$f_{m,y,d} = k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_m$	6,5	N/mm <sup>2</sup>
$W_{el} = b * h^2 / 6$	50625,0	mm <sup>3</sup>
$\sigma_{m,y,d} = M_d / W_{el}$	5,2	N/mm <sup>2</sup>
taglio		
$\tau_d < f_{v,d}$	<b>VERIFICATO</b>	
$\tau_d = TS / Ib = 3T / 2bh$	0,29	N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_m$	0,79	N/mm <sup>2</sup>

Si verifica ora il profilo 65x100x9 in acciaio Fe 360.

J <sub>min</sub>	(cm <sup>4</sup> )	39,54	cm <sup>4</sup>
trave angolare 65x100x9			
Sezione A		33,2	cm <sup>2</sup>
peso		22,6	Kg/m
J <sub>x</sub>		744	cm <sup>4</sup>
W <sub>x,el</sub>		74,1	cm <sup>3</sup>
verifica S.L.E			
$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$		3,14	21
$\tau_{max} < \tau_{adm}$		1,93	136,40
			kN/cm <sup>2</sup>
			N/mm <sup>2</sup>
verifica S.L.U			
$\sigma_{max} < f_d$		4,42	26,19
			kN/cm <sup>2</sup>
verifica a taglio S.L.U.			
V <sub>sd</sub> <= V <sub>pl,Rd</sub>		315,23	9,50
			kN

Si preferisce un materiale inossidabile pertanto la categoria di acciaio inox paragonabile all' fe360 è INOX AISI 304.

Ora non manca che verificare i montanti in legno. Essi dovranno sopportare la la forza di appensione. Sono 16 accoppiati a due a due e dimensioni 150x30 mm. Ogni coppia dovrà sopportare agli SLU una trazione di 5,24 KN.

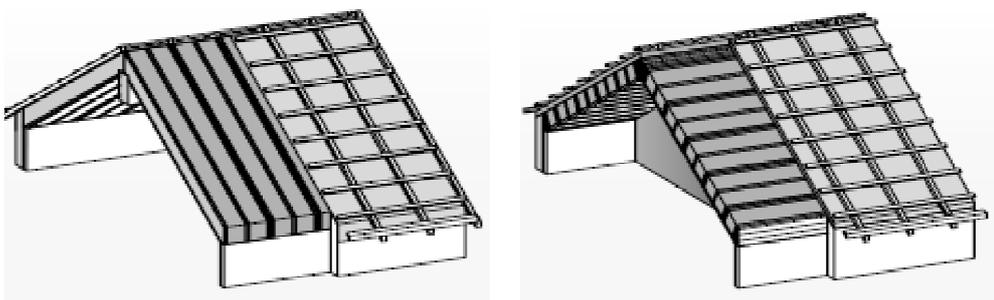
$\sigma_{t,0,d} < f_{t,0,d}$	<b>VERIFICATO</b>	
$f_{t,0,d} = k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_m$	19,60	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{t,0,d} = N/A$	1,23	N/mm <sup>2</sup>

## 7.5 Sostituzione del tetto

Come per il solaio ligneo, lo stato di conservazione scadente delle strutture del tetto ci porta alla sostituzione completa.

In linea generale è opportuno il mantenimento di tetti in legno, in quanto capaci di limitare le masse nella parte più alta dell'edificio e di garantire un'elasticità simile a quella della compagine muraria sottostante.

Vengono fatte diverse ipotesi progettuali sempre utilizzando gli elementi a guscio LKE. Gli elementi a guscio vengono tesi come travetti inclinati dalla grondaia al colmo o come arcarecci da muro con frontone a muro con frontone e, visti dal basso, presentano una certa continuità. Gli elementi a guscio sono permeabili ai gas e si adattano perfettamente alle costruzioni della copertura del tetto con ventilazione coassiale. Un giunto di caucciù butile e la guida del tetto assicurano la tenuta all'aria e al vento



» ad arcarecci

In linea generale si sono ipotizzate 4 soluzioni per la struttura del tetto:

- a. LKE arcarecci: una struttura ad arcarecci continui con elementi a guscio senza trave di colmo
- b. LKE puntoni: una struttura a puntoni continui con elementi a guscio con trave di colmo
- c. Orditura classica: una struttura a puntoni in legno massello senza trave di colmo
- d. Soluzione mista: una struttura a puntoni continui con elementi a guscio intervallati da travi in legno massello a cui appendere il carico del ballatoio con trave di colmo

### a. LKE arcarecci

Si dispongono in maniera continua gli elementi a guscio LKE 20x24 in posizione parallela alla linea di colmo realizzando una struttura portante continua. I carichi del tetto sono scaricati sui maschi con frontone Ms1 e MS4 e MS7.

Questa tipologia ha il pregio di non portare spinta orizzontale sulle murature. Ma non è possibile appendere il ballatoio.

Tabella 7.23 Verifica arcarecci LKE

LKE-arcarecci		
luce	6,5	m
carico per predimensionamento	3,61	kN/m <sup>2</sup>
freccia ammissibile	0,015	m
altezza elemento	240	mm
peso elemento	0,52	kN/m <sup>2</sup>
carico slu	5,8	kN/m <sup>2</sup>
carico per singolo elemento	1,2	kN/m
N resistente (Nx = Rt,x,d/1.5)	97,2	kN
V resistente (Vz = Rv,z,d/1.5)	8,6	kN
M resistente (My = Rm,y,d/1.5)	6,8	kN*m
V <sub>d</sub>	3,8	kN
M <sub>d</sub>	6,2	kN*m
V resistente all'appoggio	3,7	kN
verifica momento	<b>VERIFICATO</b>	
verifica taglio	<b>VERIFICATO</b>	

### b. LKE puntoni

Come nel caso precedente si dispongono in maniera continua gli elementi a guscio LKE 20x12 cm, ma in direzione opposta, ovvero perpendicolarmente alla linea di colmo appoggiando gli elementi sulla muratura e sulla trave di colmo.

In questo caso la sezione portante è verificata per misure inferiori ma scarica forze spingenti sulla muratura, Ms2, Ms3, Ms5.

Inoltre non è possibile appendere il ballatoio perché anche per la massima sezione le verifiche non sarebbero superate. Senza l'azione trasferita del ballatoio gli elementi sono verificati per una sezione di 120 mm

Tabella 7.24 Verifica puntoni LKE

LKE-arcarecci		
luce	2,35	m
carico per predimensionamento	3,50	kN/m <sup>2</sup>
freccia ammissibile	0,00522	m
altezza elemento	120	mm
peso elemento	0,37	kN/m <sup>2</sup>
carico slu	5,7	kN/m <sup>2</sup>
carico per singolo elemento	1,1	kN/m
N resistente (Nx = Rt,x,d/1.5)	189,8	kN
V resistente (Vz = Rv,z,d/1.5)	11,3	kN
M resistente (My = Rm,y,d/1.5)	7,3	kN*m
V <sub>d</sub>	1,3	kN
M <sub>d</sub>	0,8	kN*m
V resistente all'appoggio	10,1	kN
verifica momento	<b>VERIFICATO</b>	
verifica taglio	<b>VERIFICATO</b>	

### c. Orditura classica

In questo caso si ipotizza un orditura classica con travi puntoni in legno massello. I puntoni appoggiano sulla muratura esterna e sono incernierati insieme sulla linea di colmo. In questo modo è possibile appendere il solaio sullo sbalzo delle travi. La rotazione che la forza di appensione tende a far fare alle travi della falda ovest viene bilanciata dalla rotazione opposta delle travi della falda est. La soluzione permette di appendere il balcone, ma si hanno elevati spessori per la stratigrafia e forti sollecitazioni di spinta e carico sui maschi murari.

Nella scheda 7.10 si riportano le verifiche per due casistiche:

- T1: senza carico ballatoio e senza trave di colmo.

Le verifiche sono superate per travi 16X20 cm classe D70 ed interasse 160 cm.

- T2: con carico ballatoio e senza trave di colmo

Le verifiche sono superate per travi 20X27 cm classe D70 ed interasse 80 cm.

#### d. Soluzione mista

Si dispongono gli elementi a guscio LKE come nella soluzione 2, ma vengono intervallati da delle travi in legno massello 20x27 cm, ogni tre sul lato ovest, ogni 7 sul lato est. Entrambi gli elementi si appoggiano sui maschi murari paralleli alla linea di colmo e alla trave di colmo. La connessione delle travi su quella di colmo deve essere a cerniera per escluderne il ribaltamento.

In questo modo alle travi si può appendere il ballatoio, si ha comunque una struttura continua all'interno, e la spinta rimane inferiore rispetto al caso precedente. Per limitare gli effetti delle spinte si potrebbero prevedere delle catene a livello dell'appoggio delle travi del tetto. Il sistema viene comunque verificato in condizione sismica anche senza catene.

Nella scheda 7.10 si riportano le verifiche per due casistiche:

- T3: con carico ballatoio con trave di colmo, falda ovest.

Le verifiche sono superate per superate per travi 16X20 cm classe D70 ed interasse 160 cm.

- T2: senza carico ballatoio con trave di colmo, falda est.

Le verifiche sono superate per travi 20X21 cm classe D70 ed interasse 160 cm.

La soluzione che si sceglie è la soluzione mista. Con gli elemento LKE intervallati da travi in legno massello 20X27 cm D70 ogni 80 cm per la falda ovest e ogni 160 cm per la falda est. Alle travi della falda ovest è ancorato il ballatoio. Le travi sono ancorate con vincolo a cerniera sulla trave di colmo.

La trave di colmo 30x30 cm classe D70, la cui verifica è riportata nella scheda 7.10, scarica il peso sulla muratura attraverso un puntone di legno a cui è vincolata con vincolo a cerniera. Il puntone è verificato 20x30x160 cm classe D70. Il puntone è vincolato con la muratura con vincolo ad incastro. Il puntone trasmette alla muratura anche il carico del tetto della scala.

Si riporta la verifica.

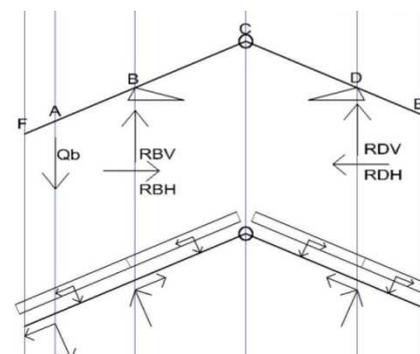


Figura 7.11 Schema tipologia tetto con travi puntone incerniate.

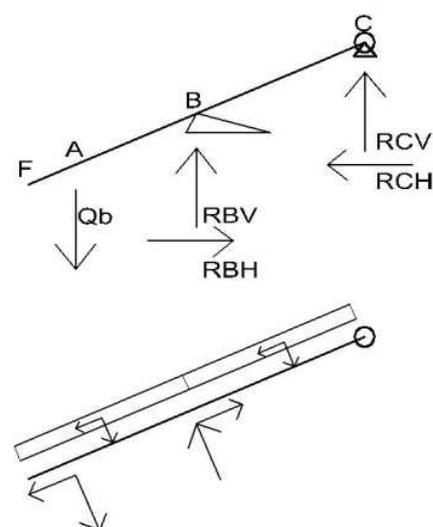


Figura 7.12 Schema tipologia tetto con travi puntone incerniate sulla trave di colmo.

Tabella 7.25 Verifica dei puntoni della trave di colmo

slu		
<b>trazione parallela alle fibre</b>		
$\sigma_{t,0,d} < f_{t,0,d}$	<b>VERIFICATO</b>	
$\sigma_{t,0,d}$	0,06	N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d} = k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_m$	19,60	N/mm <sup>2</sup>
$k_{mod}$ lunga durata	0,70	
$\gamma_m$	1,50	
<b>compressione</b>		
$\lambda_{rel,c} < 0,3$	<b>VERIFICATO</b>	
$\lambda_{rel,c} = \lambda / \pi * \text{radq}(f_{c,0,k} / E_{0,05})$	0,26	
$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d}$	<b>VERIFICATO</b>	
$\sigma_{c,0,d} = N_{max} / A$	0,26	N/mm <sup>1</sup>
$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,k} / \gamma_m$	15,87	N/mm <sup>2</sup>
<b>verifica di instabilità</b>		
<b>compressione semplice</b>		
$\sigma_{c,0,d} / (k_{crit,c} * f_{c,0,d}) < 1$	<b>VERIFICATO</b>	
$k_{crit,c} = 1 / k + \text{radq}(k^2 - \lambda_{rel,c}^2)$	1,01	
$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2)$	0,53	
	0,02	

## 7.6 Sopraelevazione

Dato che si è previsto di sostituire il tetto è pensabile alzare l'altezza utile con elementi in legno portanti del tipo X-lam. In questo modo non si appesantisce il carico della muratura perché il pannello è molto leggero, possono essere connesse alla muratura tramite la trave di coronamento, permettono un collegamento efficace con le travi del tetto dato che può essere presagomata con macchine a controllo numerico.

Il pannello utilizzato è del tipo BBS.

Il BBS è un elemento componibile a piè d'opera con mezzi di connessione meccanici: piastre metalliche, chiodi ad aderenza migliorata e viti autoforanti. L'impiego di pannelli a dimensione contenuta facilita le operazioni di movimentazione e montaggio e, grazie all'inserimento di un alto numero di connessioni metalliche incrementa la sua duttilità.

Tabella 7.26 Dati tecnici pannello portante BBS

dati natura relativo a un pannello di larghezza 1 m							
spessore	strati	struttura	A netto	I netto	W netto	i netto	Aq(taglio)
mm		mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>2</sup>
75	3	20-35-20	400	3158	842	2,81	750
90	3	27-36-27	540	5686	1264	3,25	900
98	3	36-26-36	720	7697	1571	3,27	980
114	3	36-42-36	720	11729	2058	4,04	1140
125	3	41-43-41	820	15613	2498	4,36	1250
98	5	20-18-22-18-20	620	6306	1287	3,19	980
114	5	20-26-22-26-20	620	9058	1589	3,82	1140
146	5	41-21-22-21-41	1040	23839	3266	4,79	1460
161	5	41-18-43-18-41	1250	31331	3892	5,01	1310
177	5	41-26-43-26-41	1250	39728	4489	5,64	1770
195	5	41-35-43-26-41	1250	50429	5172	6,35	1950
209	5	41-42-43-42-41	1250	59670	5710	6,91	2090
230	7	41-21-43-20-43-21-41	1680	84235	7325	7,08	2300
245	7	41-26-43-25-43-26-41	1680	97728	7978	7,63	2450
272	7	41-35-43-34-43-35-41	1680	124611	9163	8,61	2720
293	7	41-42-43-41-43-42-41	1680	147827	10091	9,38	2930
334	7	61-42-43-42-43-42-61	2080	247955	14848	10,92	3340

Il pannello inoltre viene presagomato per l'inserimento di finestre. La verifica viene effettuata considerando come sezioni resistenti solo le parti tra le finestre.

Spessore pannello di progetto: 125 mm

Sezione resistente sotto la trave del tetto: 12,5x25 cm

Tabella 7.27 Caratteristiche meccaniche del pannello

materiale	relativo a:		
$f_{m,k}$	18	N/mm <sup>2</sup>	sezione netta
$f_{t,0,k}$	9,8	N/mm <sup>2</sup>	sezione netta
$f_{c,0,k}$	21	N/mm <sup>2</sup>	sezione netta
$f_{c,90,k}$	2,5	N/mm <sup>2</sup>	Superficie
$f_{r,k}$	0,7	N/mm <sup>3</sup>	sezione totale
$E_{0,mean}$	11	KN/mm <sup>2</sup>	sezione netta
$E_{0,05}$	9,4	KN/mm <sup>2</sup>	sezione netta
$G_{mean}$	0,06	KN/mm <sup>2</sup>	sezione totale
$\rho_k$	8	KN/mm <sup>2</sup>	sezione totale
$G_{0,05}$	0,051273	KN/mm <sup>2</sup>	sezione totale

Tabella 7.28 Verifica a SLU sezione resistente BBS

Compressione (pilastro)		
$\lambda_{rel,c} < 0,3$	<b>VERIFICATO</b>	
$\lambda_{rel,c} = \lambda/\pi * \text{radq}(f_{c,0,k}/E_{0,05})$	0,22	
$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d}$	<b>VERIFICATO</b>	
$\sigma_{c,0,d} = N_{max}/A$	4,82	N/mm <sup>1</sup>
$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,k}/\gamma_m$	9,80	N/mm <sup>2</sup>
verifica di instabilità (pilastro)		
compressione semplice		
$\sigma_{c,0,d}/(k_{crit,c} * f_{c,0,d}) < 1$	<b>VERIFICATO</b>	
$k_{crit,c} = 1 / (k + \text{radq}(k^2 - \lambda_{rel,c}^2))$	1,02	
$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2)$	0,52	
	0,48	

## 7.7 Le connessioni meccaniche

Le connessioni utilizzate sono unioni meccaniche nelle quali la trasmissione degli sforzi avviene attraverso l'inserimento di elementi metallici a gambo cilindrico tipo chiodi, bulloni, perni, viti e cambre, o di superficie tipo caviglie, anelli, piastre dentate. In taluni casi si possono prevedere anche unioni di tipo legno-legno ad incastro o con l'inserimento di elementi di legno duro di interconnessione (biette). A seconda del tipo di connessione richiesta dallo schema strutturale ci si orienterà sulla tipologia di unione.

Le modalità di trasmissione delle sollecitazioni, e quindi anche le modalità di rottura, si differenziano notevolmente tra le diverse tecnologie: a tali differenti comportamenti a rottura si dovranno quindi adeguare anche le modalità di calcolo. Nel caso di elementi metallici sul legno, ed allo snervamento del gambo di acciaio del connettore.

La resistenza al rifollamento dipende dalle proprietà meccaniche del materiale legno e da altri fattori come la dimensione del foro, la presenza o meno di preforatura, l'angolo tra la direzione della forza e la direzione della fibratura.

Nella pratica costruttiva, per collegare tra loro elementi che fanno ricorso a un certo numero di elementi metallici singoli e/o piastre metalliche. Per quanto riguarda la scelta del collegamento, essa dovrà essere fatta in primo luogo in funzione delle caratteristiche statiche e cinematiche per cui è progettato.

Per realizzare unioni flessibili a cerniera fra le travi secondarie e la principale, come nel caso delle travi del tetto con la trave di colmo vengono utilizzati lamierini metallici sagomato a freddo con spessore da 2 a 4 mm, dotato di fori per l'inserimento di chiodi, viti, bulloni o spinotti. Tali collegamenti sono in grado di garantire la trasmissione degli sforzi sia in direzione orizzontale che verticale. Risulta difficile almeno se si cerca un ragionevole compromesso tra esigenze teoriche e economiche, realizzare unioni che lascino le rotazioni relative delle sezioni estreme completamente libere. Tuttavia bisognerà concepire l'unione in modo che tali rotazioni relative possano avvenire senza l'instaurarsi di momenti parassiti, di cui non si tiene conto in fase di progetto, che potrebbero causare danneggiamento spesso in forma di fessurazioni, delle estremità.

Per la connessione a cerniera delle travi del tetto con la trave di colmo l'ancoraggio dovrà sopportare un azione di 7 KN a SLU. Si sceglie una giunzione come quella riportata in figura 10 con una piastra di ancoraggio di altezza 160x6 mm.

Allo stesso modo la trave di colmo sarà ancorata al puntone. In tal caso la piastra è verificata per un'altezza di 240x6 mm

Gli spinotti saranno in acciaio zincato fe 360 di lunghezza 50 mm Ø 12mm.

Le connessioni con vincolo ad incastro sono realizzate con piastre forate 100x500x2.

## 8 Progetto impiantistico

In una strategia di recupero sostenibile il progetto impiantistico ricopre una parte fondamentale perché è il meccanismo che fa funzionare l'edificio.

In una analisi LCA quando si va ad analizzare la fase d'uso di un edificio gli impatti ambientali e il consumo di energia dipendono, oltre che dalle qualità prestazionali dei materiali e dei dettagli costruttivi, dalla macchina impiantistica. Più il meccanismo è efficiente e capace di sfruttare le risorse ambientali rinnovabili che il sito gli offre più l'edificio consumerà meno energia grigia e produrrà meno inquinamento nell'arco della sua vita.

Inoltre un progetto efficiente è capace di integrarsi con l'edificio, integrandolo e valorizzandolo. Un esempio può essere il mulino ad acqua di una volta dove veniva sfruttata la risorsa idrica attraverso una grande ruota che trasmetteva così energia meccanica. La grande ruota era un abbellimento e si inseriva perfettamente nel contesto dell'edificio.

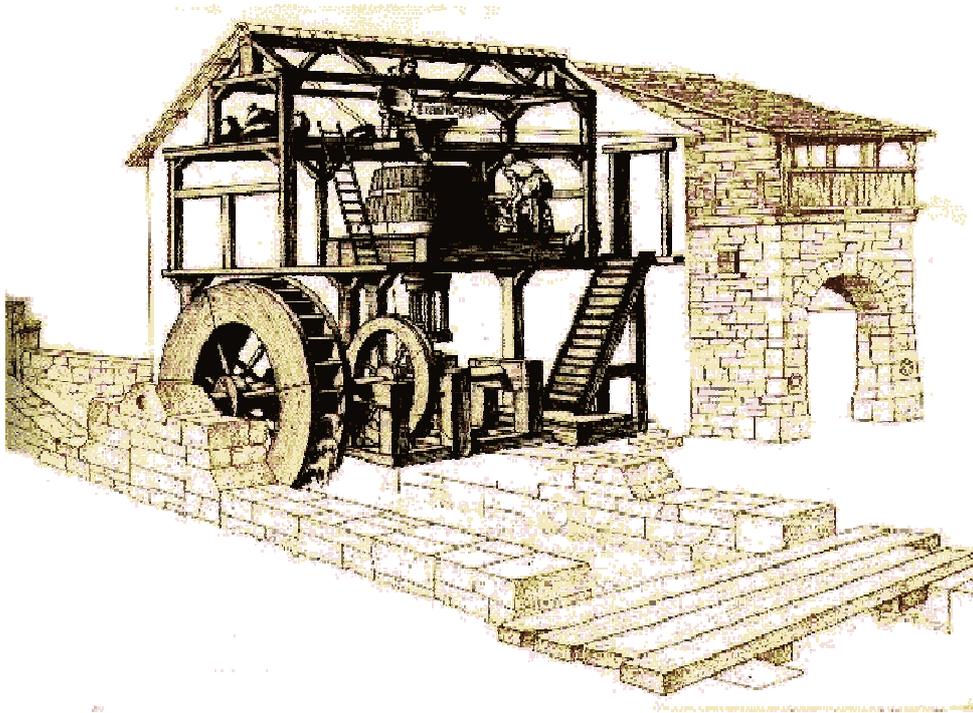


Figura 8.1 Il mulino: esempio efficiente del rapporto edificio-macchina

Lo studio degli impianti si è svolto secondo i seguenti punti:

- Analisi dei possibili sistemi di sfruttamento delle risorse rinnovabili.
- Analisi e schema di un possibile impianto efficiente
- Calcolo e dimensionamento su edificio 16 ed edificio 17.

## 8.1 Analisi dello sfruttamento delle risorse rinnovabili



Le risorse rinnovabili, sia di materia sia di energia, sono risorse che, per caratteristiche naturali o per effetto della coltivazione dell'uomo, si rinnovano nel tempo e risultano, quindi, disponibili per la sopravvivenza umana pressoché indefinitamente. Per quanto attiene alle risorse "coltivabili", quali foreste, pascoli e generalmente, suolo agricolo il mantenimento delle caratteristiche di rinnovabilità dipende dall'abilità e dall'attenzione del coltivatore. Per quanto riguarda l'energia, si considerano risorse rinnovabili: l'irraggiamento solare, il vento, le maree e le correnti marine in genere, i salti d'acqua, ma anche le biomasse. In senso lato, si possono considerare "fonti" rinnovabili anche i "pozzi" termici utilizzabili per il raffrescamento passivo degli edifici: aria (se a temperatura inferiore a quella dell'ambiente da raffrescare - raffrescamento microclimatico); terreno (raffrescamento geotermico); acqua nebulizzata (raffrescamento evaporativo); cielo notturno (raffrescamento radiativo). Una risorsa rinnovabile si dice anche "sostenibile", se il tasso di riproduzione della medesima è uguale o superiore a quello di utilizzo. Tale concetto implica la necessità di un uso razionale delle risorse rinnovabili ed è particolarmente importante per quelle risorse - quali, ad esempio, le forestali - per le quali la disponibilità non è indefinita, rispetto ai tempi d'evoluzione della civiltà umana sulla terra, quali invece, ad esempio, le fonti solari o eoliche. Le risorse rinnovabili presentano numerosi vantaggi, di cui i maggiori sono senza dubbio l'assenza di emissioni inquinanti durante il loro utilizzo (per questo sono dette "fonti pulite") e la loro inesauribilità. L'utilizzo di queste fonti non ne pregiudica la disponibilità nel futuro e sono preziosissime risorse per creare energia riducendo al minimo l'impatto ambientale. In questo modo si tutela la natura nel rispetto delle prossime generazioni e, oltretutto, si limitano i costi di produzione e distribuzione di energia.

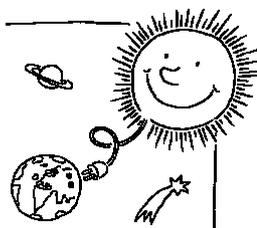
Le risorse rinnovabili che il sito ci permette di sfruttare sono essenzialmente l'energia idroelettrica, l'energia solare, la biomassa e in alcuni casi l'energia geotermica.

L'energia idroelettrica disponibile deriva dal torrente Galavesa e viene sfruttata dalla centrale idroelettrica per la produzione di energia elettrica. Dello sfruttamento di questa risorsa ne abbiamo parlato già precedentemente.

L'energia solare, disponibile in maniera inesauribile, è possibile sfruttarla sia con pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica sia con pannelli solari per la produzione di energia termica. Entrambi possono essere integrati nelle strutture degli edifici. L'unico fattore che ne limita lo sfruttamento, soprattutto d'inverno è la posizione del sito, un po' incassata in una valle: i limiti di zenith sono i  $70^\circ$  a sud e a est e  $80^\circ$  a ovest, mentre per l'azimuth il limite sono i  $280^\circ$ . Considerando la posizione geografica del sito di coordinate  $45.49^\circ$  Nord e  $9.27^\circ$  Est e i limiti predetti si possono calcolare le durate di possibile sfruttamento dell'energia solare. La disponibilità viene ridotta quindi di circa il 25 % fino a raggiungere il 50% d'inverno. La riduzione non è tale a nostro avviso da precluderne lo sfruttamento. Ovviamente dovrà essere valutato in maniera più approfondito caso per caso.

Con l'intento di sfruttare ogni risorsa disponibile per rendere il villaggio di Nesolio autosufficiente energeticamente si cercherà di sfruttare le coperture rivolte a sud per posizionare il fotovoltaico e quelle rivolte a ovest per il solare termico. A est

*Sfruttamento  
dell'energia solare a  
Nesolio*



*Analisi delle ombre  
Scheda 8.01*

non risulta conveniente perché soprattutto d'inverno il sole arriva ad irraggiare le superfici solo per poche ore.

Tabella 8.1 Studio delle ore disponibili di sole e inclinazione

data	alba	effettivo	tramonto	effettivo	ore disponibili	elevazione ore 13
21.03	06.30	08.30	18.30	17.30	9/12	45°
21.06	04.30	06.50	20.15	18.00	11.30/15,30	67°
21.09	06.00	08.10	18.28	17.30	9,20/12,30	45°
21.12	08.00	11.30	16.40	15,15	3,45/8,40	20.5°

Tabella 8.2 Dati radiazione globale media in kWh/m<sup>2</sup> del sito, fonte Enea

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1,361	2,139	3,639	4,639	5,5	6,111	6,139	5,222	3,861	2,639	1,583	1,167

La biomassa sfruttata invece deriva dalla pulizia del bosco circostante il sito ed è possibile attraverso termocamini che producono energia termica e vengono connessi alla rete impiantistica. Ai sensi della legislazione comunitaria sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, con il termine " biomassa" deve intendersi "la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura, dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani" L'utilizzazione delle biomasse per fini energetici non contribuisce ad aggravare il fenomeno in atto dell'effetto serra, poiché la quantità dell'anidride carbonica rilasciata durante la decomposizione, sia che essa avvenga naturalmente sia che avvenga a seguito di processi di conversione energetica (anche se attraverso la combustione), è equivalente a quella assorbita durante la crescita della biomassa stessa. Quindi, se le biomasse bruciate sono rimpiazzate con nuove biomasse, non vi è alcun contributo netto all'aumento del livello di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Questo avviene tutte le volte che si utilizzano residui, ovvero che si proceda a produrre appositamente la biomassa (es. colture energetiche), cioè ad estrarre materiale legnoso dai boschi secondo criteri adeguati (es. potature, estrazione di materiale legnoso in eccesso per riduzione del rischio di autoincendi, altre tecniche di esbosco per protezione antincendio, etc.).

*La biomassa*

La geotermia può essere sfruttata nel caso di impianti orizzontali. Non è possibile sfruttare l'acqua di falda perché il terreno è roccioso, e neppure la sorgente presente a nord-est dell'abitato perché troppo distante e, a nostro parere, troppo impattante un suo sfruttamento dal punto di vista ambientale. È possibile sfruttare però la temperatura del terreno al di sotto di ipotetiche serre poste a ovest o a nord del borgo nei terrazzamenti già esistenti. Ciò permetterebbe di avere delle temperature che non scendono mai sotto lo zero anche d'inverno. Tuttavia questa soluzione non potrà essere applicata a tutti gli edifici, ma solo quelli ai bordi del nucleo vicino ai terrazzamenti.

*La geotermia*

L'eolico non viene considerato per l'alto impatto paesaggistico e ambientale e per la poca disponibilità della risorsa.

Approfondiamo a questo punto il funzionamento di questi impianti, in modo tale da dimensionarli correttamente.

### 8.1.1 Impianto solare termico

In linea generale un impianto solare termico converte in calore l'energia solare attraverso il collettore solare. Un impianto è formato da un collettore solare, connesso attraverso un circuito con un serbatoio. La radiazione solare attraversa la copertura trasparente e giunge alla piastra assorbente. Quest'ultima trasmette calore sia all'acqua (energia utile) che all'ambiente esterno (perdite). Un collettore ben progettato massimizza l'assorbimento della radiazione incidente, mediante il trattamento della piastra con apposite vernici selettive, e riduce le perdite, realizzando un "effetto serra" all'interno dell'intercapedine del collettore stesso ed isolando le superfici laterali ed inferiore. Il fluido scaldante è generalmente acqua oppure una miscela di acqua e sostanza antigelo. Il calore viene quindi trasportato al serbatoio di accumulo e ceduto all'acqua sanitaria mediante uno scambiatore di calore. Attualmente la quasi totalità degli impianti esistenti realizzano un circuito chiuso, nel quale il fluido (glicole) scorre isolato, cedendo il calore destinato all'utenza attraverso uno scambiatore (serpentina).

*Le tipologie di collettore solare esistenti sul mercato*

Sul mercato esistono diverse tipologie di collettori :

- collettore solare vetrato
- collettore solare non vetrato
- collettore sottovuoto
  
- Il collettore solare vetrato piano, caratterizzato dalla presenza di un'intercapedine tra una superficie trasparente e una piastra assorbente, è di gran lunga il più utilizzato per riscaldare l'acqua a temperature medie di utilizzo comprese tra 45 - 65 C°.
- I collettori non vetrati scoperti, semplicemente realizzati con tubi in materiale plastico, sono molto economici, ma forniscono prestazioni accettabili solo se utilizzati durante la stagione estiva.
- I collettori sottovuoto, sono realizzati eliminando l'aria nell'intercapedine. In tal modo si riducono le perdite ed è possibile lavorare in ambiente più freddo e con temperature del fluido riscaldato più elevate (70 – 80 C°). Essi raggiungono un'alta efficienza, pagata con un maggior costo del componente.

*Le applicazioni*

Le applicazioni di sistemi solari termici in ambito civile sono:

- produzione di acqua calda sanitaria (ACS) ad uso domestico e nel terziario (alberghi, palestre, uffici...)
- riscaldamento piscine (coperte e scoperte)
- riscaldamento degli ambienti in inverno

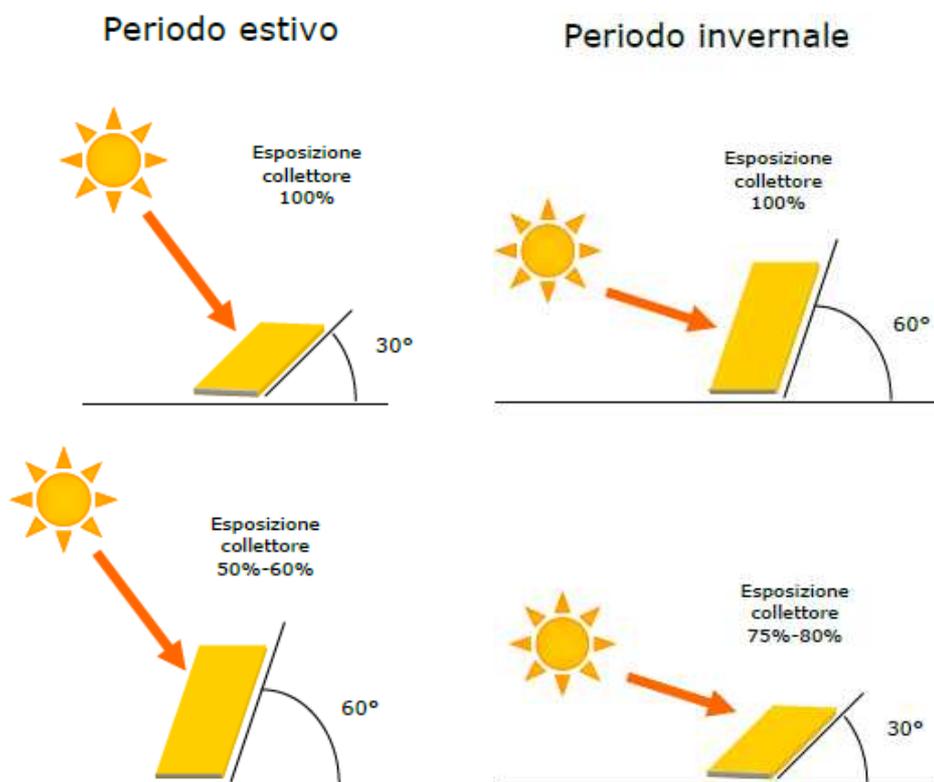
La produzione di acqua calda sanitaria tramite collettori vetrati piani è senza dubbio l'applicazione più comune e diffusa: normalmente, con l'energia solare si riesce a coprire circa il 60 - 80% del fabbisogno domestico annuo.

L'impiego di collettori non vetrati scoperti è particolarmente indicato per gli impianti utilizzati soprattutto d'estate, come le piscine scoperte (il 70 - 90% del fabbisogno termico può essere fornito dal sole).

Interessanti risultati si ottengono con il riscaldamento degli ambienti, soprattutto in zone con un esteso periodo di utilizzo del riscaldamento e in edifici con buone caratteristiche d'isolamento termico. In ogni caso, a causa dello sfasamento tra disponibilità del sole e periodo della richiesta, non è conveniente spingersi oltre il 25 - 35% di copertura del fabbisogno termico.

I collettori solari possono essere collocati su qualsiasi pertinenza dell'immobile di proprietà dell'utente. La decisione in merito alla fattibilità tecnica si basa sull'esistenza nel sito d'installazione dei seguenti requisiti, che dovranno essere verificati dal progettista in sede di sopralluogo:

- disponibilità dello spazio necessario per installare i pannelli;
- corretta esposizione ed inclinazione della suddetta superficie.



L'inclinazione di un collettore solare rispetto al piano orizzontale (e quindi rispetto al sole) è un fattore molto importante. La quantità dei raggi solari che un collettore solare può catturare è massima quando il collettore è posto ortogonalmente ai raggi solari (in questo caso i raggi formano un angolo retto con il collettore).

Massimizzare i raggi solari significa massimizzare l'energia catturata dal collettore, in estate per esempio i raggi solari sono vicini alla verticale, i collettori solari andrebbero posizionati quasi orizzontalmente.

In inverno invece i raggi solari sono molto bassi (appena sopra l'orizzonte) per massimizzare l'energia catturata è conveniente installare i collettori solari quasi verticalmente.

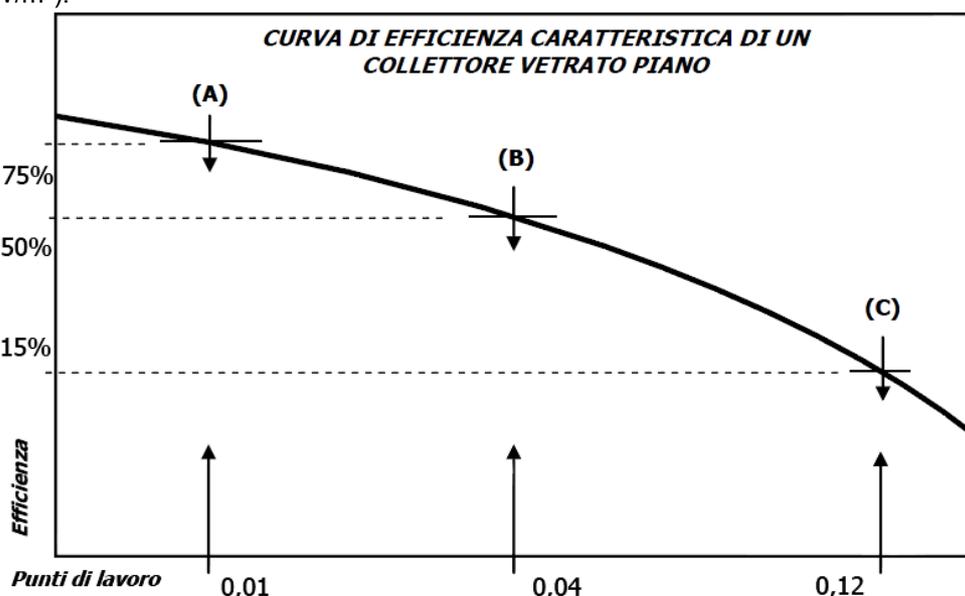
In figura sono rappresentate le situazioni di esposizione dei collettori in base all'inclinazione dei collettori stessi ed in base alla stagione, il valore in percentuale indica approssimativamente il valore di energia catturato dal collettore solare.

Le condizioni ottimali per l'Italia sono:

- esposizione SUD (accettata anche SUD-EST, SUD-OVEST, con limitata perdita di produzione);
- in caso di carico costante durante l'anno, inclinazione pari alla latitudine del luogo +/- 5°;
- in caso di carico prevalentemente estivo, inclinazione pari alla latitudine del luogo diminuita di 10 – 15°;
- in caso di carico prevalentemente invernale, inclinazione pari alla latitudine del luogo aumentata di 10 – 15°.
- assenza di ostacoli che creino ombreggiamento.

L'efficienza di un  
pannello solare  
termico

I dati di efficienza di un collettore solare sono normalmente rappresentati su una curva che caratterizza il collettore stesso. Ogni collettore solare possiede una sua curva di efficienza che ne definisce le caratteristiche di prestazione in modo univoco. In figura è mostrata una curva di efficienza tipica di un collettore solare vetrato piano, i valori in percentuale indicano l'efficienza di conversione dell'energia solare in energia termica. I valori numerici sotto il grafico indicano le condizioni di funzionamento del collettore solare in funzione della temperatura ambiente, della temperatura del collettore e dell'irraggiamento tipico di una giornata assolata ( $800 \text{ W/m}^2$ ).



Sono stati evidenziati tre casi di funzionamento.

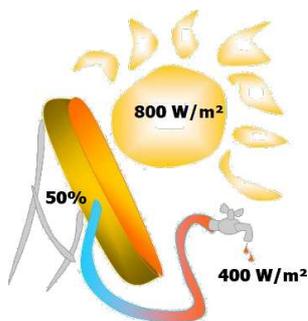
Nel punto (A) il collettore solare possiede un'efficienza del 75%, questo valore è ottenibile solo se la temperatura del collettore vale rispettivamente 8, 16 e 24 °C, alla temperatura ambiente di 0, 8 e 16 °C.

Nel punto (B) il collettore solare possiede un'efficienza del 50%, questo valore è ottenibile solo se la temperatura del collettore vale rispettivamente 32, 48 e 56 °C, alla temperatura ambiente di 0, 16 e 24 °C.

Nel punto (C) il collettore solare possiede un'efficienza del 15%, questo valore è ottenibile solo se la temperatura del collettore vale rispettivamente 96, 106 e 126 °C, alla temperatura ambiente di 0, 10 e 20 °C.

Durante il funzionamento di un impianto solare, cambiano le condizioni di funzionamento (es. l'acqua si scalda, il sole diventa meno intenso ecc. ecc.) Le variazioni delle condizioni modificano l'efficienza del collettore solare, normalmente l'efficienza operativa di un collettore solare è vicina al punto (B), e cioè vicina al 50%. Questo valore può essere utilizzato sia per una progettazione di massima.

In molti bandi regionali il valore di efficienza puntuale (B) valore che si trova interrogando la curva nel punto 0,04 è un parametro per la partecipazione/dimensionamento degli impianti solari termici.



#### Le configurazioni d'impianto

Gli impianti di solare termico sono costituiti oltre che dal collettore anche da un accumulatore. Si possono distinguere due categorie:

- "Monoblocco" (*Factory Made*) ossia impianti tipo "prodotto" cioè impianti collettore - accumulatore, impianti monoblocco a circolazione naturale, impianti kit a circolazione forzata;
- "Costruiti in loco" (*Custom Built*) sistemi a circolazione forzata assemblati in loco con componenti anche forniti da diversi produttori.

La configurazione d'impianto fino a ora più utilizzata in Italia è stata quella a circolazione naturale o a "termosifone", nella quale un serbatoio di accumulo, dotato al suo interno di scambiatore, viene posto al di sopra del collettore stesso. La circolazione del fluido è garantita dalla differenza di pressione tra il ramo freddo

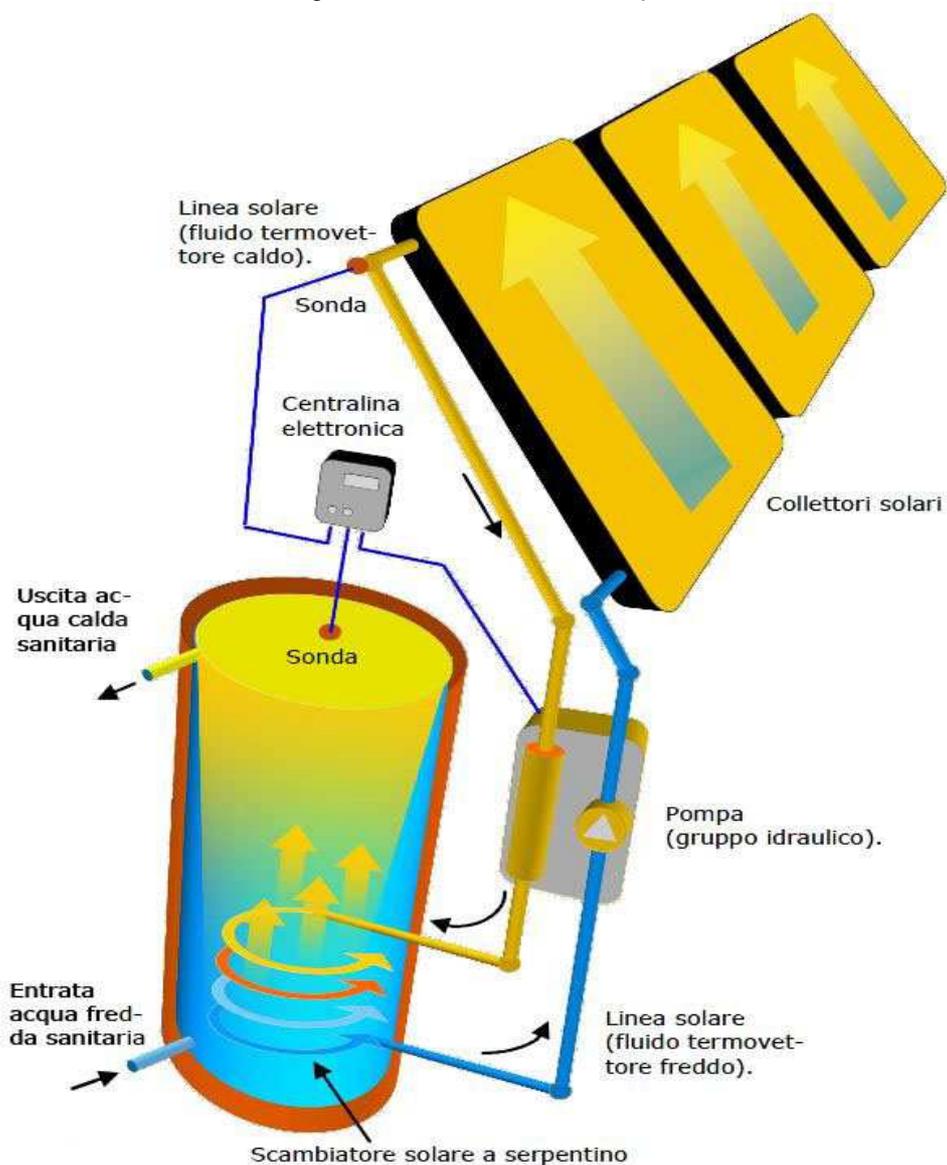


Figura 8.3 Schema dell'impianto solare termico

e quello caldo del circuito chiuso. E' una soluzione impiantistica, interamente installata in esterno, semplice, compatta ed economica, adatta per piccoli impianti situati in località con caratteristiche climatiche miti o per un utilizzo prevalentemente estivo. Per impianti di taglia medio-grande e in previsione di un utilizzo durante tutto l'anno, è senz'altro da preferire lo schema a circolazione forzata con pompa di ricircolo del fluido, che permette di svincolare completamente il posizionamento dei collettori e del sistema di accumulo.

Nei sistemi a circolazione forzata tipicamente i collettori solari vengono collegati tra loro in parallelo a formare banchi di collettori. Più banchi di collettori solari vengono connessi in sistemi serie-parallelo. Il circuito primario dell'impianto è costituito dall'insieme dei collettori solari collegati in serie/parallelo al fine di ottenere il riscaldamento del fluido termovettore secondo temperature e portate prefissate, e l'insieme dei dispositivi atti al trasferimento del calore raccolto dai collettori allo scambiatore di calore che rappresenta l'interfaccia tra circuito primario e secondario. Nei sistemi a circolazione forzata il circuito primario è costituito da un dispositivo dedicato alla circolazione del fluido (pompa di circolazione), dispositivi di controllo del funzionamento dell'impianto, organi di sicurezza (vaso di espansione, valvole di sicurezza, valvole di sfogo aria, valvole di non ritorno), lo scambiatore di calore che cede l'energia termica raccolta dal circuito primario al circuito secondario con una configurazione diversa a seconda del tipo di utilizzo dell'energia termica raccolta.

Naturalmente un sistema energetico, basato su una fonte rinnovabile aleatoria e non costante nel tempo come il sole, necessita di un sistema integrativo di tipo convenzionale per garantire la continuità nella produzione del calore.

A tal fine possono essere integrati nell'impianto i sistemi tradizionali di produzione calore, quali:

- resistenze elettriche, installate direttamente nel boiler;
- caldaie istantanee a gas che riscaldano l'acqua in uscita dal Boiler;
- caldaie tradizionali che tengono in temperatura l'acqua nel serbatoio mediante uno scambiatore di calore posto nella parte superiore del serbatoio.
- Pompa di calore

In definitiva, un impianto, oltre ai collettori, comprende:

- un serbatoio di accumulo;
- uno o più scambiatori di calore;
- una pompa di ricircolo e relativa centralina di comando (se l'impianto non è a circolazione naturale);
- un sistema integrativo del calore di tipo tradizionale (gas, elettricità, biomasse);
- valvole ed altri componenti per la sicurezza.

### *Il dimensionamento*

Il dimensionamento di un impianto solare termico è il risultato del bilanciamento tra la producibilità dell'impianto e i fabbisogni termici dell'utenza. La produzione termica utile annua di un impianto solare, caratterizzato da una determinata superficie captante, può essere stimata abbastanza accuratamente attraverso un calcolo che tiene conto di:

- la radiazione solare annuale del luogo, che può essere correttamente valutata in tutto il mondo;
- un fattore di correzione calcolato sulla base dell'orientamento, dell'angolo d'inclinazione dell'impianto ed eventuali ombre temporanee;

Tabella 8.3 Fattori di correzione per l'orientamento dei collettori (Thomas Pauschinger,2002)

orientamento Sud: 0° Est/Ovest: 90°	angolo di inclinazione						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0,89	0,97	1	0,99	0,93	0,83	0,69
15	0,89	0,96	1	0,98	0,93	0,83	0,69
30	0,89	0,96	0,99	0,97	0,92	0,82	0,70
45	0,89	0,94	0,97	0,95	0,9	0,81	0,70
60	0,89	0,93	0,94	0,92	0,87	0,79	0,69
75	0,89	0,91	0,91	0,88	0,83	0,76	0,66
90	0,89	0,88	0,87	0,83	0,78	0,71	0,62

- le prestazioni tecniche dei pannelli solari, del boiler, degli altri componenti dell'impianto e dell'efficienza del sistema di distribuzione;
- Il grado di contemporaneità tra produzione del calore e fabbisogno dello stesso da parte dell'utenza.

Il calcolo dell'irraggiamento sul piano dei collettori, sia per sistemi "Costruiti in loco" che per sistemi "Monoblocco", dovrà essere effettuato secondo quanto stabilito dalla norma UNI 8477 parte 1a a partire dai dati sull'orizzontale desunti dalla norma UNI 10349 oppure dai dati dell'Atlante Europeo della Radiazione Solare o, infine, dalle pubblicazioni " La radiazione Solare globale al suolo in Italia" a cura dell'ENEA. Per quanto riguarda la produzione di acqua calda sanitaria è necessario stimare il fabbisogno di acqua calda sanitaria dell'utenza in esame. Il calcolo dell'energia termica deve essere stimato dalle bollette energetiche dei precedenti tre anni. Qualora non siano disponibili o rappresentativi, dati specifici sul consumo di acqua calda sanitaria, i consumi energetici possono essere valutati secondo le indicazioni riportate nella seguente tabella:

Sulla base dell'esperienza impiantistica degli ultimi decenni, ipotizzando un posizionamento dei pannelli ottimale per le latitudini italiane e in assenza di fenomeni d'ombreggiamento, si può far riferimento alla tabella per un'indicazione di larga massima sul dimensionamento degli impianti.

Nel caso di impianti dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria presso utenze ad uso continuativo il dimensionamento della superficie captante può essere effettuato sulla minima superficie in grado di garantire nel mese di maggio l'intera copertura del fabbisogno per mezzo della sola fonte solare.

Per il calcolo della resa termica degli impianti, per i sistemi "Costruiti in loco", il calcolo delle rese mensili e annuale dell'impianto solare termico dovrà essere effettuato secondo quanto richiesto dalla norma UNI 8477 parte 2a (metodo f-chart), o mediante programmi di simulazione.

Per i sistemi "Monoblocco" la resa energetica dell'impianto deve essere calcolata in accordo alla EN 12976-2.

Tabella 8.4 Dati per il dimensionamento per il solare termico. fonte UNI 8477

Dimensionamento di massima d'impianti di supporto al riscaldamento ambienti	Edifici monofamiliari	Dimensionamento di massima d'impianti per produzione ACS	Impianti familiari	Pluri familiari	Hotel
Superficie collettore piano (mq x 10 mq abitazione)	0,7 – 1	Superficie collettore piano (mq/persona)	0,7 - 1,2	0,5 – 1	
Superficie collettore sottovuoto (mq x 10 mq abitazione)	0,5 – 0,8	Superficie collettore sottovuoto (mq/persona)	0,5 – 0,8	0,4 – 0,7	
Volume di accumulo (litri x mq superficie installata)	50	Superficie collettore piano (mq per ogni 100 l consumo medio ACS)			0,5 – 1
Copertura Riscaldamento con solare (%)	15 – 30	Superficie collettore sottovuoto (mq per ogni 100 l consumo medio ACS)			0,4 – 0,7
<b>Dimensionamento di massima d'impianti solari per piscine</b>	<b>Piscine all'aperto</b>	Volume accumulo (litri/persona)	40 - 70	40 – 70	
Superficie collettore piano (mq x mq superficie piscina)	0,5 – 1	Volume accumulo (litri per ogni 100 l consumo medio ACS)			50 – 80
Copertura solare (%)	70 – 90	Copertura ACS con solare (%)	60 – 80	50 – 70	40 – 60

Gli impianti dovranno in generale rispettare le prescrizioni delle norme EN 12975-1, EN 12976-1, EN12977-1.

In particolare:

- Qualità dell'acqua: il sistema deve essere progettato in modo da impedire la contaminazione dell'acqua calda sanitaria contenuta nel serbatoio di accumulo, per cui dovrà avere opportuno trattamento anticorrosivo per idoneità alimentare tipo teflonatura, smaltatura vetrificazione o utilizzo di acciaio inox
- la resistenza al congelamento: il costruttore deve garantire, per le parti esterne, quanto necessario al mantenimento di una temperatura minima onde evitare ogni tipo di danneggiamento
- la protezione dalle sovra-temperature: il sistema deve essere progettato in modo da evitare che l'utente finale sia costretto a effettuare operazioni particolari nel caso in cui il sistema permanga per lungo tempo esposto ad alti livelli di insolazione con conseguente aumento della temperatura del fluido termovettore
- la prevenzione dalle inversioni del flusso: il sistema deve essere dotato di protezioni idonee ad impedire inversioni di flusso che incrementerebbero le perdite termiche
- la resistenza alle sovra-pressioni: il sistema deve essere progettato in modo da non eccedere la massima pressione stabilita per ogni componente
- la sicurezza elettrica: tutte le parti elettriche in dotazione al sistema devono essere conformi alle normative elettriche vigenti
- la qualità dei materiali e componenti installati: la documentazione relativa alla certificazione dovrà contenere la curva di efficienza e quella delle perdite di carico, ottenute secondo lo Standard ISO 9806 – 1 per i collettori vetrati e ISO 9806–3 per quelli scoperti
- prescrizioni strutturali: per la struttura di supporto deve essere specificato il carico massimo dovuto alla neve o all'azione del vento

I serbatoi impiegati saranno per uso acqua calda sanitaria ed idonei per acqua potabile con trattamento interno anticorrosivo e collaudati per una pressione massima di esercizio di almeno 6 bar. Per ciò che riguarda l'isolamento i serbatoi dovranno essere conformi al DPR 412/93.

Ogni singolo serbatoio dovrà essere dotato di:

- sfiato aria automatico
- vaso di espansione a membrana intercambiabile di tipo alimentare sul circuito di alimentazione acqua fredda (24 l)
- valvola di sicurezza con taratura inferiore alla pressione massima di esercizio del serbatoio di accumulo(6 bar)
- indicatore temperatura dell'acqua calda sanitaria
- manometro per l'indicazione della pressione di rete e, qualora necessario, un riduttore di pressione

Per gli impianti dotati di più serbatoi, ogni serbatoio dovrà essere collegato alla rete idraulica di distribuzione in modo da poter essere messo fuori servizio e mantenuto senza che questo impedisca la funzionalità della restante parte.

Per gli impianti a circolazione forzata, i serbatoi saranno del tipo verticale. Potranno essere utilizzati serbatoi orizzontali qualora, per motivi logistici, i serbatoi verticali non potessero essere utilizzati. I sistemi solari a circolazione forzata devono essere regolati con centraline elettroniche specifiche che prevedano, oltre la gestione del funzionamento della pompa di circolazione, anche la protezione antigelo, la protezione temperatura massima collettore e la protezione temperatura massima bollitore.

Gli impianti solari termici destinati alla produzione di acqua calda sanitaria dovranno essere dotati di valvola miscelatrice termostatica per contenere la temperatura di utilizzo al di sotto dei limiti prescritti dal DPR 412/93.

È consigliabile, infine, adottare, insieme all'installazione degli impianti solari termici, misure di risparmio energetico quali ad esempio l'utilizzo di caldaie a condensazione, di sistemi solari passivi per la riduzione dell'energia necessaria per il riscaldamento e/o il raffrescamento di ambienti, etc.

Per i sistemi "monoblocco" (circolazione naturale, o ad accumulo integrato):

- di taglia inferiore agli 8 mq si richiede l'installazione di un contabilizzatore idraulico, immediatamente a valle del serbatoio di accumulo a monte del sistema tradizionale di riscaldamento;
- di taglia tra gli 8 e 20 mq, si installa un contabilizzatore di calore immediatamente a valle del serbatoio di accumulo a monte del sistema tradizionale di riscaldamento;
- di taglia superiore ai 20 mq si richiede l'installazione di due contabilizzatori di calore di cui il primo immediatamente a valle del serbatoio di accumulo a monte del sistema tradizionale di riscaldamento; l'altro presso l'utenza finale al fine di valutare l'apporto solare ed il consumo energetico complessivo.

Per i sistemi a circolazione forzata:

- di taglia inferiore agli 8 mq si richiede l'installazione di un contabilizzatore idraulico sul circuito primario;
- di taglia tra 8 e 20 mq occorre installare un contabilizzatore di calore sul circuito primario tra i collettori solari e lo scambiatore di calore;
- di taglia superiore ai 20 mq occorre installare un contabilizzatore di calore sul circuito primario tra i collettori solari e lo scambiatore di calore, un secondo contabilizzatore presso l'utenza finale al fine di valutare l'apporto solare ed il consumo energetico complessivo.

Nelle analisi tecniche ed economiche si considera che un impianto abbia una vita complessiva di 20 anni.

Nella pratica è opportuno considerare separatamente i componenti economicamente più significativi. I collettori vetrati piani, che sono attualmente i più venduti nel mondo, hanno una durata di vita superiore a 20 anni. Generalmente la garanzia, fornita dai produttori sul mantenimento delle prestazioni energetiche, è di 5 anni, in alcuni casi può eccezionalmente arrivare fino a 10 anni. Anche per i serbatoi, che rappresentano l'altro componente economicamente rilevante dell'impianto, la garanzia si estende normalmente a 5 anni. Per gli altri componenti generalmente la durata di garanzia è di 2 anni.

Un impianto correttamente dimensionato, installato e gestito può tranquillamente superare la vita "tecnica" sopra ricordata.

A tal fine è fondamentale prevedere un programma di manutenzione ordinaria e straordinaria, che, mediante interventi periodici con cadenza annuale o biennale, tenga sotto controllo lo stato dell'impianto e le prestazioni.

Parallelamente al miglioramento delle prestazioni, negli ultimi anni si è avuto anche un sensibile calo del costo dei componenti. Ad esempio un collettore solare vetrato di superficie effettiva assorbente di 2,20 m<sup>2</sup> costa 450 € per arrivare a 1350 per un collettore sottovuoto delle stesse dimensioni.

Il costo d'installazione può variare, a seconda della situazione locale: fabbricati nuovi o già esistenti, posa in sovrapposizione o integrazione della copertura, regolamentazioni specifiche per i permessi di costruzione, collegamento al sistema di distribuzione e all'impianto termico integrativo, utilizzo di attrezzature durante il montaggio (gru, ponteggio).

Il costo annuo di manutenzione è in generale abbastanza basso: normalmente nelle analisi economiche si stima in circa il 2,5% del costo d'impianto, da conteggiare sull'intera vita minima, convenzionalmente fissata in 20 anni. In tale stima sono compresi anche gli eventuali costi di manutenzione straordinaria, dovuti alla sostituzione di qualche componente secondario dell'impianto.

L'installazione dei pannelli solari può usufruire della detrazione fiscale del 55% come stabilito dalla Legge Finanziaria 27/12 /2006 e prolungato dal Decreto Salva

*Durata di un impianto  
e valutazione  
economica*

Italia del Governo Monti fino al 31/12/2012. Le detrazioni fiscali riguardano ogni intervento di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente. Lo scopo di questi incentivi fiscali (detrazione 55% della spesa totale sostenuta), è quello di agevolare gli interventi volti a migliorare l'efficienza energetica di case, abitazioni ed edifici. I contribuenti possono quindi usufruire di una detrazione dall'IRPEF (Imposta sul Reddito delle Persone Fisiche) o dall'IRES (Imposta sul Reddito delle Società) del 55% delle spese sostenute per l'installazione di pannelli solari termici o per interventi migliorativi dell'efficienza energetica dell'edificio.

### LCA di un impianto solare termico

Volendo analizzare l'intero ciclo di vita di un impianto solare, non si può non constatare che, come tutti i prodotti industriali, anch'esso si porta dietro un carico inquinante imputabile alle fasi di produzione e di smaltimento dei collettori e degli altri componenti. Alcuni studi hanno valutato l'EPBT di un sistema solare termico pari a circa due anni: quindi ben inferiore ai 20-25 anni, che è il tempo medio di vita stimato dell'impianto stesso.

### Vantaggi e svantaggi

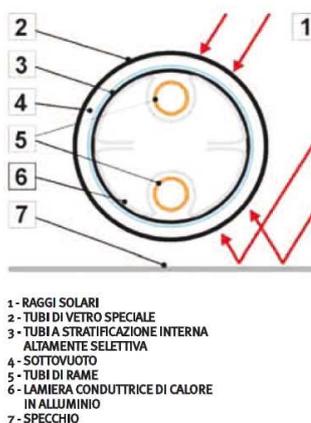
In definitiva i vantaggi sono:

- riduzione delle emissioni  
rispetto a un sistema tradizionale l'impiego dei collettori solari consente riduzioni delle emissioni in atmosfera legate al riscaldamento di acqua al 70% rispetto ad un sistema tradizionale.
- convenienza economica  
La riduzione dei costi della bolletta del gas, fino a raggiungere un risparmio che va dal 50 al 70% di energia per la produzione di acqua calda sanitaria. La possibilità di poter usufruire della detrazione fiscale del 55% per le spese sostenute per la realizzazione dell'impianto che porterà anche al miglioramento della classe energetica dell'abitazione ad un massimo di due classi superiori. La possibilità di essere un impianto che va ad integrazione dei sistemi convenzionali. La vita della caldaia si allunga: è sufficiente pensare ai mesi estivi in cui i fabbisogni termici dell'abitazione sono soddisfatti esclusivamente dall'impianto solare.

e gli svantaggi :

- impatto visivo  
l'estetica discutibile può essere migliorata in sede di progettazione ricorrendo ad accorgimenti che mirano all'integrazione architettonica, nelle coperture degli edifici.
- scarsa potenza installabile  
non si possono concentrare grandi potenze, e al massimo la potenza installata è di circa 1kW/mq.

### I collettori sottovuoto



Tra le tipologie elencate prima particolarmente interessante è il collettore solare sottovuoto. E' costituito da una fila di tubi di vetro separati l'uno dall'altro da poco spazio. Dietro questa fila di tubi si trova uno specchio che permette di ottimizzare lo sfruttamento dell'irraggiamento solare riflettendolo sulla parte posteriore dei tubi stessi. All'interno dei cilindri si trova un secondo tubo a stratificazione selettiva. Tra i due tubi c'è un'intercapedine in cui viene creato il vuoto, una condizione che permette di ridurre drasticamente le perdite di calore verso l'esterno. I tubi sottovuoto vantano quindi uno straordinario isolamento termico ed è questo il segreto che permette loro di raggiungere livelli di efficienza eccezionali. Questo significa che possono sviluppare temperature elevatissime, oltre 100 gradi e sino a 150 gradi. Inoltre sono in grado di toccare temperature elevate anche in caso di clima rigido o di cielo nuvoloso.

I vantaggi appena elencati sono controbilanciati dal fatto che i pannelli sottovuoto hanno un costo più elevato, tra il 30% e il 60% in più rispetto ai tradizionali collettori solari piani, a parità di superficie. Per questo motivo si tratta di soluzioni particolarmente adatte in caso ci sia bisogno di temperature elevate (processi

industriali, piscine, mense e ristoranti, lavanderie e comunità) o nel caso in cui ci sia poco spazio per installare un impianto solare termico o ancora in condizioni climatiche particolari come ad esempio in alta montagna. Per quanto riguarda le applicazioni residenziali, generalmente è più conveniente utilizzare collettori solari piani, a meno che - come già detto - lo spazio disponibile sia molto limitato oppure vi sia l'esigenza e la possibilità di utilizzare l'impianto solare termico anche per il riscaldamento degli ambienti e non solo per l'acqua calda sanitaria. Attualmente in Italia i tubi sottovuoto coprono circa il 15% circa della capacità termica degli impianti solari. Ma in Paesi nordici come la Finlandia la percentuale di questa tipologia arriva al 30% e in Svezia addirittura al 45%.

Nell'analisi di fattibilità di un impianto fotovoltaico va valutato anche l'impatto paesaggistico. Spesso è visto solo come un investimento economico e viene installato in realtà magari non adatte ad accogliere questo tipo di opere. La ricerca però negli ultimi anni si è spinta molto in avanti in questo senso e ha cercato sempre più di realizzare moduli capaci di integrarsi con gli edifici esistenti, in modo tale da non creare impatti paesaggistici discordanti.

Un'evoluzione del pannello sottovuoto in questa direzione è il coppo solare. La ricerca dell'integrazione è talmente spinta che i tubi vengono inseriti all'interno dei coppi del tetto.

*Sistemi integrati: il coppo fotovoltaico*

È equipaggiato con un collettore solare costituito da una serie di 6 tubi in vetro diametro 47mm, lunghezza 1.500 mm, borosilicato a doppia intercapedine, saldati alle estremità, al cui interno è provocato il vuoto. L'intercapedine interna è resa selettiva per l'assorbimento della radiazione elettromagnetica solare per mezzo di una metallizzazione multistrato creata utilizzando prodotti completamente riciclabili. L'unità di assorbimento è formata da un circuito in rame curvato a forma di "U", posizionato a contatto con appositi assorbitori di calore in alluminio, che ne aumentano la superficie di scambio di calore. Ogni unità è racchiusa in un tubo di vetro, e viene poi connessa in parallelo ad un collettore di distribuzione, che raccoglie il fluido vettore che scorre in ogni circuito.



Figura 8.4 Il coppo solare

Il collettore di distribuzione in rame è protetto da una struttura realizzata in alluminio elettrocolorato, completamente isolato con particolare isolante incombustibile classe 0 (ISO-DIS 1182.2), idrorepellente e a bassa biopersistenza.

### 8.1.2 Impianto fotovoltaico

La tecnologia fotovoltaica permette di trasformare direttamente l'energia solare incidente sulla superficie terrestre in energia elettrica, sfruttando le proprietà del silicio, un elemento semiconduttore molto usato nei dispositivi elettronici.

Il principio di funzionamento dei pannelli fotovoltaici è detto "effetto fotovoltaico", il quale rappresenta una sottocategoria dell' "effetto fotoelettrico" osservato per la prima volta nel XIX secolo. L' effetto fotovoltaico si manifesta nel momento in cui una radiazione elettromagnetica, colpisce un particolare materiale semiconduttore opportunamente trattato, ed innesca un movimento di elettroni generando una corrente elettrica e quindi una differenza di potenziale.

Il dispositivo elementare capace di operare una conversione dell'energia solare si definisce cella fotovoltaica ed è in grado di produrre una potenza di circa 1,5 Watt. Il componente base, commercialmente disponibile, è invece il modulo composto da più celle collegate ed incapsulate. Più moduli fotovoltaici, collegati in serie e in parallelo, formano le sezioni, o pannelli di un impianto. L'impianto per poter immettere energia nella rete deve essere dotato di inverter che opera la conversione da energia continua in alternata.

#### *Le applicazioni*

Le principali applicazioni dei sistemi fotovoltaico sono:

- impianti per utenze collegate alla rete in bassa tensione;
- centrali fotovoltaiche, generalmente collegate alla rete in media tensione;
- impianti per utenze isolate dalla rete che prevedono l'utilizzo di batterie (es. rifugi);
- piccole reti isolate per l'alimentazione di villaggi di limitata estensione non raggiunti dalla rete elettrica.

#### *Tipologie di pannelli fotovoltaici*

Attualmente sul mercato, sono disponibili diverse tipologie di pannelli fotovoltaici, ma tutte sono basate sul principio di funzionamento descritto in precedenza.

I pannelli fotovoltaici si distinguono in base alla loro tecnologia di produzione, attualmente le principali tecnologie sono:

Tecnologia al silicio monocristallino e policristallino;

Tecnologia al silicio amorfo;

Tecnologia "cis".

- Una cella di un modulo al silicio monocristallino è costituita da un singolo cristallo di silicio, il che garantisce una massima conducibilità dovuta al perfetto allineamento degli atomi di silicio allo stato puro. Maggiore è la purezza del materiale, maggiore è il rendimento, che nel caso di pannelli al silicio monocristallino si aggira attorno al 15%. Le celle fotovoltaiche che vanno a costituire il pannello in silicio monocristallino, sono di colore blu scuro a forma ottagonale
- Le celle di un pannello in silicio policristallino sono costituite da un insieme di più cristalli di silicio; ciò rappresenta una minore purezza che va ad influire sul rendimento del pannello stesso, infatti il rendimento di un pannello policristallino si aggira intorno all' 11% - 14%. I pannelli in silicio policristallino sono caratterizzati da un colore blu intenso.
- Le celle dei moduli in silicio amorfo sono realizzate con atomi di silicio senza alcuna disposizione spaziale ordinata. La poca omogeneità di tali celle implica una semplice realizzazione, ma ciò influisce sul rendimento, che per tali pannelli si aggira attorno al 6%. Spesso i pannelli di silicio amorfo vengono fatti depositare su materiali plastici e flessibili in modo da plasmare il pannello adattandolo, eventualmente alla superficie disponibile, ottenendo dei fogli sottili con le caratteristiche dei moduli fotovoltaici. Generalmente essi vengono identificati come moduli a "film sottile".
- I pannelli fotovoltaici con tecnologia CIS utilizzano al posto del semiconduttore una miscela di Rame, Indio e Selenide ( $CuInSe_2$ ). Questa tecnologia è nuova

come conferma il fatto che pochissime aziende a livello mondiale l'abbiano inserita nelle linee di produzione. I test in laboratorio mostrano una efficienza che può arrivare anche al 18%.

Le due tipologie di impianti fotovoltaico collegati alla rete possono essere distinte in base alla loro potenza:

- fino a 20 kWp (kilowatt di picco): si parla di piccoli impianti, particolarmente indicati per l'installazione su immobili di privati cittadini, di attività commerciali e di piccole aziende;
- oltre i 20 kWp: si parla di centrali fotovoltaiche, vengono realizzate principalmente alla produzione di energia elettrica sia per l'autoconsumo che per l'immissione sulla rete pubblica.

Componenti dell'impianto:

- Moduli fotovoltaici: sono pannelli che ospitano le celle fotovoltaiche di silicio, che può essere monocristallino, policristallino o amorfo. Ogni modulo converte l'energia solare incidente in corrente continua. Normalmente ha una potenza compresa tra 125 e 200 Watt, per una superficie inferiore a 1,5 m<sup>2</sup> e peso di circa 18 kg.
- Strutture di sostegno dei moduli: sono le strutture che sorreggono i moduli e, in caso d'installazione su una superficie piana, vengono orientati dando loro un'inclinazione rispetto al piano orizzontale. Normalmente in Italia l'inclinazione di circa 30°. Possono essere in acciaio zincato a caldo o in alluminio, e vengono vincolate sulla superficie di installazione mediante degli ancoraggi o delle zavorre.
- Inverter: è un dispositivo elettronico che consente di adeguare l'energia elettrica prodotta dai moduli alle esigenze delle apparecchiature elettriche e della rete, operando la conversione da corrente continua a corrente alternata con la frequenza di 50Hz.
- Misuratori di energia: sono degli apparati che vengono installati sulle linee elettriche e misurano l'energia che li attraversa. Vengono ad esempio utilizzati per conteggiare l'energia prodotta dall'impianto e quella immessa in rete.

*Tipologie d'impianto e componenti*

I moduli fotovoltaici possono essere collocati su tetto (sia piano che inclinato), su facciata o a terra. Nella tabella sottostante sono riportati i fattori di correzione per inclinazione ed orientamento diversi da quelli ottimali alle latitudini italiane. I riquadri colorati indicano posizioni da evitare, a meno di vincoli architettonici imposti.

*Posizionamento*

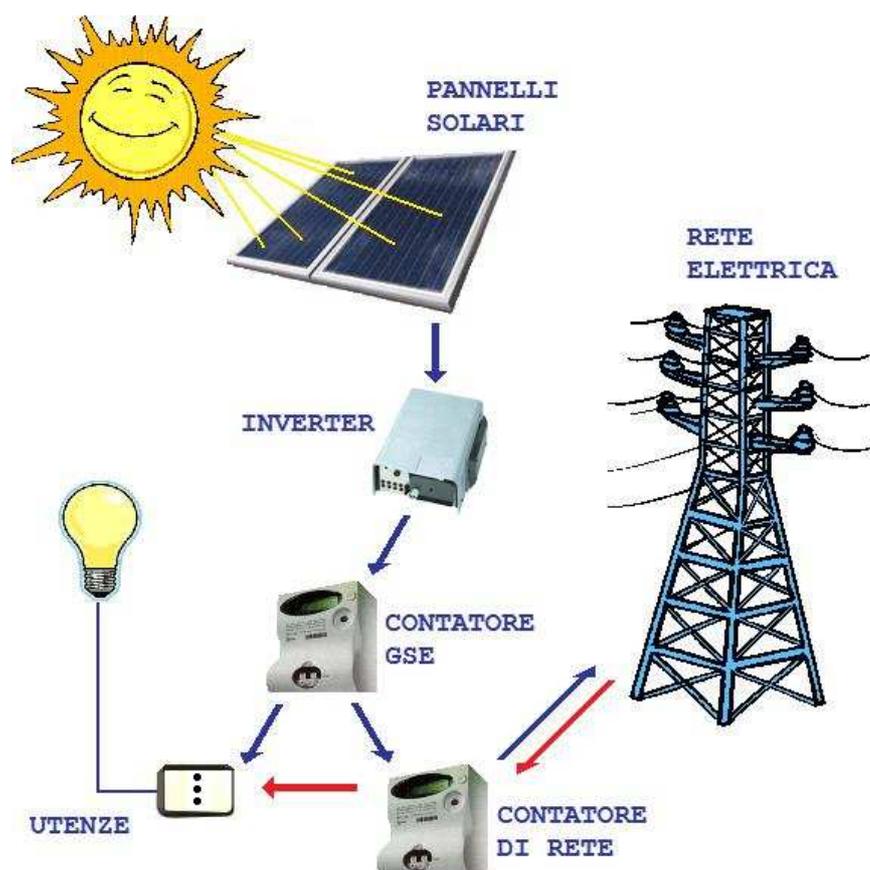


Figura 8.5 Schema impianto fotovoltaico

INCLINAZIONE		ORIENTAMENTO			
		0°	30°	60°	90°
EST		0,93	0,90	0,78	0,55
SUD-EST		0,93	0,96	0,88	0,66
SUD		0,93	1,00	0,91	0,68
SUD-OVEST		0,93	0,96	0,88	0,66
OVEST		0,93	0,90	0,78	0,55

Figura 8.6 Fattori di correzione per inclinazione e orientamento

**Fattibilità tecnica - economica**

La decisione in merito alla fattibilità tecnica si basa sull'esistenza nel sito d'installazione dei seguenti requisiti, che dovranno essere verificati dal progettista:

- disponibilità dello spazio necessario per installare i moduli (indicativamente per ogni kWp di potenza installata occorrono circa 8 mq di pannellatura);
- corretta esposizione ed inclinazione della suddetta superficie. Le condizioni ottimali per l'Italia sono:
- esposizione SUD (accettata anche SUD-EST, SUD-OVEST, con limitata perdita di produzione);
- inclinazione 30-35°;
- assenza di ostacoli che creino ombreggiamento.

- Quadri elettrici e cavi di collegamento: quadri, cavi, interruttori ed eventuali ulteriori dispositivi di protezione sono i componenti elettrici che completano l'impianto.

La produzione elettrica annua di un impianto fotovoltaico può essere stimata attraverso un calcolo che tiene conto:

- della radiazione solare annua del sito;
- di un fattore correttivo calcolato sulla base dell'orientamento, dell'angolo d'inclinazione dell'impianto e di eventuali ombre temporanee;
- delle prestazioni tecniche dei moduli fotovoltaici, dell'inverter e degli altri componenti dell'impianto;
- delle condizioni operative dei moduli (con l'aumento della temperatura di funzionamento diminuisce l'energia prodotta).

La potenza di picco di un impianto fotovoltaico si esprime in kWp (kilowatt di picco), cioè la potenza teorica massima che l'impianto può produrre nelle condizioni standard di insolazione e temperature dei moduli (1000 W/mq e 25°C).

Nelle analisi tecniche ed economiche si usa accreditare l'impianto di una vita complessiva di 25 anni.

Se si considerano separatamente i componenti economicamente più rilevanti, si ha che:

- i moduli monocristallino e policristallino, hanno una durata di vita 25 a 30 anni, con una diminuzione delle prestazioni energetiche inferiori al 20%. Generalmente la garanzia arriva a coprire 25 anni. I moduli in silicio amorfo, che sono meno costosi, hanno una perdita di rendimento del 30% nei primi mesi, per poi stabilizzarsi gradualmente. La tecnologia più recente, quella dei "film sottili", dovrebbe a breve unire i vantaggi di entrambe le altre tecnologie: il prezzo basso del silicio amorfo e l'alta efficienza e affidabilità dei prodotti cristallini;
- gli inverter, apparecchi ad elevata tecnologia, hanno una durata nel tempo abbastanza lunga, ma generalmente inferiore a quella dei moduli; il loro costo è relativamente contenuto.

Il costo "chiavi in mano" per un'installazione standard di un sistema da 1kWp è pari a circa 4000 euro, ma si può arrivare anche a 2500 euro.

La maggior parte del costo è dovuta all'investimento in materiali, di cui i moduli rappresentano la percentuale più alta.

Una corretta preventivazione può comunque essere fatta solamente a valle di un sopralluogo che valuti accuratamente le caratteristiche del sito d'installazione.

Il costo annuo di manutenzione è generalmente basso, normalmente nelle analisi economiche si stima nell'intorno dell'1% del costo d'impianto, da conteggiare sull'intera vita.

Il costo di esercizio dipende dalla dimensione dell'impianto.

Oltre al risparmio sulla bolletta chi installa un impianto fotovoltaico ha la possibilità di accedere a diversi incentivi economici. Dal 2005 è infatti attivo il conto Energia che ha appunto la funzione di favorire la diffusione del fotovoltaico premiando con tariffe incentivate l'energia prodotta da impianti fotovoltaici di utenze pubbliche, private e condominiali. Gli incentivi vengono erogati per una durata di 20 anni a chi installa un nuovo impianto fotovoltaico collegato alla rete elettrica (grid connected) e con potenza nominale non inferiore a 1 kWp. Inoltre l'importo dell'incentivo varia a seconda delle tipologie di impianto che possono essere di diverso tipo: integrati, parzialmente integrati, e non integrati. Questi incentivi rappresentano la fonte di ricavo principale, ma i vantaggi non finiscono qui. L'energia prodotta infatti può essere auto consumata (e in questo caso si realizza un risparmio sulla bolletta energetica) o venduta al mercato. Per questi casi il Conto Energia prevede due differenti tipi di contratto: lo scambio sul posto e la cessione in rete. Lo scambio sul posto (detto anche Net Metering) consente "di immettere in rete l'energia elettrica prodotta ma non immediatamente autoconsumata, per poi prelevarla in un momento successivo per soddisfare i propri consumi". Si tratta di una sorta di

cessione provvisoria che permette di valorizzare l'energia prodotta in eccesso immagazzinandola per un consumo futuro. In pratica viene calcolato il saldo tra energia prelevata dalla rete ed energia ceduta alla rete, nel caso quest'ultima sia superiore, il saldo positivo viene registrato a credito dell'utente che potrà utilizzarlo successivamente. Questo permette di ovviare al disallineamento tra il momento in cui l'energia elettrica viene prodotta dall'impianto e il momento in cui la si consuma. Ad esempio, in genere il momento di massima produzione è nel pieno della giornata, o in estate quando magari la casa è inutilizzata; con lo scambio sul posto possiamo riutilizzare in un altro momento, di notte o in inverno o quando piove, l'energia prodotta nelle ore centrali di una bella giornata di sole. Il conguaglio tra energia consumata ed energia ceduta viene effettuato ogni due anni: se è maggiore quella immessa in rete, viene riconosciuto un credito di energia che può essere utilizzato successivamente. Per questi motivi lo scambio sul posto è più adatto a impianti di dimensioni piccole o medie, dimensionati in base all'effettivo consumo energetico. Possono sottoscrivere contratti di scambio sul posto, i titolari di impianti di potenza nominale inferiore ai 200 kWp. La cessione in rete invece è la semplice vendita dell'energia non auto consumata che viene ceduta alla rete elettrica di distribuzione ad un prezzo stabilito dall'Autorità dell'Energia elettrica e del gas oppure attraverso la vendita in borsa o ad un grossista. Si tratta di una modalità più adatta ai grandi impianti sovradimensionati rispetto ai consumi dell'utenza, o addirittura slegati da qualsiasi meccanismo di autoconsumo e finalizzati unicamente a produrre energia.

Con il Decreto Ministeriale 5 maggio 2011, pubblicato poi sulla Gazzetta Ufficiale n.109 del 12 maggio 2011, è stato emanato il cosiddetto "Quarto Conto Energia". Le disposizioni del Quarto Conto Energia vengono applicate a tutti gli impianti fotovoltaici con potenza superiore a 1 kW che sono entrati in esercizio dopo il 31 maggio 2011 e che saranno realizzati entro il 31 dicembre 2016.

Per quanto riguarda l'erogazione degli incentivi fotovoltaici, l'erogatore è il GSE, il Gestore dei Servizi Energetici per il Fotovoltaico.

Tabella 8.5 Tariffe quarto conto energia.

	1° SEMESTRE 2012		2° SEMESTRE 2012	
	INTEGRATI		INTEGRATI	
	€/kWh	€/kWh	€/kWh	€/kWh
$1 \leq P \leq 3$	0,274	0,240	0,252	0,221
$3 \leq P \leq 20$	0,247	0,219	0,227	0,202
$20 \leq P \leq 200$	0,233	0,206	0,214	0,189

#### LCA di un pannello fotovoltaico

Se analizziamo il ciclo di vita di un pannello fotovoltaico in generale l'energia consumata per produrlo ha un tempo di ritorno di circa 2 anni, fino ad arrivare in anche ad un anno. L'azienda Rec, leader nell'industria dell'energia solare, ha annunciato i risultati della sua seconda Life Cycle Analysis (LCA) eseguita dal Centro di Ricerca sull'Energia dei Paesi Bassi (ECN). La verifica, avvenuta nel primo trimestre 2011, certifica l'impatto ambientale complessivo di un modulo fotovoltaico, in tutto il suo ciclo di vita, come il nome suggerisce, fino al suo riciclaggio e certifica la sostenibilità del prodotto. Certificati come i primi moduli cristallini ad avere un tempo di ritorno energetico (EPBT) di un anno, i sistemi Rec hanno anche dimostrato di avere un'impronta di carbonio ai 18/22 g/kWh di CO<sub>2</sub> ciascuno, a seconda della catena di produzione. Un risultato positivo se si considera che, a seconda della catena di produzione, un impianto fotovoltaico convenzionale ha un'impronta pari a circa 35 g/kWh.

#### Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi degli impianti fotovoltaici sono:

- assenza di qualsiasi tipo d'emissione inquinante;

- risparmio dei combustibili fossili;
- estrema affidabilità non essendoci parti in movimento;
- costi di manutenzione ridotti al minimo;
- modularità del sistema.

Gli svantaggi sono rappresentati da:

- variabilità ed aleatorietà della fonte energetica (irraggiamento solare);
- elevata superficie irraggiata rispetto alla potenza richiesta;
- elevato costo iniziale degli impianti.

Nell'analisi di fattibilità di un impianto fotovoltaico va valutato anche l'impatto paesaggistico. Spesso è visto solo come un investimento economico e viene installato in realtà magari non adatte ad accogliere questo tipo di installazioni. La ricerca però negli ultimi anni si è spinta molto in avanti in questo senso e ha cercato sempre di più di realizzare moduli capaci di integrarsi con gli edifici esistenti, in modo tale da non creare impatti paesaggistici discordanti.

Integrare il fotovoltaico nell'architettura significa riuscire ad equilibrare gli aspetti tecnici ed estetici dei componenti della tecnologia fotovoltaica con quelli dell'involucro edilizio, senza compromettere le caratteristiche funzionali di entrambi. Una corretta integrazione architettonica del fotovoltaico, infatti, riesce a far coincidere la capacità del fotovoltaico di produrre energia elettrica sul luogo della domanda con la qualità estetica dello spazio che lo contiene. Le caratteristiche fisiche del modulo fotovoltaico - forma, dimensione, colore, eventuale trasparenza - possono diventare elementi di caratterizzazione dello spazio architettonico sia quando viene utilizzato come copertura, facciata o grande vetrata, sia quando è elemento di arredo urbano, per esempio un chiosco, una pensilina, una fermata dell'autobus, un lampione, ecc. In questi casi il fotovoltaico viene interpretato e utilizzato come vero materiale edilizio e diventa parte inscindibile della costruzione. Sostituisce un materiale da costruzione convenzionale, diventando un componente attivo dell'involucro edilizio in grado di contribuire positivamente alla performance energetica degli edifici. L'impatto visivo dei pannelli fotovoltaici è dovuto in buona parte al riverbero dato dalle loro superfici riflettenti e alle discontinuità materiche e cromatiche che nella maggior parte dei casi introducono nei contesti in cui vengono collocati. Le attuali innovazioni tecnologiche consentono di scegliere collettori che per forma e colore possono attenuare tali discontinuità. E' possibile oggi scegliere tra una vasta gamma di soluzioni adattabili agli specifici contesti che prevedono diverse tipologie, forme e colori della cella; diversi disegni e colori della griglia metallica della cella; svariate misure, materiali e forma del modulo. E' fondamentale per un buon inserimento degli impianti l'adeguato design di ogni loro componente rispetto al contesto in cui si inseriscono, soprattutto nel caso di installazioni su edifici già esistenti.

Gli interventi di integrazione architettonica del fotovoltaico riconosciuti dalla Legge sul Conto Energia sono :

- sostitutivi di materiali di rivestimento degli edifici (in tetti o facciate)
- pannelli fotovoltaici installati come riferimento o copertura
- integrati in pensiline, pergole e tettoie
- sostituzione di superfici trasparenti degli edifici
- integrati in barriere acustiche
- integrati in elementi di illuminazione e strutture pubblicitarie
- moduli fotovoltaici integrati ai frangisole
- moduli fotovoltaici integrati in balaustre e parapetti
- integrazione nelle finestre
- integrazione nelle persiane

Un applicazione di ampia integrazione nel tetto è il coppo fotovoltaico. Il coppo viene appositamente modificato per alloggiare un modulo fotovoltaico, dotato di un canale di ventilazione, il tutto eseguito con l'ausilio di argille speciali DSA al fine di

*Impatto paesaggistico*

*Coppo fotovoltaico o elettrotegola*

garantire per 30 anni - tutte le caratteristiche morfologiche: aspetto, geometria, assorbimento, flessione, gelività ecc. secondo le norme UNI EN 1304, 1024, 538, 539-1 e 539-2.



Figura 8.7 Il coppo fotovoltaico

Caratteristiche:

- non vengono modificate né alterate le proprietà di volano termico tipiche del cotto e neppure quelle dei canali di deflusso;
- la posa non necessita di vasche e/o staffe di fissaggio; vengono perciò scongiurati tutti i problemi legati ad infiltrazioni e ponti termici;
- l'installazione di un diodo di by-pass rende il sistema esente da problemi creati per ombreggiamenti mobili o inattesi (alberi, camini, antenne, foglie ecc.);
- il canale di ventilazione tra il modulo PV ed il coppo rende il sistema meno sensibile alle alte temperature estive (minor temperatura implica maggior rendimento);
- nel caso di diminuzione di potenza per un modulo guasto non è necessaria la sua sostituzione dato l'auto disinserimento.
- se si volesse comunque procedere al cambio, non viene richiesto l'uso di personale specializzato (grazie agli innesti rapidi multi contact l'operazione risulta facile e rapida);
- non ultimo il vantaggio di poter integrare il sistema in una copertura esistente, sostituendo solo i metri quadri interessati, senza dover ricorrere a ulteriori costose opere di impermeabilizzazione perimetrali;
- il sistema ottiene i massimi benefici di incentivazione previsti, rientrando tra le soluzioni integrate con caratteristiche innovative, secondo la definizione data dal terzo conto energia 2011/2013 (dal 15% al 45% in più rispetto ai moduli standard per potenze da 1 a 20 kW).

### 8.1.3 Fotovoltaico o solare?

Nell'ottica di utilizzare l'energia solare sia per il fotovoltaico e sia per il solare termico si fanno dei confronti. Le posizioni dove poter installare in modo efficiente i pannelli sono poche e, tenendo pure conto della necessità di integrazione nelle strutture che comporta efficienza minore, risulta necessario capire dove è più proficuo installare uno o l'altro.

Dato che un sistema produce energia elettrica e l'altro energia termica non ha senso fare un confronto diretto, pertanto si confronterà la producibilità normalizzata. Praticamente confronteremo i fattori di correzione calcolati per il nostro sito. Per fare ciò è necessario ipotizzare degli impianti.

Si è fatto innanzitutto un calcolo di quanto possano produrre 10 m<sup>2</sup> di pannelli fotovoltaici in diverse posizioni. Per il confronto si utilizzano 8 pannelli classici monocristallino da 185 Wp l'uno (in condizioni STC), per un totale di 1,48 kWp, di misure 150 x 80 cm e rendimento 14%, inclinazione 20°C. Nel calcolo bisogna tener conto oltre della radiazione solare media giornaliera annua (Fonte Archivio Enea) anche delle ore effettivi disponibili in base alle zone d'ombra create dalle montagne vicino.

Tabella 8.6 Studio delle ore disponibili di sole e inclinazione

data	alba	effettivo	tramonto	effettivo	ore disponibili	elevazione ore 13
21.03	06.30	08.30	18.30	17.30	9/12	45°
21.06	04.30	06.50	20.15	18.00	11.30/15,30	67°
21.09	06.00	08.10	18.28	17.30	9,20/12,30	45°
21.12	08.00	11.30	16.40	15,15	3,45/8,40	20,5°

Tabella 8.7 Producibilità giornaliera a seconda dell'esposizione di 10 mq di pannelli corrispondenti a 1,48 kWp in località Nesolio.

data	sud	ovest	sud-ovest
	kWh	kWh	kWh
MEDIA ANNUA	2,17	1,15	1,39
21.03	2,710	1,436	1,12
21.06	2,750	1,590	1,76
21.09	2,470	1,313	1,59
21.12	1,190	0,63	0,76

La stessa cosa viene fatta per dei pannelli solari. Il calcolo viene fatto secondo la UNI 8477-1 e la UNI 10349.

Si utilizzano dei pannelli SunHeat modello SCF-DELUXE1-300 per una superficie di 3 m<sup>2</sup> inclinata di 20°C, che coprono un fabbisogno di 300 litri.

Tabella 8.8 Producibilità giornaliera a seconda dell'esposizione di 3 mq di pannelli solari in località Nesolio.

data	sud	ovest	sud-ovest
	kWh	kWh	kWh
MEDIA ANNUA	6,8	6	6,6
21.03	7,1	5,6	6,6
21.06	11,1	11,1	11,1
21.09	8,3	6,9	7,9
21.12	2,6	1,2	2,23

A questo punto possiamo confrontare il rendimento tra il solare termico e il fotovoltaico. Viene fissato come 1 la producibilità media annua per la posizione a sud e si calcolano i fattori di correzione a seconda dell'orientamento.

Tabella 8.9 Confronto di rendimento tra diversi orientamenti tra solare termico e fotovoltaico

		sud	ovest	sud-ovest
media annua	fotovoltaico	1	0,52	0,64
	solare t.	1	0,87	0,97
21.03	fotovoltaico	1,25	0,66	0,52
	solare t.	1,04	0,82	0,97
21.06	fotovoltaico	1,27	0,73	0,81
	solare t.	1,63	1,63	1,63
21.09	fotovoltaico	1,14	0,60	0,73
	solare t.	0,81	1,05	1,16
21.12	fotovoltaico	0,55	0,30	0,35
	solare t.	0,38	0,18	0,32

Dalle tabelle si deduce che:

- la posizione da preferire è quella a sud
- l'incidenza dell'esposizione è maggiore sul fotovoltaico rispetto al solare termico.

A queste considerazioni possiamo aggiungere:

- la richiesta di energia termica è maggiore la sera quindi anche se la posizione a ovest non è ottimale si avrà un accumulo termico sufficiente
- l'energia termica non è vendibile, pertanto bisogna produrne nella quantità necessaria a coprire solo parte del proprio fabbisogno.

Si decide pertanto di utilizzare le esposizioni migliori a sud, sud/ovest per il fotovoltaico e quelle a ovest per il solare termico.

### Integrazione nelle serre

Il fotovoltaico può essere integrato anche sulle serre poste a ovest del borgo.

Ipotesiamo di coprire una superficie di 50 m<sup>2</sup> con pannelli semitrasparenti.

I pannelli sono studiati apposti per avere il minimo impatto visivo e per permettere qualsiasi tipo di coltura. I moduli misurano 1,640 x 0,987 x 0,04, kWp 155, trasparenza 40 % e sono orientati a sud con inclinazione. I kWp totali sono 4,65. Efficienza 9,58%

Tabella 8.10 Producibilità di 50 mq di serra fotovoltaica

data	energia captata kWh	producibilità kWh
media annua	100	7,500
21.03	124	9,300
21.06	126	9,450
21.09	114	8,550
21.12	55	4,125

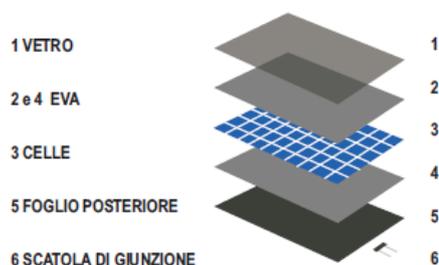


Figura 8.8 Schema di un pannello trasparente

Figura 8.10 Esempio del grado di trasparenza dei pannelli

Figura 8.9 Esempio di serra fotovoltaica

### 8.1.4 Impianto geotermico

Il terreno contiene una inesauribile sorgente di calore: la temperatura, man mano che si scende sotto terra, aumenta grazie all'energia geotermica che dal nucleo terrestre si dirige verso la superficie; il terreno inoltre assorbe quasi la metà dell'energia che riceve dal Sole. Si tratta di una fonte di energia inesauribile, costantemente disponibile e soprattutto rinnovabile.

Generalmente siamo abituati a pensare alla geotermia in termini di vapore da utilizzare in centrali termoelettriche, come per esempio a Larderello, oppure come acque termali per usi diretti volti alla climatizzazione; tuttavia è evidente che può essere considerata una risorsa del genere anche il "terreno" di casa nostra.

A pochi metri di profondità dalla superficie terrestre il terreno mantiene una temperatura quasi costante per tutto l'anno, e questo ci permette di estrarre calore d'inverno per riscaldare un ambiente, e di cedere calore durante l'estate per raffrescare lo stesso ambiente.

Tale scambio di calore viene realizzato con pompe di calore abbinata a sonde geotermiche che sfruttando questo principio permettono di riscaldare e raffrescare le nostre case con un unico impianto assicurando un alto grado di rendimento sull'arco dell'intera stagione, e con un fabbisogno di energia elettrica contenuto rispetto alle prestazioni.

Il sistema di captazione del calore è realizzato per mezzo di sonde o sensori geotermici, che effettuano uno scambio termico con il terreno. Si hanno due possibili soluzioni per la posa delle sonde geotermiche o dei sensori necessari a prelevare il calore dal terreno: soluzione orizzontale o soluzione verticale. La convenienza dell'applicazione di una soluzione piuttosto che dell'altra dipende dalla valutazione di parametri ambientali, climatici, geologici, costruttivi, ecc. Il calore negli strati più superficiali di terreno è costantemente rinnovato dall'apporto energetico del sole, del vento, della pioggia.

Con la soluzione orizzontale per prelevare questa quota di calore "gratuito, naturale e rinnovabile", si prevede la posa di sensori geotermici composti da tubi in polietilene ad alta densità, o tubi di rame con guaina in polietilene anti corrosione, nei quali circola rispettivamente acqua glicolata o fluido frigorifero ecologico. Questi vengono interrati ad una profondità dell'ordine di 0,5-1,5 metri. Il fluido contenuto nei sensori geotermici a contatto con il terreno evapora, sottraendo energia termica, da trasferire come sorgente fredda alla pompa di calore, e destinata a scaldare l'acqua di riscaldamento.

A titolo di esempio, per un casa di 100 m<sup>2</sup> sono necessari da 120 m<sup>2</sup> a 150 m<sup>2</sup> di superficie di captazione. La posa dei sensori geotermici non ha alcun impatto visivo, e non altera in alcun modo la natura del terreno, nel quale è possibile piantare arbusti e coltivare fiori. L'unico accorgimento da rispettare è che la zona di captazione non sia ricoperta da materiali duri (piastrelle, cemento) che impedirebbero lo scorrimento delle acque.

Con la soluzione verticale la tecnica di estrazione del calore è realizzata attraverso una sonda di captazione, costituita da una coppia di tubi a U in polietilene nei quali circola acqua miscelata con antigelo ecologico, e che viene calata in pozzi, realizzati in perforazioni del diametro di pochi centimetri e invisibili dopo la costruzione, che vanno dai 50 ai 150 m di profondità, a seconda della potenza termica necessaria e della tipologia di terreno.

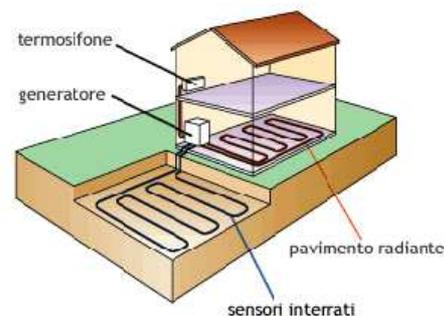


Figura 8.11 Impianto geotermico, soluzione orizzontale

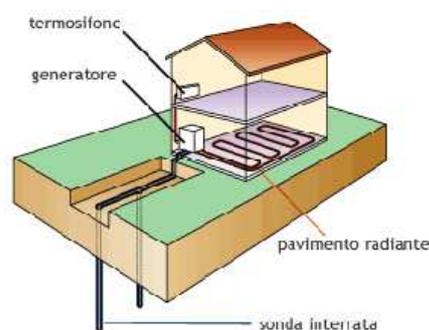


Figura 8.12 Impianto geotermico, soluzione verticale

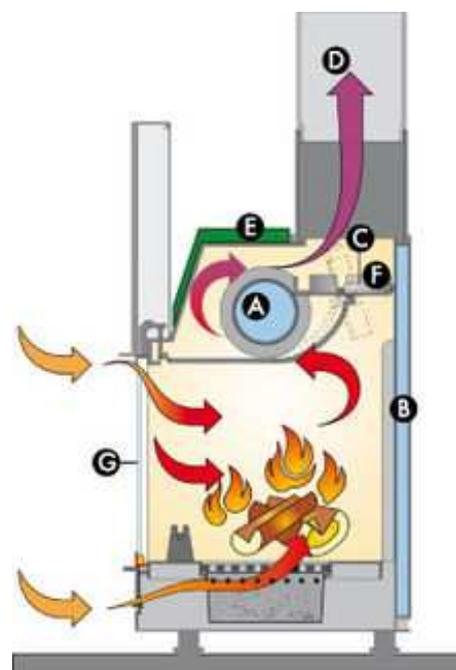


Figura 8.13 Schema di funzionamento di un termocamino

Questa costruzione viene denominata sonda geotermica. Nel funzionamento in riscaldamento invernale, la soluzione viene inviata nel circuito della sonda e, a contatto con il terreno più caldo, si riscalda e viene portata alla pompa di calore, che la utilizza come sorgente fredda. In fase di condizionamento estivo il ciclo viene invertito ed il sistema cede al terreno il calore estratto dall'ambiente interno, raffrescandolo. Grazie al fatto che il terreno è a temperatura costante durante tutto l'anno, la pompa di calore mantiene sempre un'efficienza elevata di esercizio.

### 8.1.5 Termocamino

Il termocamino (o camino termico) è un sistema per riscaldamento domestico alimentato a legna, alternativo o affiancato a altri impianti.

Il legno ha un elevato potere calorifero fra 3.280 chilocalorie/chilogrammo (kcal/kg) e 4.360 kcal/kg, a seconda del grado di umidità relativa (u.r.) e della specie d'origine. La legna di resinose o aghiformi o conifere ha un potere calorifico per kg. superiore rispetto alle latifoglie (ma massa volumica inferiore), a causa della resina contenuta, che però costituisce fonte di fuliggine se non convenientemente bruciata (richiede maggior ossigenazione e più alta temperatura di combustione).

Tabella 8.11 Vari tipi di legna ed il relativo potere calorifico espresso in kcal/kg, allo 0 % umidità.

abete	betulla	castagno	faggio	frassino	larice	pioppo	robinia
3.720	4.974	3.679	3.694	4.280	3.240	3.304	3.600

Esistono due tipologie di termo camini: uno ad aria e uno ad acqua.

Se funziona ad aria è dotato di più "bocchette" per l'erogazione dell'aria calda. Se funziona ad acqua è collegato direttamente o tramite scambiatori di calore all'impianto di riscaldamento a radiatori o a pavimento. È in grado di offrire una resa globale del 70-80%, ma la resa al fluido scende fra il 50 ed il 70%. In alternativa in un sistema integrato può essere collegato all'accumulo.

L'acqua del circuito si riscalda, circolando nello scambiatore di calore (A) e all'interno dell'intercapedine (B) che si estende sul fondo del camino. L'intercapedine è realizzata con lamiera di acciaio o ghisa di notevole spessore.

In fase di accensione, per agevolare l'avvio della combustione la serranda fumi (C) resta in posizione di apertura, in modo che i fumi possano defluire verso la canna fumaria (D) senza ostacoli. Quando la combustione è ben avviata, chiudendo il portellone si chiude automaticamente anche la serranda fumi (C). In questo assetto, i fumi prima di raggiungere la canna fumaria deviano in modo da lambire, e cedere calore, sia alle intercapedini (B) che allo scambiatore di calore (A).

Altri componenti solitamente presenti sono:

- (E) isolante termico sulla volta
- (F) serranda fumi
- (G) vetroceramico resistente a 800 °C

Dimensionare e calcolare la potenza di un termo camino è molto complicato per la natura stessa del combustibile: Il potere calorifero del legno varia a seconda del tipo di legno, e la potenza erogata varia a seconda della quantità immessa nella camera di combustione. Le schede tecniche riportano comunque le potenze e i coefficienti di rendimento ma sono calcolate in condizioni ideali che difficilmente rispecchiano il reale funzionamento. Per tanto è da considerarsi per un impianto di riscaldamento e produzione di ACS come un valore aggiunto.

A differenza degli altri sistemi di sfruttamento di risorse rinnovabili durante il suo funzionamento il termocamino produce CO<sub>2</sub>. Ciò nonostante il suo impatto ambientale è = 0, perché il consumo di legna lascia invariato il bilancio di anidride carbonica dell'atmosfera. L'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) emessa dalla combustione di una biomassa equivale alla quantità che la pianta stessa assorbe durante il suo

ciclo di vita; non vi è quindi alcun contributo netto all'aumento del livello di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.

Il legno, alla pari degli altri combustibili, ha bisogno, per bruciare, di ossigeno e di un ambiente adatto ad innescare e mantenere la combustione. Nello specifico l'ossigeno viene prelevato dall'aria circostante e la camera di combustione deve trovarsi ad elevata temperatura.

Dopo l'avviamento è necessaria una massa critica e un caricamento che permetta una buona ossigenazione. In altri termini, la combustione non sarà ottimale se sarà caricato un ciocco per volta o, all'opposto, se saranno caricati e compattati troppi ciocchi.

La combustione del legno è un processo molto complesso ma, nel nostro caso, è sufficiente distinguere alcune fasi fondamentali:

- Evaporazione: in questa fase l'acqua ancora presente nel legno viene evaporata dal calore del fuoco circostante.
- Pirolisi: si tratta, sostanzialmente, della decomposizione del legno essiccato, in una miscela di gas volatili e carbone.
- Combustione: in presenza di ossigeno e di appropriate temperature in camera di combustione i gas ed il carbone bruciano emettendo una grande quantità di energia e la CO<sub>2</sub> che il legno aveva immagazzinato durante la sua crescita.

Si sente spesso dire che il fumo di legna è molto inquinante e ciò corrisponde al vero se la combustione non è buona perché avviene in difetto di ossigeno e/o a temperature non ottimali come ad esempio quando si bruciano ramaglie all'aperto.

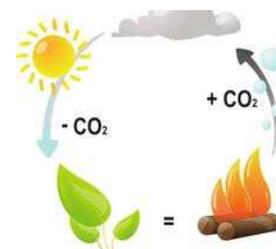
Ma se la combustione avviene in maniera controllata e con

I residui solidi sono determinati dalla natura del legno e dalla conduzione del termocamino. Si possono identificare diversi tipi di residui:

- Le ceneri: sono un miscuglio di ossidi di silicio, magnesio, calcio e potassio e si raccolgono sul letto di combustione. Possono essere utilizzate come fertilizzanti, o venire depositati nei cassonetti per "Secco Urbano" indifferenziato.
- I creosoti: sono un miscuglio, nero e maleodorante, di fuliggine, condensa e idrocarburi incombusti. Si formano e si raccolgono nelle zone fredde della caldaia e della canna fumaria. Se il termocamino è mantenuto correttamente è improbabile che si formino. I creosoti sono infiammabili, vanno rimossi per evitare pericoli di incendio e possono essere reimmessi in camera di combustione in quanto contengono ancora una apprezzabile quantità di energia. Si tratti di ceneri o creosoti, l'importante è pulire frequentemente, almeno ogni 50 ore di funzionamento.

Il legno è considerata una risorsa rinnovabile solo se si rispettano dei limiti di sfruttamento, come ne abbiamo discusso nel capitolo 1. A Nesolio la risorsa è disponibile in gran quantità grazie ai boschi che lo circondano. Un suo sfruttamento derivante da opere di pulizia e taglio controllato non potrebbe che giovare all'ambiente locale e globale, per non contare il risparmio economico.

*La combustione*



*I residui della combustione*

## 8.2 La pompa di calore

Non avendo accesso alla rete gas-metano e per poter utilizzare al meglio l'energia prodotta dalle fonti rinnovabili (idroelettrico, fotovoltaico, solare termico, biomassa e geotermico) si è deciso di utilizzare una pompa di calore.

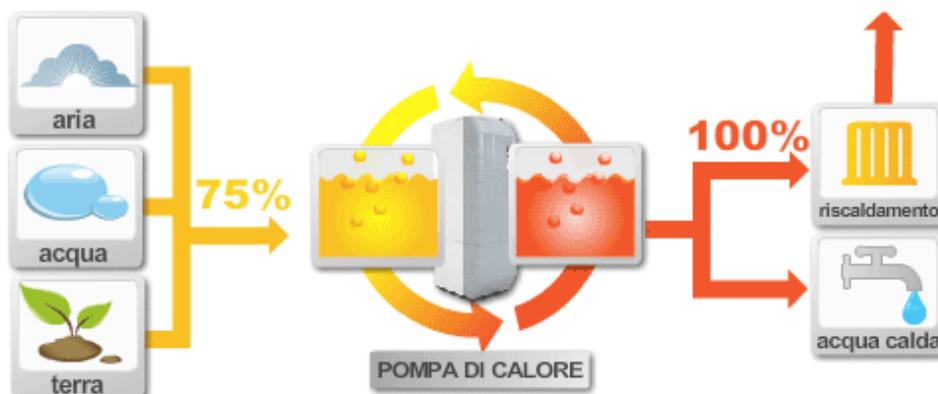


Figura 8.14 Schema input e output di una pompa di calore

La pompa di calore è una macchina in grado di trasferire calore da un ambiente a temperatura più bassa ad un altro a temperatura più alta. Essa opera con lo stesso principio del frigorifero e del condizionatore d'aria.

La pompa di calore è costituita da un circuito chiuso, percorso da uno speciale gas (frigorifero) che, a seconda delle condizioni di temperatura e di pressione in cui si trova, assume lo stato di liquido o di vapore.

Il circuito chiuso è costituito da:

- un compressore
- un condensatore
- una valvola di espansione
- un evaporatore

Il condensatore e l'evaporatore sono costituiti da scambiatori di calore, cioè tubi posti a contatto con un fluido di servizio (che può essere acqua o aria) nei quali scorre il fluido frigorifero. Questo cede calore al condensatore e lo sottrae all'evaporatore. I componenti del circuito possono essere sia raggruppati in un unico blocco, sia divisi in due parti (sistemi "SPLIT") raccordate dai tubi nei quali circola il fluido frigorifero. Nel funzionamento il fluido frigorifero, all'interno del circuito, subisce le seguenti trasformazioni:

- Compressione: il fluido frigorifero allo stato gassoso e a bassa pressione, proveniente dall'evaporatore, viene portato ad alta pressione; nella compressione si riscalda assorbendo una certa quantità di calore.
- Condensazione: il fluido frigorifero, proveniente dal compressore, passa dallo stato gassoso a quello liquido cedendo calore all'esterno.
- Espansione: passando attraverso la valvola di espansione il fluido frigorifero liquido si trasforma parzialmente in vapore e si raffredda.
- Evaporazione: il fluido frigorifero assorbe calore dall'esterno ed evapora completamente.

L'insieme di queste trasformazioni costituisce il ciclo della pompa di calore: fornendo energia con il compressore, al fluido frigorifero, questo, nell'evaporatore, assorbe calore dal mezzo circostante e, tramite il condensatore, lo cede al mezzo da riscaldare.

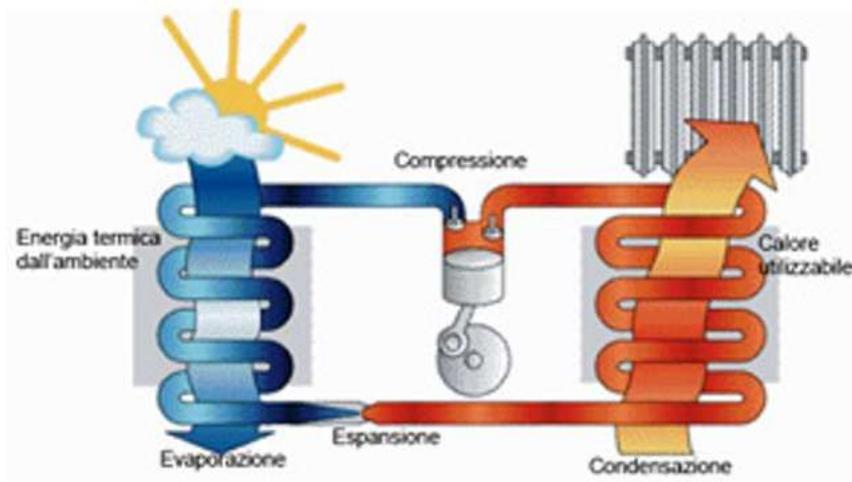


Figura 8.15 Schema funzionamento di una pompa di calore

Nel corso del suo funzionamento, la pompa di calore: consuma energia elettrica nel compressore, assorbe calore nell'evaporatore, dal mezzo circostante, che può essere aria o acqua cede calore al mezzo da riscaldare nel condensatore (aria o acqua).

Il vantaggio nell'uso della pompa di calore deriva dalla sua capacità di fornire più energia (calore) di quella elettrica impiegata per il suo funzionamento in quanto estrae calore dall'ambiente esterno (aria-acqua).

L'efficienza di una pompa di calore è misurata dal coefficiente di prestazione "C.O.P." che è il rapporto tra energia fornita (calore ceduto al mezzo da riscaldare) ed energia elettrica consumata. Il C.O.P. è variabile a seconda del tipo di pompa di calore e delle condizioni di funzionamento ed ha, in genere, valori compresi tra 3 e 5. Questo vuol dire che per 1 kWh di energia elettrica consumato, fornirà 3/5 kWh (2580 kcal) di calore al mezzo da riscaldare.

Il C.O.P. sarà tanto maggiore quanto più bassa è la temperatura a cui il calore viene ceduto (nel condensatore) e quanto più alta quella della sorgente da cui viene assorbito (nell'evaporatore). Va tenuto conto inoltre che la potenza termica resa dalla pompa di calore dipende dalla temperatura a cui la stessa assorbe calore.

Il mezzo esterno da cui si estrae calore è detto sorgente fredda. Nella pompa di calore il fluido frigorifero assorbe calore dalla sorgente fredda tramite l'evaporatore.

Le principali sorgenti fredde sono:

- l'aria: esterna al locale dove è installata la pompa di calore oppure estratta dal locale dove è installata la pompa di calore
- l'acqua: di falda, di fiume, di lago quando questa è presente in prossimità dei locali da riscaldare a ridotta profondità, o di serbatoi riscaldati dal sole.
- Il terreno: il terreno già ad una profondità di un metro ha temperature costanti durante l'arco dell'anno che variano dai 8 ai 15 gradi.

L'aria o l'acqua da riscaldare sono detti pozzo caldo.

Nel condensatore il fluido frigorifero cede al pozzo caldo sia il calore prelevato dalla sorgente fredda che l'energia fornita dal compressore.

Il calore può essere ceduto all'ambiente attraverso:

- ventilconvettori, costituiti da armadietti nei quali l'aria viene fatta circolare sopra corpi scaldanti;
- serpentine inserite nel pavimento, nelle quali circola acqua calda;

- canalizzazioni, che trasferiscono direttamente il calore prodotto dalla pompa di calore ai diversi locali.

Le pompe di calore si distinguono in base alla sorgente fredda e al pozzo caldo che utilizzano. Possono quindi essere del tipo:

- aria-acqua
- acqua-acqua
- acqua-aria

L'aria come sorgente fredda ha il vantaggio di essere disponibile ovunque; tuttavia la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce con la temperatura della sorgente. Nel caso si utilizzi l'aria esterna, è necessario (intorno a 0°C), un sistema di sbrinamento che comporta un ulteriore consumo di energia.

Diverso e più vantaggioso, è l'impiego come sorgente fredda dell'aria interna viziata (aria estratta) che deve essere comunque rinnovata.

L'acqua come sorgente garantisce le prestazioni della pompa di calore senza risentire delle condizioni climatiche esterne; tuttavia richiede un costo addizionale dovuto al sistema di adduzione.

Il terreno, come sorgente ha il vantaggio di subire minori sbalzi di temperatura rispetto all'aria. Le tubazioni orizzontali vanno interrate ad una profondità minima da 1 a 1,5 metri per non risentire troppo delle variazioni di temperatura dell'aria esterna e mantenere i benefici effetti dell'insolazione. È necessaria una estensione di terreno da 1 a 1,5 volte la superficie dei locali da riscaldare. Si tratta quindi di una soluzione costosa, sia per il terreno necessario che per la complessità dell'impianto.

### *Applicazioni*

Le possibili applicazioni della pompa di calore sono:

- Climatizzazione degli ambienti

È ormai attuale l'applicazione della pompa di calore per la climatizzazione degli ambienti nel settore residenziale e nel terziario (esercizi commerciali di medie dimensioni; parrucchieri; cucine di ristoranti; studi professionali), in alternativa ai sistemi convenzionali composti da refrigeratore più caldaia. La stessa macchina infatti, mediante una semplice valvola, è in grado di scambiare tra loro le funzioni dell'evaporatore e del condensatore, fornendo così calore in inverno e freddo in estate (tipo Invertibile).

L'applicazione della pompa di calore alla climatizzazione ambientale (riscaldamento + raffrescamento) è la più conveniente poiché comporta un minor tempo di ammortamento del costo d'impianto rispetto ad un utilizzo per il solo riscaldamento. Nel caso di edifici esistenti, l'applicazione della pompa di calore per il condizionamento degli ambienti, sia invernale che estivo, richiede un intervento di ristrutturazione dell'intero impianto termico ed elettrico, con conseguente maggior costo.

- la climatizzazione delle piscine, l'essiccazione e processi tecnologici a bassa temperatura nell'industria agro-alimentare, ecc.
- Riscaldamento degli ambienti e dell'acqua sanitaria  
La pompa di calore può essere utilizzata anche per la sola produzione di calore per il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua sanitaria.

### *Dimensionamento e scelta*

Nella scelta della pompa di calore occorre considerare:

- le caratteristiche climatiche del luogo dove viene installata
- Le possibili sorgenti fredde
- le caratteristiche tipologiche dell'edificio
- le condizioni di impiego
- il fabbisogno termico dell'edificio da riscaldare o da raffrescare.
- la temperatura massima per l'impianto

#### Vantaggi:

- Indipendenza energetica: il collegamento della pompa di calore ad impianti che producono elettricità da fonti alternative, come il fotovoltaico, è possibile raggiungere la completa indipendenza energetica.
- Sfruttamento di energia termica da fonti rinnovabili: possibile mettere a sistema un impianto che sfrutti in modo sinergico l'energia termica del terreno o dell'acqua di falda, nonché del solare termico.
- Risparmio nei costi di gestione. Oltre al possibile sfruttamento di risorse rinnovabili che comportano un abbassamento dei consumi di elettricità, nella fase di riscaldamento si ottiene un alto risparmio energetico se si abbina la pompa di calore ad un impianto a bassa temperatura, ossia un impianto radiante dove la temperatura di circolazione è mediamente di 30-35°C. In linea di massima, dividendo il fabbisogno termico per il COP della macchina si può ottenere una stima del consumo istantaneo della pompa di calore.
- Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Non si produce più localmente CO<sub>2</sub> (si evita tra l'altro il costo annuale dei controlli dei fumi al camino) e se la si abbina con pannelli fotovoltaico non lo si ha più neanche a livello globale. Si ricordi che la CO<sub>2</sub> prodotta nel ciclo di produzione dei pannelli la si recupera già dopo due anni dal loro utilizzo.
- Un unico impianto per riscaldamento, raffrescamento e acs
- Eliminazione di impianti del gas, canne fumarie e fiamme libere in casa che sono fonte di rischio di esplosione o di avvelenamento a seguito di combustione imperfetta.
- Incentivi: nel caso d'installazione di pompe di calore in edifici esistenti è possibile detrarre il 55% della somma investita, installazione ed IVA comprese. Periodicamente sono anche previsti contributi regionali; l'applicazione dell'IVA ridotta per le opere d'installazione è sempre possibile.

*Vantaggi e svantaggi*

#### Svantaggi:

- Nel caso di pompe di calore per riscaldamento e condizionamento di tutta l'abitazione è spesso necessario un aumento della fornitura esistente. Ciò può determinare, tuttavia, tariffe meno convenienti. In questi casi consigliamo l'attivazione di un "secondo contatore" con tariffa fissa indipendente dai consumi. Questa opzione aumenta la convenienza della pompa di calore.
- Il COP delle pompe di calore che sfruttano l'aria si riduce quando devono operare in climi molto freddi, con temperature frequentemente al di sotto dei -5°C. In tali casi, è inevitabile ricorrere alle pompe di calore geotermiche (che sfruttano il terreno o l'acqua sotterranea, che rimane a temperatura relativamente costante durante tutto l'anno a prescindere dalla stagione, come fonte o come dispersore di calore) il cui COP è maggiore rispetto alla pompa che sfrutta l'aria ed è costante durante l'anno ma la sua installazione e gestione è più difficoltosa e onerosa.

#### Prescrizioni:

- È importante prevenire la formazione della condensa utilizzando una adeguata coibentazione delle tubazioni che trasportano fluidi freddi nei tratti interni ai locali.
- È bene verificare che la temperatura minima di funzionamento della pompa di calore, nella località in cui viene installata, non sia inferiore a quella minima raggiungibile dall'aria esterna. In caso contrario sarà necessario usare una caldaia ad integrazione.
- È opportuno prevedere uno scarico della condensa che si forma sull'evaporatore, ad esempio mediante, un'apposita vasca o un tubo di scarico.
- Infine è necessario prevedere un contratto elettrico con un impegno di potenza tale da garantire il funzionamento della pompa di calore prescelta (superiore ai

*Prescrizioni*

3 kW generalmente previsti per le utenze domestiche) e fare effettuare il primo avviamento a tecnici competenti nella installazione

### *Pompa di calore multimodale*

Una pompa di calore multimodale attinge energia da acqua o aria a seconda delle necessità e delle possibilità (tipo Zero vero distribuita da Natura Power) in abbinamento ad un accumulatore combinato multistrato.

Questo tipo di pompa di calore assorbe energia termica attraverso lo scambiatore evaporatore a piastre. La pompa evaporatore spilla acqua (a 12°C) dalla parte intermedia dell'accumulo a stratificazione e la cede alla temperatura di 2°C nella parte inferiore dell'accumulo. L'energia termica acquisita dal gas a seguito dell'evaporazione sommata a quella della compressione vengono cedute ad una temperatura superiore allo scambiatore condensatore a piastre. Si riesce a garantire l'energia termica al circuito di riscaldamento e quella eccedente all'accumulo a stratificazione. Si possono così evitare pendolamenti nel funzionamento dei compressori e si distribuisce in modo lineare l'energia termica all'impianto di riscaldamento, questo perché nella parte alta dell'accumulatore (più è calda più è leggera) ci sarà acqua sufficientemente calda per fornire energia necessaria per la produzione di ACS e nella parte bassa dell'accumulatore ci sarà acqua sufficientemente fredda per accogliere energia solare a bassissime temperature (quindi si riesce a sfruttare l'energia termica del solare termico già intorno ai 10 °C). L'accumulo solare funge da vero e proprio stratificatore, che a differenza degli accumulatori solari standard, impedisce la miscelazione tra acqua fredda e acqua calda. La centralina elettronica econtrol, installata sulla pompa di calore, controlla la pompa condensatore variandone la velocità di rotazione in modo tale da mantenere la temperatura di condensazione uguale alla temperatura di mandata circuito riscaldamento uguale al parametro richiesto dalla curva climatica. La pompa di calore è dotata di due compressori rotativi di potenza differente: il primo copre il 33% della potenza il secondo il rimanente 66%; permettendo una maggiore flessibilità di funzionamento alle diverse condizioni di carico con minori fabbisogni elettrici. Abbiamo due scambiatori dimensionati per lavorare con la massima potenza (i due compressori) ma in realtà, a parte il caso dei picchi di richiesta che sono poche ore all'anno, lavora solo il primo compressore, quindi le possibilità di risparmio sono ancora maggiori.

Nei casi possibili, dove è possibile installare un'unità esterna durante il giorno, quando la temperatura è mite (superiore allo zero) la pompa preleva aria dall'esterno accumulando energia termica nell'accumulatore che poi si va ad utilizzare durante la notte. Dove è inoltre possibile sfruttare il geotermico all'unità esterna si sostituisce un impianto captatore di energia geotermica orizzontale che può sfruttare la temperatura della terra.

La pompa di calore è equipaggiata di una centralina elettronica con microprocessore e software che in base alla temperatura e all'umidità desiderati nei diversi locali, temperatura mandata impianto controlla e gestisce tutti i componenti del sistema integrato in modo da ottimizzarne il funzionamento (se far funzionare la pompa di calore che preleva energia termica dall'aria o al geotermico a seconda dei casi o utilizzare l'energia termica acquisita con il solare termico) e ridurre così al minimo il fabbisogno di energia elettrica.

## 8.3 Impianto

Nel nostro caso la pompa di calore con un accumulatore riuscirebbe a mettere a sistema tutti gli apporti da risorse rinnovabili:

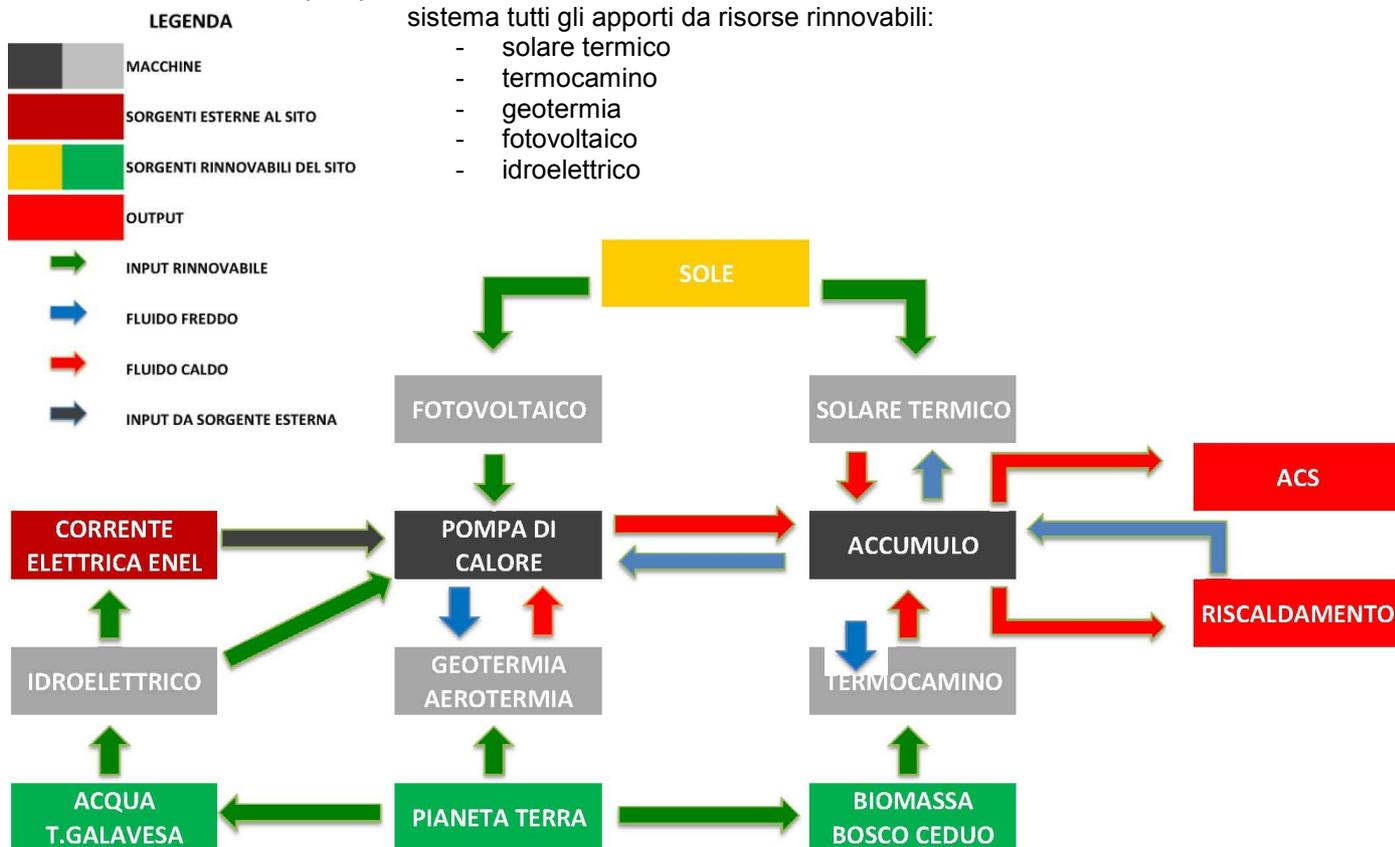
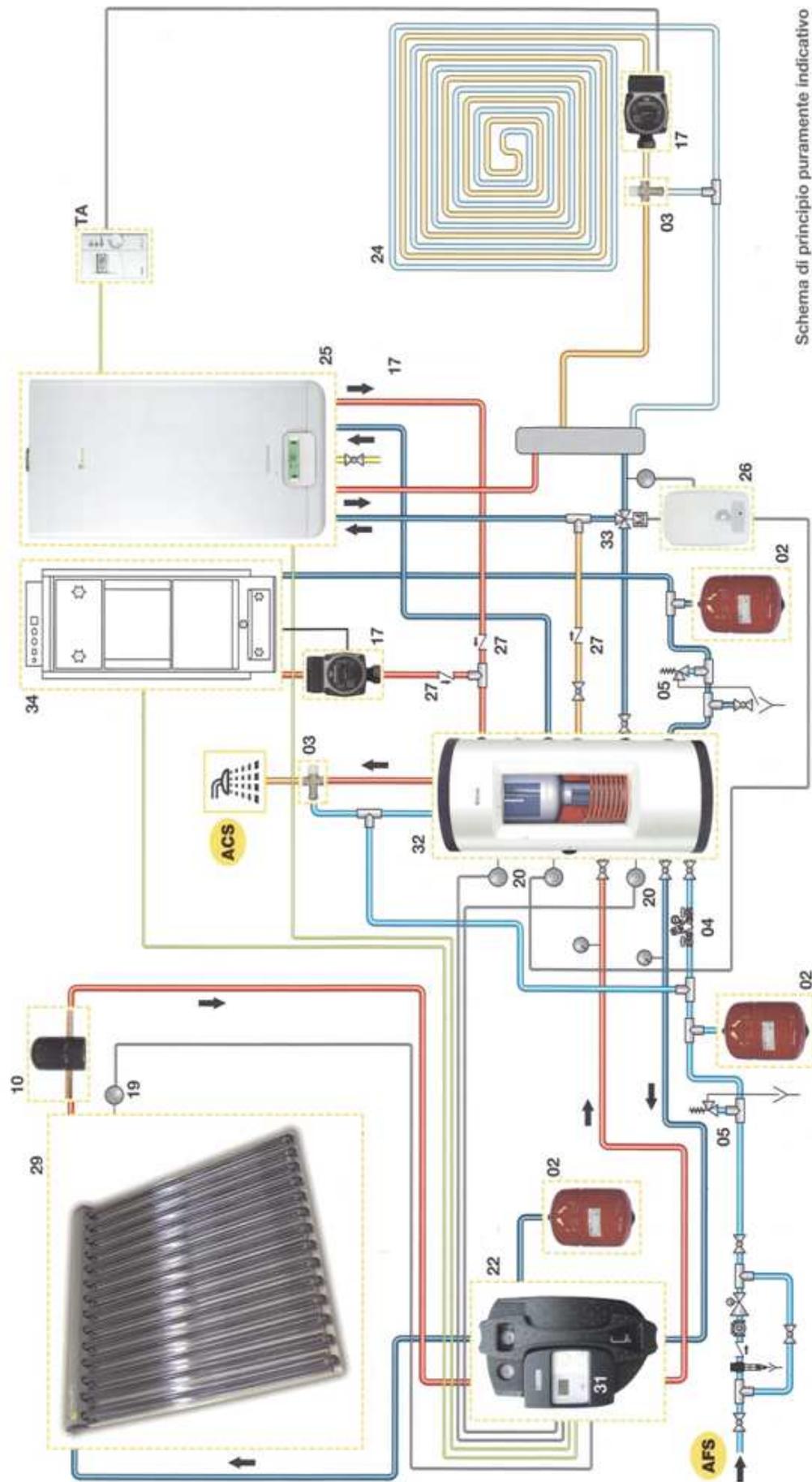


Figura 8.16 Schema impianto

Nella pagina a fianco uno schema dettagliato dell'impianto. Non sono evidenziati però i contributi del fotovoltaico, che fornisce energia elettrica alla pompa di calore e l'impianto geotermico che fornisce energia termica sempre alla pompa di calore: sistema solare per produzione di acs ed integrazione riscaldamento con pompa di calore, termo camino, e accumulatore tank in tank.

Legenda:

- |                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 02.Vaso di espansione                | 25.Pompa di calore                |
| 03.Valvola miscelatrice termostatica | 26.Termostato                     |
| 04.Carico impianto con disconnettere | 27.Valvola unidirezionale         |
| 05.Valvola di sicurezza              | 29.Collectore solare sottovuoto   |
| 10.Degasatore manuale                | 31.Centralina solare              |
| 17.Pompa riscaldamento               | 32.Accumulatore inerziale         |
| 19.Sonda collettore                  | 33.Valvola deviatrice motorizzata |
| 20.Sonda bollitore                   | 34.Termo camino                   |
| 22.Grupo idraulico mandata/ritorno   | TA.Termostato ambiente            |
| 24.Impianto bassa temperatura        | ACS.Acqua calda sanitaria         |
|                                      | AFS.Acqua fredda sanitaria        |



Schema di principio puramente indicativo

## 8.4 Calcolo impianti edificio 16 e 17

Gli impianti dimensionati sono:

- centrale termica per impianto di riscaldamento e produzione ACS
- fotovoltaico
- solare termico

Considerando la posizione del sito viene presa in considerazione solo il fabbisogno invernale.

Dati i limitati spazi disponibili e i moderati livelli di fabbisogno termico di ciascuna unità si è deciso non di installare una centrale termica per edificio ma una ogni due o tre utenze.

Nel caso in esame si dimensionano gli impianti per gli edifici 16 e 17.

L'impianto di riscaldamento sarà costituito secondo lo schema individuato nel paragrafo precedente: sistema solare per produzione di acs ed integrazione riscaldamento con pompa di calore multimodale acqua-acqua con geotermico orizzontale, termo camino, e accumulo tank in tank.

### 8.4.1 Potenza termica invernale

Durante il periodo invernale la temperatura interna  $T_i$  viene mantenuta al di sopra di quella esterna  $T_e$ . Di conseguenza vi sarà una potenza termica che si sposterà dall'interno verso l'esterno, attraversando tutti i componenti edilizi di confine. L'entità di tale potenza termica dispersa dipenderà ovviamente dalle caratteristiche dei materiali che costituiscono le chiusure perimetrali. La potenza termica  $Q$  che deve essere fornita per mantenere l'ambiente confinato ad una prefissata temperatura interna di progetto, si definisce carico termico invernale dell'edificio.

Il sistema che fornisce all'ambiente interno la potenza termica richiesta è l'impianto di riscaldamento, il cui dimensionamento è quindi dipendente dal carico termico invernale. Per dimensionare correttamente l'impianto va però calcolato il carico termico per locale.

Per valutare il carico termico occorre quindi calcolare le caratteristiche termofisiche dell'involucro:

- Chiusure verticali opache
- Serramenti esterni (vetri, telai, orientamento, presenza di sistemi di oscuramento esterni ed interni)
- Chiusure orizzontali (coperture, solette su cantinati, ecc.)

Nel calcolo dovranno essere considerate le seguenti dispersioni di calore:

- Trasmissione attraverso le strutture verso l'esterno (pareti opache e trasparenti)
- Trasmissione attraverso le strutture verso gli ambienti non riscaldati o con temperature diverse da quelle dell'ambiente considerato
- Ponti termici
- Ventilazione dei locali

La potenza termica uscente  $\Phi$  risulta complessivamente costituita dalla somma delle dispersioni. Fissiamo i parametri:

- zona climatica E, gradi giorno 2863
- temperatura dell'aria all'interno dell'edificio,  $T_i = 20^\circ\text{C}$
- temperatura dell'aria all'interno dell'edificio,  $T_i = -5^\circ\text{C}$
- umidità relativa dell'aria all'interno 65 %
- numero di ricambi d'aria, 0,5 l'ora
- eventuali apporti di energia termica gratuiti non considerati per calcolare la peggiore delle ipotesi
- proprietà termofisiche dei materiali che costituiscono l'involucro edilizio con relativo calcolo della trasmittanza  $K$ , riportate nella tabella.

*Parametri per il  
calcolo del carico  
termico*

Tabella 8.12 Calcolo trasmittanza pareti

unità	ed 17		ed 16	
	<b>CV 3. chiusura verticale</b>		<b>CV 6. chiusura verticale</b>	
m	0,52	muratura roccia calcare ( $\lambda= 2,9$ )	0,52	muratura
m	0,03	rasatura calce canapulo	0,03	rasatura calce canapulo
m	0,12	isolante materassino fibra di canapa	0,1	isolante materassino fibra di canapa
m	0,025	betulla tavolato interno		carta Kraft oleata freno a vapore
m	0,025	betulla tavolato interno	0,1	x-lam mhm
m	0,72	spessore	0,75	spessore
g/m <sup>2</sup>	<500	condensa	<500	condensa
W/m <sup>2</sup> k	0,26	trasmittanza	0,24	trasmittanza
	<b>CS 2. chiusura superiore inclinata</b>		<b>CS 3. chiusura superiore inclinata</b>	
m	0,01	manto di copertura cotto	0,01	manto di copertura cotto
m	0,05	camera d'aria ventilata	0,05	camera d'aria ventilata
m		carta Kraft oleata impermeabilizzazione		carta Kraft oleata impermeabilizzazione
m	0,02	pannello legno idrofobo sottotegola	0,02	pannello legno idrofobo sottotegola
m	0,13	isolante morbido 0,06 +0,07 fibra di canapa	0,2	isolante morbido 0,1 +0,1 fibra di canapa
m	0,14	lignatur		carta Kraft oleata freno a vapore
m			0,125	x-lam mhm
m	0,35	spessore	0,405	spessore
g/m <sup>2</sup>	<500	condensa	<500	condensa
W/m <sup>2</sup> k	0,24	trasmittanza	0,14	trasmittanza
	<b>CV 4.chiusura verticale contro terra</b>		<b>CV 7. chiusura verticale contro terra</b>	
m	0,52	muratura roccia calcare	0,04	bentonite
m	0,025	rasatura in calce bentonitica	0,2	c.a
m	0,12	isolante materassino fibra di canapa	0,725	muro in pietra
m		carta Kraft oleata freno a vapore	0,025	rasatura in calce canapulo
m	0,025	betulla tavolato interno	0,1	isolante materassino fibra di canapa
m	0,025	betulla tavolato interno		carta Kraft oleata freno a vapore
m			0,1	x-lam mhm
m	0,715	spessore	1,19	spessore
g/m <sup>2</sup>	<500	condensa	<500	condensa
W/m <sup>2</sup> k	0,27	trasmittanza	0,22	trasmittanza
	<b>CI 2. chiusura inferiore</b>		<b>CI 3. chiusura inferiore</b>	
m		camera d'aria ventilata		camera d'aria ventilata
m	0,08	soletta collaborante	0,08	soletta collaborante
m	0,06	massetto per impianti calce canapulo	0,08	PANNELLO ISOLANTE IDROFOBIZZATO 4+4
m	0,06	isolante fibra di legno ad alta densità	0,06	MASSETTO IMPIANTISTICO CALCECANAPULO
m	0,03	pannello presagomato in fibra di legno idr.	0,03	pannello presagomato in fibra di legno idr.
m	0,035	massetto a secco sabbia finissima	0,05	massetto a secco sabbia finissima
m		carta Kraft oleata freno a vapore		carta Kraft oleata freno a vapore
m	0,015	pavimento betulla listoni inchiodati	0,015	pavimento BETULLA listoni inchiodati
m	0,28	spessore	0,315	spessore
g/m <sup>2</sup>	<500	condensa	<500	condensa
W/m <sup>2</sup> k	0,3	trasmittanza	0,27	trasmittanza
	<b>CV 5. chiusura verticale (elevazione)</b>		<b>CV 8. chiusura verticale (elevazione)</b>	
m	0,03	camera d'aria ventilata	0,03	camera d'aria ventilata
m		carta kraft freno al vapore antivento		CARTA KRAFT feno al vapore antivento
m	0,125	x-lam mhm	0,2	isolante materassino fibra di canapa
m				CARTA KRAFT freno al vapore
m	0,1	isolante materassino fibra di canapa		
m	0,05	betulla	0,125	MHM
m	0,305	spessore	0,355	spessore
g/m <sup>2</sup>	<500	condensa	<500	condensa
W/m <sup>2</sup> k	0,2	trasmittanza	0,16	trasmittanza

Nel caso del calcolo della trasmittanza della chiusura inclinata dell'edificio 17 si è calcolato attraverso una media pesata tra quella sulle travi e quella sull'isolante. Inoltre abbiamo distinto la falda ovest (S2a) da quella est (S2b) per diversa incidenza delle travi. Pertanto si è ottenuto  $K = 0,24 \text{ W/m}^2\text{k}$  per la falda ovest e  $0,21 \text{ W/m}^2\text{k}$  per la falda est.

Per le chiusure trasparenti si è utilizzato un triplo vetro a doppia camera ad elevate prestazione termiche con infisso in legno:

$K_{\text{vetro}} = 0,6 \text{ W/m}^2\text{k}$

$K_{\text{infisso}} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{k}$

Tabella 8.13 Trasmittanza e superfici disperdenti edificio 16 e 17

Ed 17			Ed 16		
stratigrafia	K W/m <sup>2</sup> k	Superficie disperdente m <sup>2</sup>	stratigrafia	K W/m <sup>2</sup> k	Superficie disperdente m <sup>2</sup>
S1	0,26	143,10	X1	0,24	136,44
S2a	0,24	15,79	X2	0,14	26,88
S2b	0,21	15,79	X3	0,23	52,23
S3	0,27	41,08	X4	0,27	34,13
S4	0,20	40,48	X5	0,16	5,92
S5	0,30	29,36	vetri	0,60	7,75
vetri	0,60	10,97	infissi	1,30	5,51
infissi	1,30	4,84			

In generale il calcolo di Q per trasmissione avviene con la seguente formula:

$$Q = K A (T_i - T_e)$$

*Q per trasmissione*

Con:

K = trasmittanza della chiusura

A = superficie disperdente

Mentre Q dato da ventilazione e infiltrazioni senza ventilazione meccanica è dato

$$Q = H_v (t_i - t_e)$$

*Q per ventilazione*

Con:

$$H_v = \rho c G$$

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 1000 \text{ J/kg K}$$

$$G = n V$$

n = numero di ricambi d'ora = 0,5

V = volume del locale

Tabella 8.14 Calcolo Q per ogni stanza edificio 17

locale	destinazione	superficie m <sup>2</sup>	volume m <sup>3</sup>	Qt kW	Qv kW	Q kW
1	ufficio	13,57	34,53	0,44	0,14	<b>0,59</b>
2	ingresso+wc	8,25	18,62	0,33	0,077	<b>0,41</b>
3	sala	13,65	35,24	0,24	0,15	<b>0,39</b>
4	wc	8,54	35,24	0,22	0,08	<b>0,30</b>
5	sala	24,30	76,32	0,74	0,32	<b>1,06</b>
totale		68,31	199,95	1,98	0,77	<b>2,44</b>

Tabella 8.15 Calcolo Q per ogni stanza edificio 16

locale	destinazione	superficie m <sup>2</sup>	volume m <sup>3</sup>	Qt kW	Qv kW	Q kW
1	sala ingresso	14,10	37,37	0,35	0,15	<b>0,51</b>
2	wc	5,50	14,58	0,07	0,06	<b>0,13</b>
3	camera	17,10	51,84	0,47	0,22	<b>0,69</b>
4	camera	17,10	60,33	0,57	0,25	<b>0,81</b>
totale		53,80	164,11	1,45	0,68	2,13

### 8.4.2 Impianto di riscaldamento

Per l'impianto di riscaldamento viene scelto un sistema radiante a pavimento che comporta bassi consumi ed inoltre è la scelta più idonea in abbinamento con il solare termico.

Questo tipo d'impianto si basa sulla circolazione di acqua calda a bassa temperatura (in genere tra i 30° e i 40 °C) in un circuito chiuso, che si sviluppa coprendo una superficie radiante molto elevata.

Vi sono diversi tipi di struttura di pavimenti radianti: la norma UNI EN 1264 ne distingue tre:

Tipo A: Impianti con tubi annegati nello strato di supporto

Tipo B: Impianti con tubi sotto lo strato di supporto

Tipo C: impianti annegati in uno strato livellante, in cui lo strato aderisce ad un doppio strato di separazione.

Nella versione più semplice (tipo A), il sistema viene realizzato inserendo un isolante sopra la soletta portante del pavimento; il materiale più diffuso è il polistirene espanso in lastre, lisce o con sagomature particolari, ma sono presenti sul mercato anche la fibra di legno, il sughero, il poliuretano e altri. Al di sopra dell'isolante vengono posate le tubazioni o i conduttori scaldanti, che vengono annegate completamente nel massetto, generalmente costituito da calcestruzzo. Infine, si ricopre il massetto con il rivestimento finale: solitamente piastrelle, ma anche parquet, linoleum, moquette, ecc.

Le tubazioni previste dalla norma per impianti ad acqua, sono di polietilene reticolato (PE-X), polibutilene (PB), polipropilene (PP), rame; l'uso dell'acciaio è stato abbandonato, sebbene i primissimi impianti fossero eseguiti con questo materiale. Il passo di posa è variabile, perfino all'interno dello stesso locale: il progettista può scegliere di infittire i passi laddove è necessaria una maggiore emissione termica, cioè vicino alle vetrature esterne. Per impianti realizzati con conduttori elettrici specifici, il sistema di installazione non varia, ma essendo essi di più facile lavorabilità, la realizzazione di un impianto risulta più semplice e veloce.

Per gli impianti ad acqua, le tubazioni in materiale plastico, in particolare quelle in PE-X, sono le più comuni: essendo flessibili e leggere, hanno una maggiore *facilità di posa*; esse devono essere dotate di uno strato barriera all'ossigeno, per proteggere l'impianto dalla corrosione. Seppure meno diffuse sul mercato, vengono installate anche tubazioni in rame. Il vantaggio di queste consiste nella loro altissima conduttività termica (390 W/(m\*K)), che permette una *efficienza* altrimenti non raggiungibile; il rame ha passi più ampi (in genere 20–25 cm), è impermeabile all'ossigeno e presenta una dilatazione termica più vicina a quella del massetto in cui è immerso.

Dal punto di vista storico, il primo edificio italiano di una certa importanza riscaldato con pannelli radianti è stato il Duomo di Lodi, per il quale nei primi anni '60 è stato scelto un impianto in rame, tuttora funzionante

#### Vantaggi e svantaggi

Rispetto ai tradizionali corpi scaldanti, cioè i radiatori, il pavimento radiante ha i seguenti vantaggi:

- Minori costi di esercizio: è un sistema a bassa temperatura, con tubazioni o conduttori elettrici che lavorano a circa 28-40 °C (nei comuni caloriferi: 70-80 °C). Nel caso di impianti ad acqua, è possibile collegare l'impianto ad un pannello solare, riducendo ulteriormente i costi del riscaldamento, la cui entità dipende dall'impianto e dalla tipologia di locali. I costi ed i consumi si riducono ulteriormente accoppiando il sistema ad una moderna caldaia a condensazione o a una pompa di calore.
- Libertà nell'arredo: la presenza di radiatori può limitare la creatività progettuale degli architetti. Al contrario, con i pavimenti radianti si 'liberano' spazi e si può sfruttare ogni angolo del locale.
- Maggior confort abitativo: Il benessere che si percepisce in un ambiente riscaldato con pannelli radianti è il massimo ad oggi ottenibile. La temperatura è uniforme e il caldo non si stratifica a soffitto.

Analogamente, il sistema a pannelli radianti presenta alcuni svantaggi da tenere presenti:

- Spessori del pavimento: i pannelli radianti richiedono uno spessore supplementare di 7–10 cm sul pavimento, che possono risultare problematici durante le ristrutturazioni. Questo sistema andrebbe realizzato contestualmente alla fase costruttiva dell'abitazione. Esistono comunque dei sistemi radianti a secco o ribassati che contengono gli spazi di installazione e sono adatti alle ristrutturazioni.
- Costi di realizzazione superiori: sono più elevati poiché è presente più materiale e maggiore risulta la relativa manodopera
- Necessità di una progettazione accurata e personalizzata: temperature superficiali del pavimento che si discostano dall'ottimale anche solo di qualche grado possono risultare non gradite agli occupanti del locale.

Nel caso in esame si sono ricercate le seguenti caratteristiche:

- materiali ecologici
- reversibilità
- minor altezza possibile
- minor carichi

La soluzione è stata quella di utilizzare un pannello presagomato di cm 3 in fibra di legno multistrato a densità variabile così da unire isolamento acustico con isolamento termico. Gli strati sono incollati con colla ecologica a base di amido di patate. I pannelli vengono accoppiati tra loro grazie a scanalature perimetrali maschio-femmina. Lo strato inferiore con densità di 170 Kg/m<sup>3</sup> e bassa rigidità dinamica (30 MN/m<sup>3</sup>) ha proprietà termiche e acustiche. Lo strato superiore con densità di 260 Kg/m<sup>3</sup> ha alta resistenza alla compressione e, essendo trattato con lattice naturale, è impermeabile all'acqua. Nelle sagomature passano le tubazioni del tipo Pex-C Ø 1,7 cm. Il massetto di cm 3,5 è realizzato con sabbia naturale finissima asciutta di fiume studiata per la diffusione del calore. Interposti tra gli elementi radianti dell'impianto vengono messi dei listelli di legno su cui vengono inchiodati dei listoni in legno grezzo. Tra i listelli e le tavole vengono applicati dei feltri in fibra di canapa per eliminare i rumori e le vibrazioni da calpestio.

*I materiali scelti*

Per lo studio del passo e della temperatura di mandata viene utilizzato un programma fornito da "Nicoll".

*Dimensionamento  
Impianto*

Gli impianti vengono studiati in modo separato tra i due edifici.

Ogni edificio è diviso in 3 zone, una per piano. Ogni zona è collegata a un collettore a due vie che poi è collegato alla pompa di calore.

Tabella 8.16 Dimensionamento impianto riscaldamento a pavimento edificio 17

Zona	Stanza	Superficie utile m <sup>2</sup>	Fabbisogno termico W	Temperatura di mandata °C	passo cm	circuiti	portata l/h
1	1	13,0	590	37	20	1	119
	2	8,0	410	37	20	1	82
2	3	13,7	390	37	25	1	70
	4	8,0	300	37	20	1	54
3	5	24,3	1060	37	20	2	37

Tabella 8.17 Dimensionamento impianto riscaldamento a pavimento edificio 16

Zona	Stanza	Superficie utile m <sup>2</sup>	Fabbisogno termico W	Temperatura di mandata °C	passo cm	circuiti	portata l/h
1	1	14,1	0,51	37	20	1	106
	2	4,0	0,13	37	20	1	27
2	3	17,1	0,69	37	25	1	123
3	4	17,1	0,81	37	20	1	145

Tabella 8.18 Dimensionamento riscaldamento a pavimento

	unità	Ed 17	Ed 16
Temperatura di mandata max	°C	37	37
Temperatura di ritorno minima	°C	31,6	31,6
Temperatura ambiente max	°C	20	20
Temperatura max superficiale	°C	25,3	25,3
Temperatura minima superficiale	°C	24,8	24,8
Fabbisogno termico	W	2750	2145
Integrazione al radiante	W	0	0
Potenza sopra superficie	W	2750	2140
Potenza sotto superficie	W	476	382
Potenza totale superficie	W	3226	2522
Potenza caldaia necessaria	W	3227	2522
Portata totale	l/h	513	401
Perdita di carico max	mm	631	1161
Velocità acqua max	ml/s	0,25	0,30
Contenuto acqua impianto	l	47	36
Superficie totale	m <sup>2</sup>	67	52

La potenza della caldaia totale necessaria per coprire il fabbisogno totale è 5,748kW

### 8.4.3 Consumo di acqua calda sanitaria (ACS)

Analogamente a come si procede per la climatizzazione invernale, per poter quantificare il fabbisogno di energia primaria per la produzione di ACS, si deve dapprima calcolare il fabbisogno e successivamente determinare la prestazioni del sistema dovute a tale fabbisogno.

Il fabbisogno di energia termica utile per acqua calda sanitaria si calcola in base alla portata di acqua per le varie destinazioni d'uso e alla differenza di temperatura di erogazione e di immissione.

L'energia termica richiesta per acqua calda sanitaria (acs)  $Q_w$ , in [kWh], è data da:

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times [V_w \times (\theta_{er} - \theta_o)] \times G$$

dove:

- $\rho_w$  è la massa volumica dell'acqua pari a 1000 [kg / m<sup>3</sup>]
- $c_w$  è il calore specifico dell'acqua, pari a  $1,162 \cdot 10^{-3}$  [kWh / (kg · K)];
- $V_w$  è il volume di acqua giornaliero richiesto dall'attività o servizio [m<sup>3</sup> / giorno]
- $\theta_{er}$  è la temperatura di erogazione dell'acqua [°C]
- $\theta_o$  è la temperatura dell'acqua fredda in ingresso [°C];
- $G$  è il numero di giorni del periodo di calcolo considerato [giorni].

*Calcolo della potenza necessaria per il fabbisogno di ACS*

Il volume di acqua richiesto deve essere calcolato con la formula:

$$V_w = a \cdot N_u \text{ [l/G]}$$

*Consumo giornaliero*

dove:

- $a$  è il fabbisogno giornaliero specifico [l/G] ed è compreso tra 1,8 e 1,3. Per SU compreso tra 51 e 200 m<sup>2</sup> è possibile utilizzare la formula:  $4,514 \cdot S_u^{-0,2356}$
- $N_u$  è il parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio.
- Nel caso di destinazioni d'uso residenziali il valore di  $N_u$  corrisponde con il valore della Superficie utile ( $S_u$ ) dell'abitazione.
- Il valore di  $a$  si ricava utilizzando le informazioni contenute nella tabella seguente

In tal caso il consumo di acqua giornaliero tra i due edifici ammonta a 210 l

Il consumo di acqua calda sanitaria però non è ripartito uniformemente nel corso di una giornata, ma risulta concentrato in intervalli temporali di durata limitata, definiti "periodi di punta".

*Consumo massimo orario*

Nei periodi di punta si verificano il massimo consumo contemporaneo di acqua calda per cui l'impianto di preparazione di ACS deve essere in grado di soddisfare tali necessità.

Le abitudini dell'utenza determinano la durata del periodo di punta, noto il quale è possibile determinare la potenza necessaria alla produzione di ACS.

Tabella 8.19 Durate dei periodi di punta di acqua calda in funzione del tipo di utenza.

Tipo di utenza	Durata periodo di punta (h)
Abitazione fino a 4 vani	2-2,5
Abitazione oltre 4 vani	3,0
Alberghi e pensioni*	2,5-4
Uffici	1,0
Ospedali e cliniche	3-4
Centri sportivi**	1,0
Spogliatoi e stabilimenti**	1,0

Per determinare il consumo totale di acqua calda nel periodo di punta occorre anche tener conto degli apparecchi sanitari installati e della loro frequenza di uso.

Tabella 8.20 I consumi di acqua calda dei normali apparecchi sanitari per singoli utilizzatori:

Apparecchio	Consumo per singolo utilizzo (l)	Portata per utenza l/s
Vasca da bagno	120 - 160	0,2
Doccia	50 - 60	0,2
Lavabo	10 - 12	0,1
Bidet	8 - 10	0,1
Lavello da cucina	15 - 20	0,15

Per la determinazione del massimo uso contemporaneo di acqua calda a 40°C la norma UNI 9182 propone la seguente formula:

$$Q_m = \sum ((q_i \cdot N_i) / d_i) = (l/m)$$

Dove:

- $q_i$ : consumo del singolo apparecchio in litri (l);
- $N_i$ : numero di unità corrispondenti ai consumi  $q_i$ ;
- $d_i$ : durate corrispondenti ai consumi  $q_i$  in ore (h).

Le durate corrispondenti ai consumi dipendono dal particolare tipo di utenza per cui in relazione all'intensità di utilizzo occorre stabilire quante volte ciascun apparecchio è utilizzato durante il periodo di punta.

Nelle applicazioni di tipo residenziale si può ragionevolmente assumere che ciascun apparecchio sia impiegato una volta all'ora.  
Per le abitazioni occorre tener conto di alcuni fattori correttivi che tengono conto del numero di alloggi: all'aumentare degli utenti si riducono le probabilità di utilizzi contemporanei degli apparecchi sanitari.

Tabella 8.21 Fattori di moltiplicazione per la portata max. contemporanea. \*n = numero di alloggi

Numero alloggi	Fattore di moltiplicazione Fall
1	1,2
2	0,9
3	0,7
3 - 8	$0,92^{(n-3)} * 0,73$
9 - 25	$0,985^{(n-9)} * 0,48$

La portata oraria contemporanea per applicazioni residenziali è:

$$Q_{\text{mall}} = Q_m * \text{Fall} * 1,2 * 0,8 * 1,06^{(m-1)} = (\text{l/h})$$

con m numero medio dei vani per alloggio.

Tabella 8.22 Calcolo consumi edificio 16 e 17

UtENZE	n° utenze	Consumo nell'ora di punta(l)	Portata (l/s)
Lavello	1	15	0,15
Doccia	1	50	0,2
Lavabo	3	30	0,3
Totale	5	95	0,65

Consideriamo entrambi gli edifici destinati ad abitazione. Pertanto il consumo massimo orario diventa:

$$Q_m = 95 \text{ l/h} \times 2 = 190 \text{ l/h}$$

$$Q_{\text{mall}} = 190 \times 0,9 \times 1,2 \times 0,8 \times 1,06^3 = 195 \text{ l/h}$$

*Portata massima, consumi istantanei*

Se voglio conoscere la portata massima mi devo riferire ai consumi istantanei ridotti per un coefficiente di contemporaneità pari a  $\frac{1}{\sqrt{n-1}}$  dove n è il numero di utenze.

$$Q = 0,65 \text{ l/s} \times \frac{1}{\sqrt{5-1}} = 0,33 \text{ l/s}$$

Abbiamo quindi ottenuto:

$$V_w \text{ giornaliero} = 210 \text{ l}$$

$$Q_{\text{mall}} \text{ massimo orario} = 195 \text{ l/h} = 0,054 \text{ l/s}$$

$$Q_i \text{ istantanea} = 0,33 \text{ l/s}$$

Calcoliamo a questo punto le potenze necessarie:

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times [V_w \times (\theta_{er} - \theta_u)]$$

*Potenza necessaria per ACS*

Nel caso volessi garantire il fabbisogno con una caldaia istantanea avrei bisogno di una potenza pari a :

$$Q_w = 0,33 \text{ l/s} \times 4186 \text{ J/kg} \times (45-10) \text{ }^\circ\text{C} / 1000 = 47,6 \text{ kW}$$

Riteniamo questa potenza eccessiva pertanto si ipotizza di utilizzare un accumulatore in modo tale da poter calcolare la Qw necessaria dalla portata oraria.

$$Q_w = 0,054 \text{ l/s} \times 4186 \text{ J/kg} \times (60-10) \text{ }^\circ\text{C} / 1000 = 12,2 \text{ kW}$$

In tal caso abbiamo dovuto considerare come temperature in uscita 60°C per motivazioni igienico sanitarie che impongono questa temperatura nel caso di utilizzo di accumulatore.

In realtà utilizzando un pannello solare termico anche nella peggior delle ipotesi la temperatura in entrata dell'acqua non scenderebbe sotto 25 °C. In tal caso sarebbe sufficiente una Qw pari a 7,9 kW.

Per il dimensionamento della centrale termica si considerare comunque una potenza necessaria pari a 12,2 che possa quindi garantire il fabbisogno anche in caso di non funzionamento dell'impianto solare.

#### 8.4.4 Dimensionamento impianto solare termico

Si utilizzano dei collettori sottovuoto integrati nei coppi di copertura dell'edificio 17 sulla falda rivolta a ovest. Rispetto ai tubi sottovuoto classici bisogna tener conto di un coefficiente di riduzione pari a 0,6

Tabella 8.23 Specifiche tecniche

n tubi per collettore		6
Diametro esterno	mm	47
Lunghezza tubo	mm	1480
Rendimento		0,4
Dimensioni	mm	1348 x 1610
Superficie lorda	m <sup>2</sup>	2
Superficie di apertura	m <sup>2</sup>	0,85
Superficie di assorbimento	m <sup>2</sup>	0,46

Tabella 8.24 Rendimento

Tm-Ta (k)	400 W/m <sup>2</sup>	700 W/m <sup>2</sup>	1000 W/m <sup>2</sup>
0	133,55	233,72	333,89
10	115	219,90	322,40
30	7	152,20	271,10
50	-196,30	30,90	182,00

I collettori devono garantire una copertura del 15-30% del fabbisogno di riscaldamento e l'intero fabbisogno di ACS del mese di maggio.

Tabella 8.25 Dimensionamento per ACS

edificio	coefficiente ACS	accumulo persona	n° persone	superficie pannelli	accumulo
	m <sup>2</sup> /persona	l / persona		m <sup>2</sup>	l
ed16	1,2	70	1	1,2	70
ed17	1,2	70	2	2,4	140
<b>totale</b>				<b>3,6</b>	<b>210</b>

I litri totali corrispondono ai litri necessari calcolati precedentemente per l'intera giornata.

Tabella 8.26 Dimensionamento per riscaldamento

edificio	coefficiente riscaldamento	superficie	superficie pannelli	Coefficiente accumulo	accumulo
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	l	l
ed16	0,12	67	8,04	50	400
ed17	0,12	52,3	6,28	50	314
<b>totale</b>			<b>14,32</b>		<b>714</b>

Si sceglie un accumulatore tank-tank di dimensioni H x L mm 2.085 x 990 di capacità 670 l + 240 l per garantire più fabbisogno di acqua calda considerando un affollamento incerto dell'edificio 16.

La superficie del tetto disponibile è 41,4 m<sup>2</sup>.

Si installano 8 pannelli con una superficie occupata netta di 14,4 m<sup>2</sup>

Tabella 8.27 Calcolo superficie pannelli solari

	ACS	riscaldamento	totale
litri accumulo (l)	240	670	910
coefficiente	58,3	50	
superficie pannelli (m <sup>2</sup> )	4,12	13,4	17,52

#### 8.4.5 Dimensionamento pompa di calore

La pompa di calore viene dimensionata per la peggiore delle ipotesi, senza apporti da risorse rinnovabili.

Le caratteristiche per la scelta sono:

- Le condizioni di impiego: solo riscaldamento invernale e acs
- il fabbisogno termico dell'edificio:
  - 5,75 kW per riscaldamento
  - 12,2 kW per acs
  - 17,95 kW riscaldamento + acs
- la temperatura massima per l'impianto:
  - 37° per l'impianto di riscaldamento a pannelli radianti
  - 50° per acs
  - > 60° ad intervalli temporali per motivi igienico-sanitari (per abbattere lo sviluppo della legionella)
- multimodale acqua-acqua: capace di sfruttare a seconda delle condizioni l'acqua del bollitore o l'acqua dell'impianto geotermico

Una pompa che corrisponde a queste caratteristiche è AGEO 65 HT

Tabella 8.28 Caratteristiche tecniche pompa di calore

Potenza termica	kW	19,83
Potenza elettrica assorbita	kW	3,90
C.O.P		5,11

## 8.5 Dimensionamento impianto fotovoltaico

Per il calcolo dell'impianto fotovoltaico si utilizza il programma PhotosImpianti2011. Si considerano tutte le superfici potenzialmente utilizzabili che possano integrarsi nella struttura.

Tabella 8.29 Individuazione impianti possibili. Azimuth è calcolato tenendo come riferimento il sud come 0° come è consuetudine fare nella bioclimatica.

	Elemento tecnico	Superficie m <sup>2</sup>	Esposizione azimuth	Inclinazione	Tipologia
1	Copertura edificio 16	18,0	S/O 42 °	17°	Coppi fotovoltaici
2	Copertura edificio 17	27,0	O 73°	23°	Coppi fotovoltaici
3	parete edificio 17	4,8	O 73°	-	Frangisole semitrasparenti
4	parete edificio 17	5,0	S -17°	-	Frangisole semitrasparenti

Tabella 8.30 Producibilità impianto fotovoltaico edificio 16 e 17

	Superficie netta inclinazione m <sup>2</sup>	Moduli per stringhe mod.	kWp installati kW	media kWh	Producibilità giornaliera kWh			
					21.03 kWh	21.06 kWh	21.09 kWh	21.12 kWh
1	5,7/17°	88 x 3	1,14	2,26	1,14	3,44	2,51	1,02
2	4,4/23°	67 x 3	0,86	1,49	1,67	2,14	1,64	0,72
3	4,8/40°	55 x 1	0,46	1,18	1,39	1,52	1,31	0,69
4	5,0/35°	56 x 1	0,46	1,49	1,71	1,97	1,64	0,82
T	19,9		2,92	6,42	5,91	9,07	7,10	3,25

Si conduce un'analisi economica ipotizzando di vendere tutta l'energia prodotta:

- Tipologia contratto scambio sul posto
- Costo impianto ipotizzato secondo l'andamento di mercato italiano [€/kWp] = 3000 €
- Durata impianto = 20 anni
- Incentivo GSE = 0,252 [€/kWh] per 20 anni
- Costi manutenzione = 0,1%
- Tasso inflazione = 2,5%
- Tariffa Energia = 0,1 [€/kWh]

Tabella 8.31 Analisi economica impianti. Non viene considerato il tasso d'interesse bancario.

	Costo iniziale [€]	Costo totale [€]	Flussi di cassa [€]			
			5° anno	10° anno	15°anno	20°anno
1	3400,00	3800	- 2400	-1200	- 120	830
2	2600,00	2800	- 1900	-1100	- 430	190
3	1400,00	1500	- 800	- 180	380	880
4	1400,00	1500	- 900	- 180	380	880
T	8800,00	9600	- 6000	- 2660	210	2780

## 9 Progetto di riattivazione delle centrali

*Nell'analisi del contesto avevamo trattato dell'esistenza di 3 centraline dismesse dislocate lungo il torrente Galavesa, che diventano tappa fondamentale nel percorso ecomuseale:*

- La Centrale di Erve detta "Sali di bario"
- La Centrale di Erve detta "Gavazzi"
- La Centrale di Vercurago detta "Pirelli"

*Nel seguente capitolo si valuterà se possa essere possibile e conveniente la riattivazione per fornire energia all'abitato di Nesolio. In particolare il progetto prevede la realizzazione di un unico impianto il cui salto geodetico è la somma dei tre salti precedentemente sfruttati.*

Le turbine idrauliche utilizzano l'energia potenziale posseduta da una massa d'acqua tra un dislivello, detto salto, esistente tra le due sezioni di pelo libero superiore (a monte) ed inferiore (a valle).

*Fisica di un impianto idroelettrico*

La trasformazione da energia potenziale in energia meccanica dell'acqua avviene per mezzo di turbine, messe in rotazione dalla massa di acqua che transita al loro interno. A sua volta la potenza meccanica all'asse della turbina può essere impiegata direttamente per compiere lavoro (si pensi ai mulini ad acqua) oppure per produrre energia elettrica collegando l'asse della turbina, tramite opportuni riduttori, ad un alternatore.

La potenza teorica ottenibile da una turbina idraulica è espressa dalla seguente equazione:

$$P = \eta g Q H$$

dove:

- P = potenza espressa in kW
- $\eta$  = rendimento globale dell'impianto, ovvero la percentuale di potenza che può essere effettivamente ottenuta rispetto al potenziale tecnico, per tener conto delle inevitabili perdite di trasformazione.
- g = accelerazione di gravità espressa in m/s<sup>2</sup> (pari a 9,8 m/s<sup>2</sup>)
- Q = portata d'acqua espressa in m<sup>3</sup>/s
- H = salto o dislivello espresso in m

La potenza ottenibile da un impianto, a parità di portata e salto, dipende dal rendimento globale di trasformazione di un impianto idroelettrico che è il risultato del prodotto di almeno quattro rendimenti parziali:

- rendimento idraulico;
- rendimento volumetrico della turbina;
- rendimento meccanico del gruppo turbina-generatore;
- rendimento elettrico del generatore;
- rendimento del trasformatore.

Un impianto idroelettrico è costituito da componenti civili ed idrauliche (opere di presa, di convogliamento e di restituzione, centralina) e da opere elettromeccaniche (turbina, alternatore, quadri elettrici, sistemi di comando).

*Le Opere*

L'acqua viene opportunamente derivata tramite le opere di presa e convogliata, attraverso canali o condotte, alla vasca di carico dove determina il pelo libero superiore necessario al calcolo del salto utile alla centrale. Da questo punto, per mezzo di condotte forzate, l'acqua viene portata alle turbine e nel passaggio attraverso gli organi mobili (giranti) ne determina la rotazione. L'albero della girante in rotazione è collegato ad un generatore di elettricità (alternatore); l'acqua in uscita dalla turbina viene rilasciata, per mezzo delle opere di restituzione, nel suo alveo originario ad un livello che determina il pelo libero inferiore.

Più nel dettaglio un impianto idroelettrico è costituito dalla seguenti componenti:

- Opere di presa la cui configurazione dipende dalla tipologia del corso d'acqua intercettato e dall'orografia della zona; nello specifico nella riqualificazione presa in esame le opere di presa sono costituite da una vasca di raccolta libera senza opere di raccolta acqua in bacini artificiali.
- Opere di filtraggio finalizzate all'eliminazione dall'acqua di grossi corpi sospesi e le cui tipologie compresa la possibilità o meno di automazione dipendono dalla portata derivata e dall'entità dei solidi trasportati dal flusso idrico; la vasca di raccolta smista in una presa di adduzione e successivamente in un pozzo di decantazione per la filtrazione prima di materiale organico attraverso una griglia e successivamente di elementi solidi.
- Opere di convogliamento delle acque costituite da canali o condotte forzate in funzione dell'orografia e conseguentemente della tipologia di impianto, a basso od alto salto; nella situazione in esame dal bacino di decantazione l'acqua viene convogliata in una condotta forzata che dalla quota di raccolta convoglia la portata all'edificio della centrale.
- Edificio di centrale contenente le opere elettromeccaniche: gruppo turbina-alternatore, trasformatore, contatori, quadri elettrici e sistemi di controllo;
- Opere di restituzione delle acque nel corso d'acqua principale. Dall'edificio di centrale l'acqua defluisce liberamente rientrando nel corso normale del fiume, per essere successivamente riutilizzata.

### Le applicazioni

La fonte idroelettrica come quella in esame può essere utilizzata in applicazioni del tipo *micro-hydro on-grid o grid-connected*, cioè mini impianti connessi alla rete BT. In genere sono micro-impianti realizzati per l'autoconsumo che possono cedere la rimanente energia prodotta al Distributore locale. Gli impianti *micro-hydro* possono trovare applicazione in tutte quelle situazioni in cui esiste un fabbisogno energetico da soddisfare e la disponibilità di una portata d'acqua, anche limitata, su di un salto anche di pochi metri. In simili circostanze l'introduzione di sistemi di utilizzo delle acque risulta di impatto limitato senza modificare l'uso prevalente del corso d'acqua che può essere vitale per alimentare utenze isolate.

La maggiore diffusione degli impianti di piccolissima taglia è riscontrabile in aree montane, difficilmente raggiungibili e non servite dalla rete nazionale. In queste zone vengono realizzate, o rimesse in funzione, microcentrali su corsi d'acqua a regime torrentizio o permanente, spesso a servizio di piccole comunità locali o fattorie ed alberghi isolati, e gestite all'interno di una pianificazione che predilige per la tutela e conservazione del territorio la generazione distribuita rispetto a quella concentrata, convenzionale, e di grossa taglia.

Il vantaggio dal punto di vista operativo è la facilità nella gestione dovuta all'introduzione di telecontrollo e telecomando, in un'ottica di risparmio del personale di gestione che si limita alla sola manutenzione ordinaria e straordinaria. Parimenti vengono utilizzati piccoli corsi d'acqua, ruscelli e torrenti con applicazioni mininvasive (turbina-alternatore stagni, inseriti direttamente nell'alveo del corso d'acqua con il cavo della energia elettrica – generalmente in corrente continua – che giunge direttamente al rifugio o alla malga) che, inserendosi nell'ambito naturale senza bisogno di opere civili e/o di controllo, riescono a fornire un contributo di alcuni kW, spesso già sufficienti per alimentare un frigorifero, una radio ricetrasmittente o l'illuminazione di un rifugio o di una baita.

Un altro settore di applicazione in crescente sviluppo è quello del cosiddetto recupero energetico. In linea generale ogni qualvolta ci si trovi di fronte a sistemi di tipo dissipativo, quali punti di controllo e regolazione della portata (vasche di disconnessione, sfioratori, traverse, partitori, paratoie) con presenza di salti, è possibile installare una turbina finalizzata al recupero energetico della corrente.

In pratica però la realizzazione di un microimpianto su di un sistema idrico di questo tipo diventa conveniente dal punto di vista economico se le condotte già esistono e nei casi in cui salti e portate siano considerevoli.

I sistemi idrici nei quali esiste una simile possibilità sono tanti e di seguito schematizzati:

- acquedotti locali o reti acquedottistiche complesse;
- sistemi idrici ad uso plurimo (potabile, industriale, irriguo, ricreativo, etc);
- sistemi di canali di bonifica ed irrigui;
- canali o condotte di deflusso per i superi di portata;
- circuiti di raffreddamento di condensatori di impianti a motori termici.

Alcune applicazioni prevedono infine la realizzazione di impianti idroelettrici di produzione con pompaggio tali da far funzionare il generatore come un motore e consentire durante la notte, quando la disponibilità energetica è maggiore, di pompare l'acqua da un bacino inferiore a quello superiore.

Qualora si intenda procedere alla realizzazione di un impianto idroelettrico, anche di piccola taglia, occorre preventivamente fare richiesta di concessione all'uso delle acque e pagare i relativi canoni.

Si definiscono derivazioni le utenze di acque pubbliche; esse si dividono in grandi e piccole derivazioni, le prime di competenza dei Lavori Pubblici, le seconde di competenza regionale. L'idroelettrico di potenza inferiore a 3 MW è considerato piccola derivazione. La norma di riferimento è il R.D. n. 177511/12/1933.

Di seguito si elencano le principali pratiche di tipo autorizzativo da espletare per impianti oltre i 20 kW di potenza o che comunque determinino un sostanziale impatto sull'alveo del corso d'acqua:

- Concessione per la derivazione delle acque a scopo idroelettrico e relativo Disciplinare, la cui domanda va inoltrata alla Regione interessata attraverso il suo Ufficio del Genio Civile, corredata dal progetto dell'impianto.
- Presentazione di una copia del progetto alla Sovrintendenza per i Beni Ambientali nel caso in cui l'impianto venga installato in una zona soggetta a vincoli ambientali.
- Comunicazione di intenti al Ministero delle Attività Produttive.
- Comunicazione di intenti al Distributore Elettrico Locale
- Comunicazione di intenti all'Ufficio Tecnico di Finanza (UTF).
- Domanda al Corpo Forestale dello Stato, nel caso in cui il progetto preveda lavori interferenti con aree di competenza dello stesso.
- Domanda di rilascio della Concessione Edilizia da parte del Comune di competenza.
- Ultimato l'impianto si dovrà procedere a:
- Istruzione della pratica di Denuncia per apertura di Officina Elettrica. La Licenza UTF contiene le dichiarazioni bimestrali dell'energia prodotta ai fini della corresponsione delle relative imposte.
- Certificato di Collaudo dell'opera.

La realizzazione di un impianto di potenza inferiore a 20 kW risulta molto più semplice rispetto a taglie maggiori: è preferibile chiedere informazioni ai costruttori di opere elettromeccaniche o ai professionisti del luogo che conoscono per esperienza le effettive realtà locali, tuttavia non permette la vendita dei certificati verdi.

La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabile come l'impianto idroelettrico è oggetto di incentivi da parte delle amministrazioni.

- Scambio sul posto

Tutti gli impianti per la produzione di energia elettrica, alimentati da fonti rinnovabili e quindi anche da quella idraulica, con potenza fino a 200 kW possono accedere al meccanismo di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta, cioè la possibilità di cedere alla rete elettrica locale la produzione da fonte rinnovabile e di prelevare dalla stessa rete i quantitativi di elettricità nelle ore e nei giorni in cui gli impianti rinnovabili non sono in grado di produrre; tutto ciò pagando solo la differenza, su base annua, tra i consumi totali del cliente e la produzione del suo piccolo impianto.

*Analisi delle autorizzazioni richieste*

*Incentivi*

- Il Conto Energia anche per il micro idro.

La produzione di energia elettrica mediante impianti idraulici e di potenza nominale media annua non superiore a 1 MW, immessa nel sistema elettrico, ha diritto, in alternativa ai certificati verdi e su richiesta del produttore, a una tariffa fissa di 22 Eurocent/kWh, per un periodo di quindici anni. Al termine di tale periodo, l'energia elettrica è remunerata, con le medesime modalità, alle condizioni economiche previste dall'articolo 13 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387. La tariffa onnicomprensiva di cui al presente comma può essere variata, ogni tre anni, con decreto del Ministro dello sviluppo economico, assicurando la congruità della remunerazione ai fini dell'incentivazione dello sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili.

- I Certificati Verdi.

A partire dal 2008, i certificati verdi, ai fini del soddisfacimento della quota d'obbligo di cui all'articolo II, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79, hanno un valore unitario pari a 1 MWh e vengono emessi dal Gestore dei servizi elettrici (GSE) per impianti a produzione incentivata di cui al comma 143, calcolando la produzione netta di energia elettrica da fonte idraulica moltiplicata per il coefficiente pari a 1,00.

A partire dal 2008, i certificati verdi emessi dal GSE ai sensi dell'articolo II, comma 3, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79, sono collocati sul mercato a un prezzo, riferito al MWh elettrico, pari alla differenza tra il valore di riferimento, fissato in sede di prima applicazione in 180 euro per MWh, e il valore medio annuo del prezzo di cessione dell'energia elettrica definito dall' Autorità per l'energia elettrica e il gas in attuazione dell'articolo 13, comma 3, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, registrato nell'anno precedente e comunicato dalla stessa Autorità entro il 31 gennaio di ogni anno a decorrere dal 2008. Il valore di riferimento del coefficiente (1,00), potrà essere aggiornato, ogni tre anni, con decreto del Ministro dello sviluppo economico, assicurando la congruità della remunerazione ai fini dell'incentivazione dello sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili.

A partire dal 2008 e fino al raggiungimento dell' obiettivo minimo della copertura del 25 per cento del consumo interno di energia elettrica con fonti rinnovabili e dei successivi aggiornamenti derivanti dalla normativa dell' Unione europea, il GSE, su richiesta del produttore, ritira i certificati verdi, in scadenza nell' anno, ulteriori rispetto a quelli necessari per assolvere all'obbligo della quota minima dell'anno precedente di cui all'articolo 11 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n.79, a un prezzo pari al prezzo medio riconosciuto ai certificati verdi registrato nell'anno precedente dal Gestore del mercato elettrico (GME) e trasmesso al GSE entro il 31 gennaio di ogni anno.

Il periodo di diritto ai certificati verdi di cui all'articolo 14 del decreto legislativo 8 febbraio 2007, n. 20, resta fermo in otto anni.

In alternativa ai CV c'è la possibilità di ottenimento dei certificati RECS, del valore ciascuno di 1 MWh di energia prodotta

## 9.1 Studio di fattibilità

Il progetto prevede la riattivazione di tre piccoli idroelettrici ad acqua fluente dimessi da anni, realizzando un unico impianto il cui salto geodetico è la somma dei tre salti precedentemente sfruttati. Si utilizzano le acque del torrente Galavesa, sviluppandosi dalle quote di 550 m slm per l'opera di presa, assunta come quota di captazione della presa più alta, alla quota di 290,5 m slm, dove è prevista la restituzione delle acque turbinate direttamente nell'alveo del Galavesa. Lo scarico avviene immediatamente a monte della presa del mulino di Tovo a Calolziocorte, recentemente ristrutturato e operativo. Si premette che per salvaguardare l'equilibrio ecologico ed idrogeologico del corso d'acqua del corso d'acqua si è considerata una portata di minimo deflusso vitale in alveo di 50 l/s.

Le fasi che ci hanno condotto alla definizione dell'ipotesi progettuale sono state:

- Valutazione del sito e delle grandezze utili (portata e salto disponibili, potenza)
- Scelta della turbina
- Descrizione delle opere
- Studio di fattibilità dell'impianto e verifica dei costi
- Valutazioni impatti

La valutazione del sito in linea generale è stata condotta in base a:

*La valutazione del sito*

1. Disponibilità dei terreni (verifica delle proprietà o di vincoli);  
Nel caso in esame si tratta di una riqualificazione e rimessa in funzione di vecchi impianti di produzione dell'energia.  
L'area è soggetta a vincolo paesaggistico e idrogeologico.
2. Accessibilità del sito. Tanto maggiore è l'accessibilità tanto minore sarà l'impatto ambientale ed economico dovuto da eventuali interventi. E' in questa fase che abbiamo deciso di ipotizzare di unire i salti geodetici.  
Le centrali sono site lungo l'alveolo del fiume ma l'accesso risulta difficoltoso soprattutto per le centrali di Erve. Non esistono strade carrabili ma solo ripidi sentieri di montagna. La centrale di Vercurago, pur raggiungibile solo a piede, è però molto vicino alla frazione del Tovo di Calolziocorte. Si è pertanto ritenuto opportuno pensare a una riattivazione della sola centrale di Vercurago, che sfrutti il salto geodetico somma dei tre salti precedentemente sfruttati.. Inoltre lo stato di conservazione dello stabile di quest'ultima presuppone un intervento di recupero non troppo oneroso.
3. Valutazione delle grandezze di riferimento (salto disponibile e portata).  
I salti sfruttabili invece desumibili dal confronto delle quote di livello tra la vasca di raccolta e la centrale sono:
  - Centrale di Erve - "Sali di bario": 107 m
  - Centrale di Erve - "Gavazzi": 78 m
  - Centrale di Vercurago - "Pirelli": 85 mNel caso di un unico salto l'altezza diviene 259.5 m slm

Per quanto riguarda la valutazione della portata questo è stato il passaggio che ha comportato più difficoltà. Abbiamo pertanto operato in più modi differenti:

*La valutazione della portata*

- A. Misurazione sul campo e confronto
- B. Ricerca di relazioni esistenti
- C. Metodo classico analitico
- D. Verifica secondo le indicazioni del P.T.U.A.

A. Misurazione sul campo e confronto:

La portata minima è stata calcolata nel periodo estivo in modo diretto sul campo. Essa non è mai scesa sotto i 30 l/s. In mancanza però di una

documentazione accurata della portata durante tutto l'arco dell'anno si è deciso di optare per una comparazione con altri fiumi a regime torrentizio della zona di Lecco: il Caldone ed il Bione, entrambi di derivazione dalle stesse montagne da cui nasce il torrente Galavesa.

Tabella 9.1 Dati di confronto con torrenti simili

	Torrente Caldone	Torrente Bione
Superficie complessiva	24 Km <sup>2</sup>	8 Km <sup>2</sup>
Quota Max. bacino (m s.l.m.)	2177	1875
Quota min. bacino (m s.l.m.)	1100	1030
Portata media (l/s)	500	300

Si è così calcolato :

- Portata massima dal confronto con altri torrenti: 250 l/s
- Portata minima da calcolo diretto: 30 l/s
- La portata media da calcolo analitico è 140 l/s

B. Ricerca di relazioni esistenti:

In una relazione tecnica del 1969 ritrovata nell'archivio del comune di Vercurago finalizzata al potenziamento dell'impianto di Erve si riportano dai dati di portati identici a quelli da noi prospettati e cioè

- Portata massima: 250 l/s
- Portata minima : 30 l/s
- La portata media: 140 l/s

C. Metodo classico analitico:

Attraverso la relazione che lega la piovosità media Pm al contributo unitario specifico Cs:

$$Cs = Pm \times 0,026$$

Si è desunto il valore della piovosità Pm del bacino da dati idrometrici degli ultimi anni delle stazioni pluviometriche vicine.

$$Pm \text{ medio} = 1300 \text{ mm/anno}$$

Il contributo unitario medio è pari a:

$$0,026 \times Pm = 33,8 \text{ l/sKm}^2$$

La portata specifica però va ridotta attraverso un coefficiente di captazione o deflusso pari a 0,55:

$$33,8 \text{ l/s Km}^2 \times 0,55 = 18,6 \text{ l/sKm}^2$$

Quindi ricaviamo la portata media moltiplicandola per la superficie del bacino imbrifero. Il bacino si sviluppa sul massiccio delle Prealpi del Monte Resegone per una superficie di 8,61 Km<sup>2</sup>

$$33,8 \text{ l/sKm}^2 \times 8,61 \text{ Km}^2 = 160 \text{ l/s}$$

D. P.T.U.A (Piano di tutela ed Uso delle Acque rif Dgr 7/19359 12.11.04):

Il bacino in esame viene assimilato senza particolare approssimazione a un bacino sopralacuale. L'indagine climatologica evidenzia in particolare l'andamento delle isoiete che seguono la morfologia variabile da 1430 mm medi annui a 1510 mm. Questi dati sono ricavati dalla cartografia P.T.U.A. come segue:

Il bacino della Galavesa è inserito sulla carta Tavola 6 del P.T.U.A (precipitazioni medie annue del territorio regionale) che indica le isoiete per l'intera regione lombarda.

Per questo bacino, si individuano i contributi determinati per fasce tra le isoiete riportate; la somma dei contributi delle varie aree porta ai volumi di pioggia corrispondenti alle varie aree.

Dividendo il volume totale per la superficie totale del bacino si ottiene il valore medio di piovosità.

Il dato di pioggia medio annuo per il bacino in esame per l'impianto idroelettrico Gallavesa è 1470 mm/anno

Si fa riferimento alla vicina sezione di chiusura dell'Adda a Fuentes le cui caratteristiche idrauliche sono di seguito riportate:

Tabella 9.2caratteristiche idrauliche Bacino Adda sopralacuale

Bacino		Adda sopralacuale
superficie	Km <sup>2</sup>	2598
piovosità	mm	1284
contributo unitario	l/sKm <sup>2</sup>	32,84
altezza media bacino	m slm	1584

Da questi dati seguendo l'indirizzo del P.T.U.A. si ricavano i dati fondamentali dell'impianto, noto il bacino imbrifero. Vista la vicinanza fra la sezione di Fuentes dell'Adda e la Valle Cavargna, si stima il contributo unitario medio della valle Cavargna mediante la relazione del P.T.U.A.

$$qv = qf \times pv/ps$$

con:

- qv: contributo unitario medio in valle Gallavesa alla sezione di chiusura
- qf: contributo unitario medio per la sezione dell'Adda a Fuentes (32,84l/s km<sup>2</sup>)
- pv: pioggia media annua in valle Gallavesa ( 1470 mm/anno)
- ps: pioggia media annua per il bacino dell'Adda sempre a Fuentes (1284 mm/anno)

Quindi il contributo medio annuo per la valle della Gallavesa diviene:

$$qv = 37,6 \text{ l/skm}^2$$

A questo punto operiamo come prima:

Contributo unitario x superficie x coefficiente di deflusso

$$37,6 \text{ l/s km}^2 \times 8,61 \text{ km}^2 \times 0,55 = 178 \text{ l/s}$$

Dalle diverse analisi condotte abbiamo ottenuto valori differenti. A favore della compatibilità ambientale si utilizza il valore più basso pari a 140 l/s, da cui però dobbiamo decurtare il deflusso minimo vitale (DMV). Si propone un valore superiore al 10% della portata media annua pari a 50 l/s.

Il valore della portata media utilizzata per il progetto sarà quindi 90 l/s

Nel caso in cui la portata scendesse sotto la soglia del DMV non ci sarà nessuna captazione di flusso.

In teoria per il calcolo della portata da utilizzare si dovrebbe costruire una curva di probabilità che indichi la frequenza annuale delle portate. E scegliere la portata di progetto in base ad un calcolo economico, ma nel nostro caso, dato che ci soffermiamo a calcolare la producibilità media teorica possiamo considerare lecito utilizzare la portata media.

#### 4. Calcolo della potenza teorica

La potenza nominale è calcolata :

$$Qm \times H / 102 \text{ n} = 90 \text{ l/s} \times 259,5 \text{ m} \times 9,81 = 229 \text{ kW}$$

La Potenza media utile è quindi calcolata riducendola con un coefficiente di rendimento = 0,65 che tiene conto delle perdite meccaniche (turbine), elettriche ( generatore e trasformatore).

La potenza elettrica media utile è quindi 148,85 kW

La producibilità dell'impianto, valutata considerando la potenza utile associata al valore massimo della portata richiesta è ottenuto considerando l'impianto in funzione per 7200 ore all'anno:

**Producibilità teorica stimata = 1,07 GWh/annui**

Si trasalascia il calcolo delle perdite di carico idraulico dovuto all'andamento delle condotte, perché ciò implicherebbe un dimensionamento dell'impianto.

### Scelta della Turbina

Consolidata l'intenzione di realizzare un microimpianto idroelettrico è opportuno prendere preliminare contatto con i produttori di macchine (possibilmente più di uno). Attraverso la loro esperienza, e mediante il confronto diretto tra le possibili soluzioni relative allo specifico sito, ci si potrà orientare verso le scelte tecniche più opportune.

Spesso nelle applicazioni a piccola scala i costruttori di apparecchiature elettromeccaniche sono anche in grado di fornire una consulenza alla fase di progettazione delle opere idrauliche e civili, così da consegnare un progetto chiavi in mano.

In base alle caratteristiche stimate di salto e portata si può individuare, mediante opportuni grafici rilasciati dai costruttori, la tipologia di turbina e la taglia più adatte, tenendo conto che la turbina stessa deve essere dimensionata facendo un compromesso tra la portata media dell'anno e la portata di picco dei periodi con maggiore disponibilità d'acqua.

Nel caso di microimpianti il mercato non offre molteplicità di modelli. Il range di valori di portata e salto all'interno dei quali scegliere è di seguito sintetizzato.

Tabella 9.3 Range di applicazione delle micro e miniturbine in commercio

	Portata [l/s]	Salto [m]
Pelton	1-1.000	20-300
Turgo	1-2.000	30-300
Flusso incrociato	20-2.000	5-100
Francis	500-2.000	2-10



Figura 9.1 Turbina Pelton

Il tipo, la geometria e le dimensioni di una turbina sono condizionati essenzialmente dai seguenti parametri:

- salto netto;
- portata da turbinare;
- velocità di rotazione;

- problemi di cavitazione;
- velocità di fuga;
- costo.

Nell'ipotesi in esame la turbina Pelton è da considerarsi un'ipotesi vantaggiosa. La Microturbina Pelton è una turbina ad azione, adatta ad impianti con alto salto, fino a qualche centinaio di metri. Molto simile alle turbine utilizzate negli impianti di taglia maggiore, può essere ad asse orizzontale o verticale, dotata di un numero di getti fino a 6, e pale a doppio cucchiaino. Generalmente tutte le principali parti meccaniche sono realizzate in acciaio inox.

Vantaggi:

- lavora a pressione atmosferica (non pone problemi di tenuta o di cavitazione).
- di costruzione semplice e robusta, ingombro molto ridotto, ottimo rendimento.
- numero di giri relativamente basso (adattabile a salti d'acqua anche molto elevati).

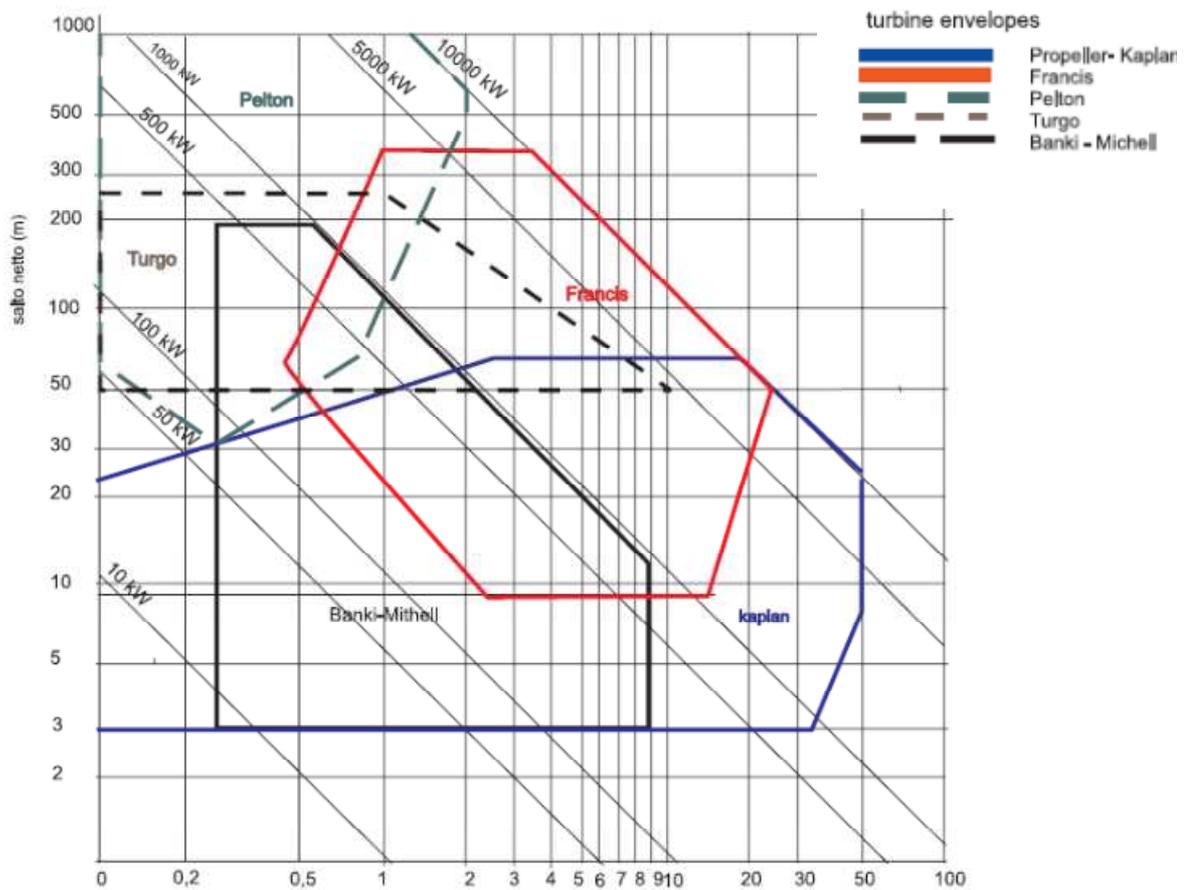


Figura 9.2 Grafico per la scelta delle turbine

Per la condotta sarà sufficiente un diametro interno di 400 mm capace di supportare portate superiori a 300 l/s.

L'accesso ai luoghi è assai difficoltoso e verrà realizzato come segue:  
L'intera area ove sorge la centrale è raggiungibile a piedi o con motocarriole dall'abitato di Tovo in Calolziocorte.

Descrizione delle Opere

L'opera di presa è facilmente raggiungibile con mezzi dalla s.p.181 ovvero da un parcheggio pubblico posto a pochi metri dalla traversa di presa.

L'opera di presa è sita in comune di Erve. La quota di riferimento è 550 m slm.

La quota di riferimento della centrale , ovvero lo scarico è 290 m slm.

Per la posa della condotta forzata e per la realizzazione della presa, sarà utilizzato un ragno eventualmente elicotterato; la condotta riprenderà il tracciato dei vecchi ed esistenti canali e tubazioni dei tre impianti ora uniti in uno unico. Dove possibile sarà inserita entro le sedi dei canali di carico esistenti e dismessi altrimenti sarà interrata ove possibile.

L'interramento sarà ottenuto mediante realizzazione di un modesto scavo sul versante; il ripristino sarà ottenuto con i materiali di scavo e con le tecniche di ingegneria naturalistica e di scogliera per ottenere il duplice scopo del consolidamento e del mascheramento del tracciato.

Per quanto riguarda l'edificio di centrale che ospiterà la turbina e i quadri verrà utilizzato il vecchio edificio dismesso, che a parte il naturale degrado dovuto all'abbandono di più di trent'anni si presenta in un mediocre stato di conservazione. Verrà condotto quindi un intervento di consolidamento delle murature e sostituzione dei solai e del tetto. Verranno inoltre realizzati degli spazi educativi idonei ad accogliere studenti.

Lungo le condotte verrà messo in sicurezza un sentiero sia per consentire l'accesso per eventuali controlli e manutenzioni, sia per permettere il transito a turisti.

#### *Studio di Fattibilità*

Lo studio di fattibilità di un impianto finalizzato alla verifica dei costi e dei rientri economici, e volto alla scelta delle macchine più appropriate ed al loro dimensionamento, è un compito genericamente affidato ai progettisti, ai consulenti o ai costruttori stessi. Si tratta infatti di un'attività piuttosto complessa che deve tenere in considerazione diversi fattori.

Lo Studio di fattibilità deve accertare che un determinato layout di impianto abbia il rapporto costi/ricavi adeguato alle aspettative del futuro produttore. Gli elementi di costo che vengono considerati sono i seguenti:

- Costo opere civili
- Costo opere idrauliche
- Costo opere elettromeccaniche
- Costo progettazione

A fianco di questi costi vengono considerati i costi di natura ricorrente:

- Costi di esercizio
- Costi di manutenzione
- Costi dei canoni

I costi vengono comparati con i ricavi derivanti da:

- Vendita di energia elettrica
- Risparmio (costo evitato) di energia elettrica
- Vendita di certificati verdi
- Proventi da altri incentivi

Qualora il risultato economico derivante dall'applicazione al progetto di un business plan con le voci sopra indicate fornisca un risultato accettabile per l'investitore, si può procedere con la fase autorizzativa e di costruzione.

Solitamente i tempi di ritorno dell'investimento è tra i 10 e 20 anni circa, in base alla taglia dell'impianto. Per potenze al di sotto dei 10kW il tempo di ritorno è inferiore ai 10 anni. Per un impianto con una potenza elettrica installata compresa tra i 10 e 100kW il tempo di ritorno è di 15-20 anni.

Le ipotesi di ritorno economico sono avvalorate dall'andamento fisso del mercato dell'energia. Dal momento che il mercato dell'energia è in continua evoluzione verso costi di vendita sempre maggiori dovuti ad una vasta domanda, il prezzo dell'energia continuerà a salire nel tempo.

Si fa una stima dei costi di costruzione confrontando il progetto con esempi equiparabili realizzati:

Tabella 9.4 Analisi dei costi di costruzione

Sentieri ed escavatore	30.000
Opere di presa	65.000
Accessori presa	12.000
Asportazione condotta	5.000
Condotta nel canale 900 m	225.000
Plinti per condotta	12.000
Condotta in acciaio 200 m	65.000
Cavidotto	15.000
Linea enel	30.000
Cabina enel	10.000
Recupero edificio centrale	55.000
Turbina + generatore	146.000
quadristica	85.000
Spese tecniche	40.000
Domanda rinnovo e potenziamento	8.000
Spese amministrative	5.000
Imprevisti	50.000
<b>Totale:</b>	<b>858.000 €</b>

Tabella 9.5 Costi annui

esercizio	6000
canoni	4000
<b>Totale annuo</b>	<b>10.000 €</b>

Ricavi annui:

Si considera il ricavo annuo possibile considerando la Pe stimata precedentemente  
 In base alla delibera AEEG 34/05:  
 0,090 euro per i primi 500.000, 0,080 da 500.000 a 1.000.000, 0,070 da 1.000.000  
 a 2.000.000, 0,060 oltre i 2.000.000 di kWh prodotti.

Tabella 9.6 ricavi annui

kWh venduti	1071720
Tariffa conto certificati verdi	13
Tariffa Eurocent/kWh sotto i 500.000	9
Tariffa Eurocent/kWh tra i 500.000 e 1.000.000	8
<b>Totale annuo per i primi 8 anni</b>	<b>229.000 €</b>
<b>Totale annuo successivi i primi 8</b>	<b>90.000 €</b>

Secondo i calcoli si rientra dell'investimento iniziale nei primi 4 anni.

Tabella 9.7 Calcolo rientro investimento

anni	1	2	3	4	5	6	7	8	9
output	858								
output annuale	10	10	10	10	10	10	10	10	10
residuo anno precedente	0	639	420	201	0	0	0	0	0
totale	868	649	430	211	10	10	10	10	10
input annuale	229	229	229	229	229	229	229	229	90
<b>totale entrate</b>	<b>-639</b>	<b>-420</b>	<b>-201</b>	<b>18</b>	<b>219</b>	<b>219</b>	<b>219</b>	<b>219</b>	<b>80</b>

## 9.2 Impatto ambientale

L'idroelettrico è una forma di energia considerata rinnovabile in quanto sfrutta la inesauribile risorsa idrica, che è presente in grandi quantità sul nostro pianeta.

Lo sfruttamento delle acque superficiali per produrre energia elettrica può avvenire attraverso forme non del tutto sostenibili come nel caso di grandi impianti idroelettrici a bacino: questi rispecchiano un modello di produzione energetica che ha indubbiamente portato benefici allo sviluppo economico del nostro paese nei decenni passati, ma che intrinsecamente è affetto da difetti gravissimi.

I grandi impianti infatti sono caratterizzati da una gestione centralizzata e controllata da pochi soggetti, enorme intensità energetica, straordinaria complessità del sistema ed inevitabile insensibilità ecologica.

Agli occhi di tutti sono evidenti le problematiche di impatto ambientale determinate da simili opere: letti dei fiumi lasciati in secca per molti mesi l'anno e per lunghi tratti con distruzione o grave degenerazione del patrimonio ittico, alterazione delle falde acquifere, peggioramento della qualità delle acque dovuto al minor potere di diluizione nei confronti degli inquinanti, alterazione del paesaggio, rischi di catastrofi.

In genere, gli impianti *mini-hydro*, come il nostro caso in esame, presentano un impatto più contenuto di quelli di dimensioni maggiori, specie nella versione a recupero, in quanto si inseriscono entro schemi idrici già esistenti e quindi, eventualmente, già caratterizzati da un impatto mitigato in altre maniere.

La loro presenza sul territorio può contribuire inoltre alla regolazione e regimazione delle piene sui corpi idrici a regime torrentizio, specie in aree montane ove esista degrado e dissesto del suolo e, quindi, possono contribuire efficacemente alla difesa e salvaguardia del territorio.

Nel nostro caso si va sfruttare un sistema già esistente, senza creare nuove strutture e mantenendo un deflusso minimo vitale del torrente così che lo sfruttamento dell'energia non influisca negativamente sull'ambiente e sul paesaggio, ma anzi aiuti a conoscerlo e rispettarlo.

### *Impatti in fase di costruzione*

Come già precedentemente esposto, il progetto tratta di un risanamento di elementi già esistenti, senza la creazione strutture ex-novo. Tuttavia ci sarebbero alcune problematiche che dovrebbero essere prese in considerazione durante questo risanamento.

- Bacini: i bacini presi in esame non presentano problematiche dovute allo sbancamento di vaste aree di bosco o di montagna, essendo questi già stati fatti in precedenza.

Opere di presa: come per i bacini le opere di presa sono già presenti sul territorio (ad eccezione dei sistemi a griglia per il primo filtraggio), quindi si tratterà esclusivamente di un risanamento delle condotte. Non verranno a crearsi problemi di sbancamento di vaste aree boschive con conseguente innalzamento del pericolo di frane e cedimenti. Per le opere di presa si consiglia di effettuare gli scavi nel periodo di secca e di effettuare i reinterri il prima possibile. In ogni caso vista la portata dei lavori, si tratta sempre d'impatti transitori e che non costituiscono un ostacolo serio nelle procedure autorizzative.

In ragione del ruolo di protezione svolto contro l'erosione delle sponde è opportuno ripristinare o infoltire la vegetazione ripariale che potrebbe essere danneggiata nel corso della costruzione delle opere idrauliche. E' bene ricordare che la rivegetazione deve essere fatta con specie autoctone che sono meglio adattate alle condizioni locali, il che richiede di pianificare la loro fornitura sin dalle fasi iniziali del progetto e secondo la normativa vigente della regione Lombardia.

### *Impatti in fase di esercizio*

- Impatti dovuti al rumore: la regione in esame risulta essere non abitata, quindi in realtà non ci sarebbe nessun problema da questo punto di vista. Tuttavia è

possibile una insonorizzazione dell'impianto qualora si volesse nascondere il rumore di fondo generato dalle turbine.

- Impatti sul paesaggio: sebbene la costruzione di nuovi impianti idroelettrici vadano a modificare sostanzialmente in modo attivo la vista del paesaggio entro il quale sono inserite, in questo caso le centrali sono oramai inserite nel sistema paesaggistico della valle, senza problemi di peggioramento delle condizioni paesaggistiche. Molti dei componenti dell'impianto, anche i più voluminosi, possono essere mascherati attraverso l'uso della vegetazione e di un'adeguata integrazione con la forma del territorio. Una volta pitturato con colori che non contrastino con l'ambiente circostante in modo da ottenere superficie non riflettenti, un componente si sposerà bene con il paesaggio caratteristico del sito.
- nel bacino di raccolta: nessun impatto ambientale sulla fauna ittica: le griglie di filtraggio e di presa forniscono una griglia anche per l'intrusione della fauna ittica locale.
- nell'alveo: La riduzione di portata nell'alveo tra presa e restituzione può influenzare la deposizione delle uova, l'incubazione, la crescita ed il transito di pesci locali e gli spazi vitali per i pesci adulti.
- Deflusso Minimo Vitale: occorre prevedere una percentuale di deflusso minimo vitale per l'alveo del torrente, sebbene non vi sia una disciplina in materia. Di tutti i vincoli ambientali, nessuno risulta tanto critico e controverso, per la sua incidenza economica, come il Deflusso Minimo Vitale. L'adozione di valori eccessivi del DMV comporta perdite di produzione elettrica importanti; al contrario, valori troppo bassi mettono in pericolo la sopravvivenza delle specie.

*Impatti biologici*

#### Impatti delle linee elettriche

Impatto visivo: Le linee elettriche fuori terra hanno un impatto negativo sul paesaggio. Quest'impatto può essere mitigato adattando le linee al paesaggio o, in casi estremi, interrando.

*Impatti linee elettriche*

La soluzione tecnica ed economica ottima per il tracciato delle linee elettriche è quella che crea l'impatto negativo, dal punto di vista estetico, maggiore. Per ottenere la distanza ottimale dal suolo, i tralicci sono messi in cima alle colline, venendo così a costituire un elemento fortemente dominante del paesaggio. Un numero minimo di curve lungo il tracciato riduce i tralicci, sia d'angolo sia normali, e perciò riduce il costo della linea. Se fatti senza alcuna considerazione per il terreno ed il paesaggio, sia i tracciati con molte curve, sia quelli rettilinei sono esteticamente deprecabili.

In un impianto di montagna come questo, le linee possono dominare il paesaggio e perciò rovinare la bellezza dello scenario. Tuttavia la presenza dell'allacciamento Calolziocorte-Erve fornisce una vicinanza all'allacciamento elettrico delle centrali, riducendo la lunghezza delle linee di allacciamento.

Oltre all'intrusione visiva c'è chi rifiuta di camminare sotto le linee a causa dei presunti rischi per la salute dovuti ai campi elettromagnetici. A parte il fatto che questo rischio è stato percepito solo nel caso delle linee ad alta tensione, che non si verifica mai per i piccoli impianti, dopo alcuni anni di resoconti contraddittori, gli esperti oggi assicurano che vivere in aree prossime a linee ad alta tensione non aumenta il rischio di cancro ed in particolare di leucemia infantile.

*Impatto sulla salute*

## 10 Valutazioni e conclusioni

A termine della fase progettuale si conducono delle valutazioni di tipo economiche-energetiche e di sostenibilità per quanto riguarda le due strategie che sono state applicate agli edifici della tipologia A (Tavola 3.15): il consolidamento e l'inserimento di nuove strutture in X-Lam, applicate rispettivamente agli edifici 17 e 16. La scelta di applicazione di una strategia anziché l'altra è stata dettata da motivazioni di carattere prestazionale residuo e quindi non si possono considerare i due interventi come interscambiabili, ma ci risulta comunque interessante confrontarli perché applicati ad edifici che mostrano uno stato di conservazione e di degrado simile. Inoltre si potrebbero comunque manifestare casi in cui entrambe le strategie abbiano un grado di applicabilità equiparabile.

Il calcolo economico è riferito unicamente al costo di costruzione senza considerare la rendita catastale e altri fenomeni finanziari. E' fatto attraverso il computo metrico estimativo applicando il prezzario della Regione Lombardia, senza l'utilizzo di programmi. Il grado di definizione del computo metrico è a livello di progetto definitivo. Vedi i dettagli nelle Schede 10.01 e 10.02.

Dato che l'edificio 17 ha a differenza del 16 il ballatoio e una scala esterna pubblica, viene riportato anche il prezzo con questi due elementi scorporati. Inoltre dato che i due edifici hanno volumi leggermente differenti per poter aver un dato da confrontare si calcola l'incidenza al m<sup>3</sup>.

La valutazione energetica invece è condotta con il programma Cened<sup>+</sup> considerando una destinazione d'uso residenziale uguale per entrambi. Vedi i dettagli nella schede 10.04 e 10.05.

In questa fase valutativa è interessante riportare anche le analisi Lca condotte in fase di metaprogettazione come ulteriore indicatore di valutazione. Le analisi sono del tipo *from candle to gate* e sono state condotte per m<sup>2</sup> di elemento tecnico. (Fare riferimento al capitolo 5). Anche se non si conduce un'analisi Lca completa sull'intero edificio è sembrato interessante calcolare l'incidenza al m<sup>3</sup> di volume costruito degli impatti calcolati per le chiusure e le partizioni interne nei due casi. Dato che questi calcoli sono condotti per metro quadro di elemento tecnico per avere un'incidenza al m<sup>3</sup> moltiplichiamo i valori per la superficie degli elementi tecnici, dividiamo per il volume e sommiamo gli impatti. Non si prende in considerazione la chiusura superiore perché in entrambi i casi viene sostituita e quindi poco influente per il confronto.

Tabella 10.1 Calcolo impatti strategia consolidamento e strategia X-Lam per m2 di elemento tecnico

	GWP (Kg CO <sup>2</sup> eq.)	Peine (MJ)	Peie (MJ)	Superficie m <sup>2</sup>
<b>CONSOLIDAMENTO</b>				
CHIUSURA VERTICALE	28,95	444,52	468,88	217,8
PARTIZIONE ORIZZONTALE	28,65	593,63	684,23	52,67
CHIUSURA SUPERIORE	-82,78	239,05	1283,06	-
<b>X-LAM</b>				
CHIUSURA VERTICALE	-59,41	649,92	1370,97	203,4
PARTIZIONE ORIZZONTALE	-84,20	1062,51	3063,66	43,7
CHIUSURA SUPERIORE	-94,69	876,23	1987,26	-

Tabella 10.2 Calcolo incidenza al m<sup>3</sup> degli impatti per la strategia consolidamento e la strategia X-Lam

	GWP (Kg CO <sup>2</sup> eq.)	Peine (MJ)	Peie (MJ)	Superficie m <sup>2</sup>
<b>CONSOLIDAMENTO</b> (ed.17 - 389,5 m <sup>3</sup> )				
CHIUSURA VERTICALE	16,18927	248,5648	262,1877	217,8
PARTIZIONE ORIZZONTALE	3,874556	80,27275	92,52425	52,67
TOTALE	20,06383	328,8376	354,7119	-
<b>X-LAM</b> (ed.16 - 308.08 m <sup>3</sup> )				
CHIUSURA VERTICALE	-39,2223	429,0876	905,1393	203,4
PARTIZIONE ORIZZONTALE	-11,9437	150,7134	434,5687	43,7
TOTALE	-51,166	579,801	1339,708	-

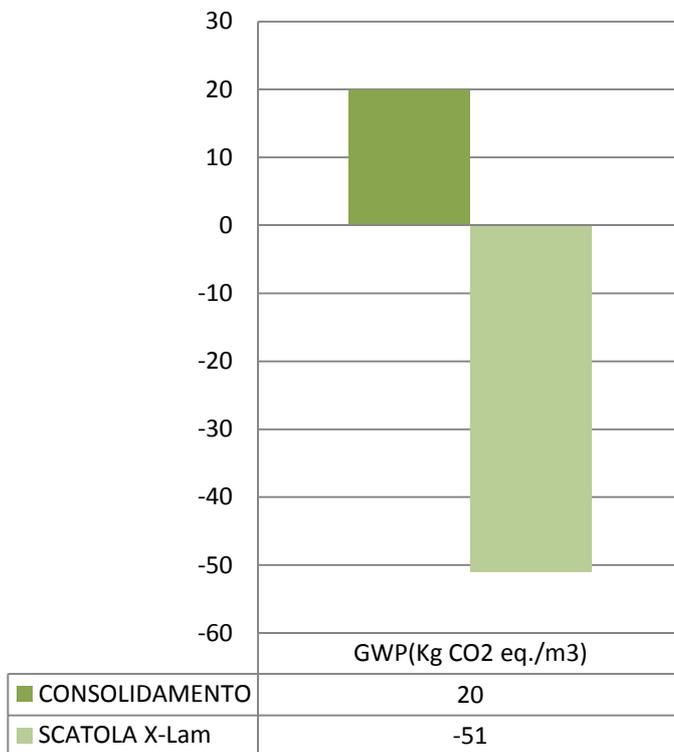


Figura 10.1 Confronto incidenza al m<sup>3</sup> dell'indicatore di impatto GWP calcolato per le due strategie

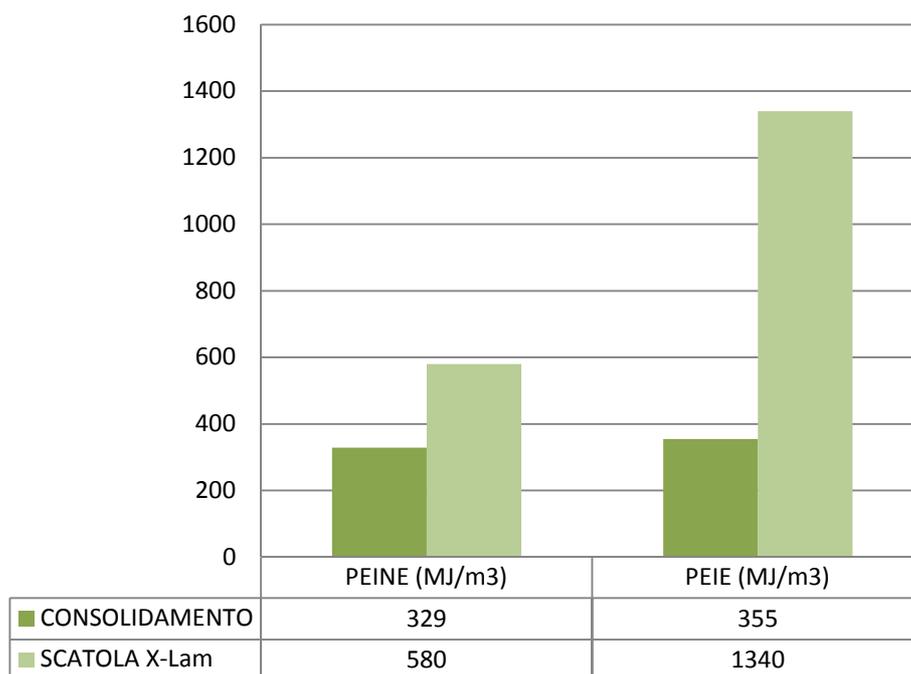


Figura 10.2 Confronto incidenza al m<sup>3</sup> dell'indicatore di impatto PEINE e PEIE calcolati per le due strategie

Nella tabella 10.3 e nella figura 10.3 si riportano i confronti riassuntivi.

Tabella 10.3 Confronto tra strategie: gli indicatori sono calcolati come incidenza al m<sup>3</sup>

INDICATORE		EDIFICIO 16	EDIFICIO 17
STRATEGIA		CONSOLIDAMENTO	SCATOLA X-LAM
PREZZO TOTALE	€	82.140	153.650
PREZZO TOTALE SCORPORATO	€	82.140	138.750
VOLUME TOTALE	m <sup>3</sup>	308	390
PREZZO AL m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>	267	356
CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA	KWh/m <sup>2</sup> a	28	48
GWP	Kg CO <sup>2</sup> eq./m <sup>3</sup>	-51	20
PEINE	MJ/m <sup>3</sup>	580	329
PEIE	MJ/m <sup>3</sup>	1340	355

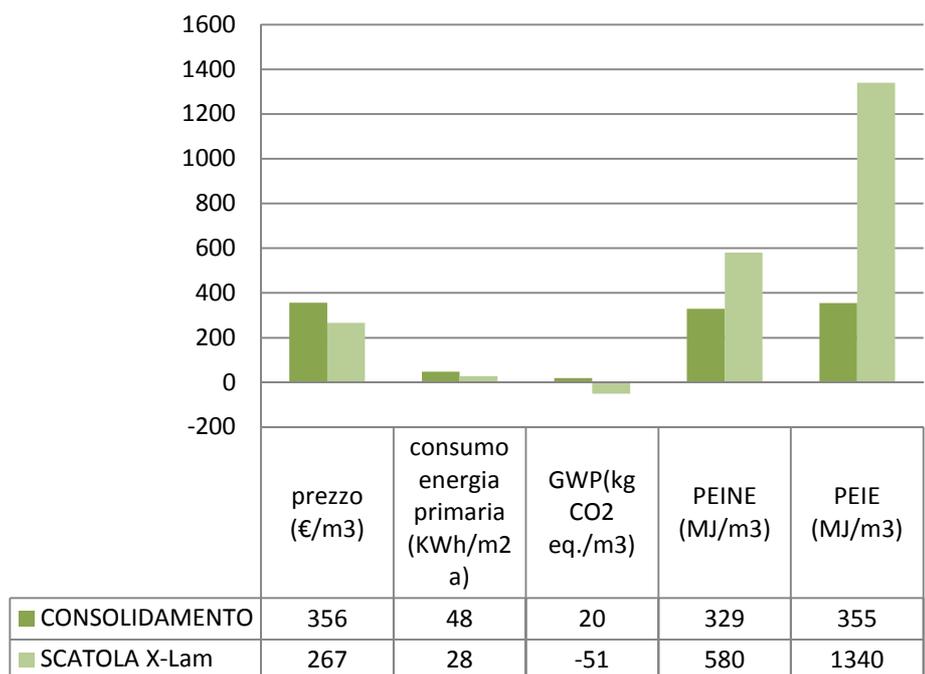


Figura 10.3 Confronti tra strategie

Dai confronti appare evidente che la strategia di inserimento di una nuova scatola interna in X-Lam è conveniente sotto diversi aspetti, tranne per il consumo di energia primaria in fase di produzione dei componenti. Dare un ordine d'importanza ai criteri è difficile se non impossibile pertanto una risposta oggettiva a quale sia la scelta migliore non esiste. Inoltre il confronto si è basato sull'ipotesi di applicabilità equiparabile delle due strategie, ipotesi difficile da verificare in realtà perché nel recupero tutte le situazioni sono diverse e l'approccio di una strategia o di un'altra non è mai uguale. Stabilire quindi a priori se esiste una strategia migliore non è possibile, ma andrà valutata caso per caso.

# ALLEGATI

## SEZIONE D – PROGETTO

### **Capitolo 6: Progetto di Recupero**

Scheda 6.01 - 6.20 - Schede di Intervento (SI)

Schede 6.20 - 6.29 - Schede dei livelli di prestazione attesi (SLPA)

Tavole 6.01 - 6.10 - Progetto Architettonico per livelli scala 1:200

Tavole 6.11 - 6.29 - Progetto Architettonico-Tecnologico ed. 16,17

Tavole 6.30 - 6.50 - Progetto Architettonico-Tecnologico ed. 22, 23

### **Capitolo 7: Progetto di Consolidamento**

Schede 7.01 - Individuazione maschi murari edificio 17

Schede 7.02 - 7.03 - Individuazione azioni sui maschi murari ed.17

Schede 7.04 - 7.05 - Valori di calcolo verifiche statiche ed.17

Schede 7.06 - Analisi e verifiche dei meccanismi locali ed.17

Scheda 7.07 - Disposizione ferri e catene ed.17

Scheda 7.08 - Verifiche strutture copertura tetto ed.17

### **Capitolo 8: Progetto impiantistico**

Scheda 8.01 – Analisi delle ombre

### **Capitolo 10: Valutazioni e conclusioni**

Scheda 10.01 – Computo metrico estimativo edificio 16

Scheda 10.02 – Computo metrico estimativo edificio 17

Scheda 10.03 – Certificazione energetica edificio 16

Scheda 10.04 – Certificazione energetica edificio 17

## SCHEDE DI INTERVENTO (SI)

per ogni anomalia identificata si riportano gli interventi descrivendo il tipo d'intervento e le fasi operative, in alcuni casi si riporta anche la tavola del nodo di riferimento e le schede di rilievo dell'anomalia collegate.

<b>Scheda di Intervento (SI)</b>	RIF: SACD 00	<b>SI 00</b>	indicazione del numero di riferimento della scheda d'Intervento
<b>PATOLOGIA:</b>		RIF: SRAV 00	indicazione scheda di riferimento "Analisi Cause del Degrado"
<b>INTERVENTO:</b>		<b>NODO:</b>	indicazione del nodo di riferimento nelle tavole di progetto tecnologico
<b>DESCRIZIONE PATOLOGIA</b>	indicazione della scheda di riferimento "Rilievo anomalia Visibile"		
<b>TIPO DI INTERVENTO:</b>	indicazione patologia su cui intervenire		
<b>FASI OPERATIVE</b>	indicazione dell'intervento		
	descrizione fasi operative con eventuali disegni		
<b>NOTE</b>			

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

Rotture e scivolamento dei coppi causano infiltrazioni di acqua meteorica che comporta la formazione di patina biologica sui coppi a canale della copertura

**TIPO DI INTERVENTO: RIMOZIONE - PULITURA - SOSTITUZIONE**

L'intervento si attua nel caso si voglia mantenere gli elementi di copertura attuali, che presentano elementi di degrado

**FASI OPERATIVE**

1- rimozione dei coppi a canale e della piccola orditura

2- accatastamento entro l'ambito del cantiere, comunque non in modo da gravare sulla struttura dell'edificio

3- intervento di pulitura manuale utilizzando spazzole di saggina e successiva battitura

4- sostituzione 20-30% in caso di rottura evidenti e/o cricature, con nuovi manufatti di produzione industriale, tra loro identici per forma, materiale e colore, da posizionarsi inferiormente rispetto a quelli recuperati ottenendo una posa di circa 36/42 coppi al m2

**NOTE**

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

Degrado dovuto ad invecchiamento naturale e a infiltrazione d'acqua meteorica: macchie di umidità localizzata, marcescenze e rotture

**TIPO DI INTERVENTO: PULITURA - CONSOLIDAMENTO - PROTEZIONE**

Si sostituisce la parte degradata con un nuovo elemento di legno. Il piano di giunzione tra parte vecchia e nuova può essere liscio, verticale, inclinato oppure lavorato in modo da realizzare un giunto ad incastro, mentre il collegamento tra i due elementi può essere costituito da piastre in acciaio, in vista o a scomparsa, imbullonate e con interposta resina epossidica

**FASI OPERATIVE**

1- pulitura generale e accurata mediante stracci, scopinetti, spazzole di saggina e/o aria compressa a bassa pressione oppure bidone aspiratutto, al fine di togliere ogni residuo superfluo, e spatole per la rimozione di tappeti terrosi e/o depositi poco coerenti

2- sostituzione degli elementi che non assolvono più alla funzione portante da effettuarsi con la massima cautela in modo da non gravare sulle sottostanti strutture e non produrre rotture, scagliature, fratture all'alloggiamento della testa della trave

3- inserimento del nuovo manufatto perfettamente squadrato a taglio di sega a spigoli vivi, posto in opera con le occorrenti chiodature e ferramenta. Trattamento carbolineo sulle pareti lignee da murare, previa pulitura e rettifica dell'alloggiamento murario e trattamento antifungo e anti muffa come al punto 5

4- consolidamento delle strutture ancora prestanti attraverso l'applicazione di vernice a base poliuretanica o epossidica che conferisce un aumento delle caratteristiche meccaniche: preventiva applicazione a pennello di solo solvente al fine di eliminare i residui di depositi polverulenti, tracce di unto/grasso; stesura a pennello morbido di più mani di prodotto consolidante da applicarsi in soluzione al 15-20 % alternando comunque mani di solo solvente per facilitare la penetrazione in profondità del prodotto; eventuale operazione di iniezione tramite utilizzo di tubicini in rame dello spessore di mm 4-9 in fori

5- protezione mediante applicazione di sostanze antitarlo, antimuffa e antifuga a base di pentaclorofenolo o esaclorofenolo. La stesura dovrà garantire il deposito e l'assorbimento da parte del legno trattato di almeno cc 350 di prodotto per m2 e sarà preceduta da sgrassaggio con solvente compatibile, applicazione in doppia mano di olio di lino cotto in ragia vegetale. applicazione di sostanze ignifughe tipo silicati di sodio e silicati

**NOTE**

Si dovrà tenere presene che il legno è più permeabile lungo la venatura e la resina assorbita nelle cellule legnose e si diffonde per capillarità; sarà opportuno in alcuni casi praticare nel legno dei fori disposti obliquamente e coincidente rispetto alla direzione delle fibre a seconda della capacità di penetrazione della resina da iniettare. Prima di iniettare bisognerà anche stuccare l'intero quadro fessurativo per evitarne travaso e fuga di prodotto con resine epossidica caricata con segatura e a aspettare il completo assorbimento di questa

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

Canali di gronda ossidati e marciscenti

**TIPO DI INTERVENTO: RIMOZIONE E SOSTITUZIONE****FASI OPERATIVE**

1- rimozione dei vecchi canali di gronda e dei pluviali non più rispondenti alle prestazioni richieste

2- messa in opera di nuovi canali di gronda: canale di gronda di forma semicircolare sviluppo 330 mm munito di due riccioli anteriore e posteriore per maggiore stabilità della barra. giunto a pezzo unico, spessore di 9/10 mm con guarnizione interna in epdm a garanzia di tenuta nel tempo. Sarà fissato a scatto con un gancio di sicurezza. Testata di spessore di 7/10 mm con guarnizione in epdm, simmetrica destra e sinistra montata ad incastro. Staffa di sezione di 4 x 24 mm sostiene il canale su tutta la circonferenza. È munita di due alette per il giusto posizionamento del canale. Scossalina completa composta da barra sottotegola e barra frontale in un elemento unico. Bocchello di raccordo a forma d'imbuto agganciato all'esterno del canale senza necessita di saldature o guarnizioni.

3- messa in opera di nuovi tubi pluviali in lastre di acciaio zincato del diametro di mm 100, aggraffati, completi di braccioli: il canale di gronda sarà sostenuto da staffe dello stesso materiale ogni 90 cm. Il fissaggio alla struttura deve essere eseguito tramite chiodi o viti. Gli elementi di tenuta e giunti saranno attrezzati con un sistema di bloccaggio meccanico.

**NOTE**

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

Totale mancanza degli intonaci, decoesi, sfarinati, assolutamente inconsistenti, marcescenti

**TIPO DI INTERVENTO: PULITURA - CONSOLIDAMENTO - RIFACIMENTO - PROTEZIONE**

Nel caso in cui l'intonaco preesistente mostra segni di degrado come distacco, sfarinamento, etc, si può prevedere il rifacimento dell'intonaco

**FASI OPERATIVE**

- 1- accurata pulitura dell'apparato murario tramite spazzole di saggina, scopinetti, aria compressa, bidone aspiratutto
- 2- pulitura meccanica con microaeroabrasivo a bassa pressione. testare su piccoli campioni il tipo di abrasivo, il diametro dell'ugello, e la pressione di esercizio.
- 3- eventuale consolidamento del quadro fessurativo
- 4- previa leggera bagnatura applicazione del primo strato di rinzafo composto da sabbia vagliata e calce idraulica esente da sali, nel rapporto legante inerte di 1:3, tirato in piano con frattazzo rustico
- 5- finitura con sabbia ticino e grassello di calce col rapporto legante inerte di 3:1, tirato a frattazzo di spugna
- 6- coloritura finale tramite vaglio di grassello di calce e terre naturali locali
- 7- a superfici perfettamente asciutte si potrà procedere ad interventi di tipo protettivo applicando a spruzzo idrorepellente a base silanico in quantità stimabile di 300-400 g/m<sup>2</sup>

**NOTE**

Nel caso in cui si voglia lasciare la pietra a vista dopo il punto tre procedere con la scheda si 05 per la stilatura dei giunti di malta

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

Dilavamento dei giunti di malta con successiva perdita di legante, sfaldamento e sfarinamento dei cotti se presenti

**TIPO DI INTERVENTO: PULIZIA - CONSOLIDAMENTO - PROTEZIONE**

Si tratta di un intervento destinato soprattutto ad evitare la penetrazione degli agenti atmosferici nella massa muraria, ma può anche migliorare le caratteristiche meccaniche del materiale se applicato in profondità

**FASI OPERATIVE**

1- pulitura superficiale mediante utilizzo di pennelli a setole morbide aria compressa a bassa pressione, bidone aspiratutto

2- ristilatura dei giunti utilizzando malta di calce lafarge esente da sali solubili eventualmente caricata con resina acrilica

3- consolidamento mediante applicazione a pennello sino a rifiuto di estere etilico dell'acido silicico solo ed esclusivamente su manufatti perfettamente asciutti. la quantità di prodotto da utilizzarsi e' stimabile in 500-600 g/m<sup>2</sup>

4- applicazione finale di idrorepellenti in solventi organici da applicarsi a spruzzo sino ad assorbimento sulla superficie interessata. Saranno da utilizzarsi prodotti a base silanica da applicarsi nella quantità di circa 500 g/m<sup>2</sup>. L' applicazione sarà da effettuare in giornate non piovose, su superficie fredda e non assolata. I prodotti dovranno essere applicati abbondantemente due e tre volte fino a rifiuto; la pressione di spruzzo e il diametro dell'ugello devono essere scelte in modo che non si abbia nebulizzazione dell'agente impregnante; operare in basse pressioni 0.5 bar

**NOTE**

I mattoni eccessivamente degradati e sfarinati potranno essere trattati con una doppia mano di resina acrilica ( polimero acrilico di etilmetacrilato) applicata puntualmente a pennello sino a rifiuto in solvente sino al 25%

Non e' assolutamente prevista la reintegrazione dei mattoni mancanti. Potrà prevedersi un eventuale fissaggio di quelli sconnessi ed a rischio di caduta mediante impiego di adesivi strutturali da impiegarsi in profondità, a base di resina epossidica opportunamente caricati con adatto inerte: sabbia lavata e cocchiopesto

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

Sfaldamento dei componenti e degradazione dei letti di malta. Presenza di residui polverulenti e carboniosi

**TIPO DI INTERVENTO: PULITURA - CONSOLIDAMENTO - PROTEZIONE**

Pulitura a fondo della muratura disgregata e consolidamento dei vari componenti

**FASI OPERATIVE**

1- tutto il paramento subisce una pulitura globale: preparazione mediante accurata pulitura con stracci, scopinetti, spazzole di saggina e bidone aspiratutto

2- successivo utilizzo di spray di acqua nebulizzata deionizzata e/o distillata a bassa pressione mediante l'impiego di adatti ugelli regolabili. Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5-10 micron. L'irrorazione utilizzerà una pressione di circa 3 atmosfere. Si opererà per settori orizzontali agendo dall'alto verso il basso sfruttando il potere emolliente del ruscellamento. L'operazione richiede una temperatura esterna di 20 ° ad intervalli regolari che non dovranno eccedere le 4 ore per evitare l'eccessiva impregnazione. Tra un lavaggio e l'altro sarà opportuno utilizzare spazzole morbide di saggina con le quali effettuare un leggero bruschinaggio

3- pulitura puntuale con asportazione del materiale incoerente all'interno delle fessure per mezzo di piccole spatole e bidone aspiratutto

4-stuccatura e sigillatura delle fessurazioni profonde con stucco a base di legante idraulico additivato con resine epossidiche. previa abbondante bagnatura con acqua deionizzata, si effettuerà la stilatura dei giunti di malta tramite primo arriccio in malta di calce della parte esente da sali solubili e sabbia vagliata (1:2). l'arriccio sarà da effettuarsi utilizzando piccole spatole (se la muratura rimane senza intonaco si continua con il punto 5 altrimenti vedi scheda si 04)

5- la ristilatura di finitura si effettuerà con grassello di calce e sabbia ticino eventualmente additivati con sabbie di granulometria superiore, cocchio pesto(1:3) la ristilatura avverrà sempre in leggero sottoquadro e dovrà prevedere una finitura di regolarizzazione tramite piccole spugne inumidite in acqua deionizzata

6- applicazione finale di idrorepellenti in solventi organici da applicarsi a spruzzo sino ad assorbimento sulla superficie interessata. saranno da utilizzarsi prodotti a base silanica da applicarsi nella quantità di circa 500 g/m<sup>2</sup>. l' applicazione sarà da effettuare in giornate non piovose, su superficie fredda e non assolata. I prodotti dovranno essere applicati abbondantemente due e tre volte fino a rifiuto; la pressione di spruzzo e il diametro dell'ugello devono essere scelte in modo che non si abbia nebulizzazione dell'agente impregnante; operare in basse pressioni 0.5 bar

**NOTE**

I mattoni eccessivamente degradati e sfarinati potranno essere trattati con una doppia mano di resina acrilica (polimero acrilico di etilmetacrilato) applicata puntualmente a pennello sino a rifiuto in solvente sino al 25%

Non è assolutamente prevista la reintegrazione dei mattoni mancanti. Potrà prevedersi un eventuale fissaggio di quelli sconnessi ed a rischio di caduta mediante impiego di adesivi strutturali da impiegarsi in profondità, a base di resina epossidica opportunamente caricati con adatto inerte: sabbia lavata e cocchiopesto

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

La crosta nera non e' altro che la manifestazione dell'umidità interna della muratura che comporta la formazione di macchie di muffe e efflorescenze

**TIPO DI INTERVENTO: PULITURA/BONIFICA**

Rimozione dell' anomalia tramite pulitura. A questo intervento deve seguire la rimozione della causa

**FASI OPERATIVE**

1- tutto il paramento subisce una pulitura globale: preparazione mediante accurata pulitura con stracci, scopinetti, spazzole di saggina e bidone aspiratutto

2- successivo utilizzo di spray di acqua nebulizzata deionizzata e/o distillata a bassa pressione mediante l'impiego di ugelli regolabili. Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5-10 micron. L'irrorazione utilizzerà una pressione di circa 3 atmosfere. Si opererà per settori orizzontali agendo dall'alto verso il basso sfruttando il potere emolliente del ruscellamento. L'operazione richiede una temperatura esterna di 20 ° ad intervalli regolari che non dovranno eccedere le 4 ore per evitare l'eccessiva impregnazione. Tra un lavaggio e l'altro sarà opportuno utilizzare spazzole morbide di saggina con le quali effettuare un leggero bruschinaggio

3- tra un lavaggio e l'altro sarà opportuno utilizzare spazzole morbide di saggina con le quali effettuare un'operazione di leggero bruschinaggio al fine di rimuovere croste persistenti

4- in caso di depositi molto consistenti e/o di croste di debole spessore (1mm) si procederà ad una pulitura tramite l'utilizzo di argille assorbenti. Si dovrà favorire la bagnabilità del cotto tramite una stesura a pennello di una sospensione acquosa (sempre deionizzata o distillata) molto fluida dell'argilla. Si preparerà quindi un fango di argilla ed acqua che andrà steso sulla superficie interessata con spatole e pennelli per uno spessore di almeno cm 2-3. Tempo di applicazione 24-48 ore sino ad essiccazione del fango. Per trattare superfici molto estese sarà opportuno armare lo strato di fango con opportune reti di nylon. La granulometria del fango potrà variare dai 100 ai 200 mesh. lavaggio finale con acqua deionizzata per asportare ogni residuo di sporco

**NOTE**

Se all'intervento di pulizia non segue un intervento per bloccare l'umidità di risalita o (di penetrazione per i muri contro terra) il fenomeno di degrado si ripresenterà dopo poco tempo

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

Umidità affiorante sulla muratura da risalita capillare

**TIPO DI INTERVENTO: PROTEZIONE**

Intervento a carattere indiretto atto a bloccare la risalita capillare dell'umidità  
 Iniezioni a lenta diffusione di formulati chimici idrofobizzanti

**FASI OPERATIVE**

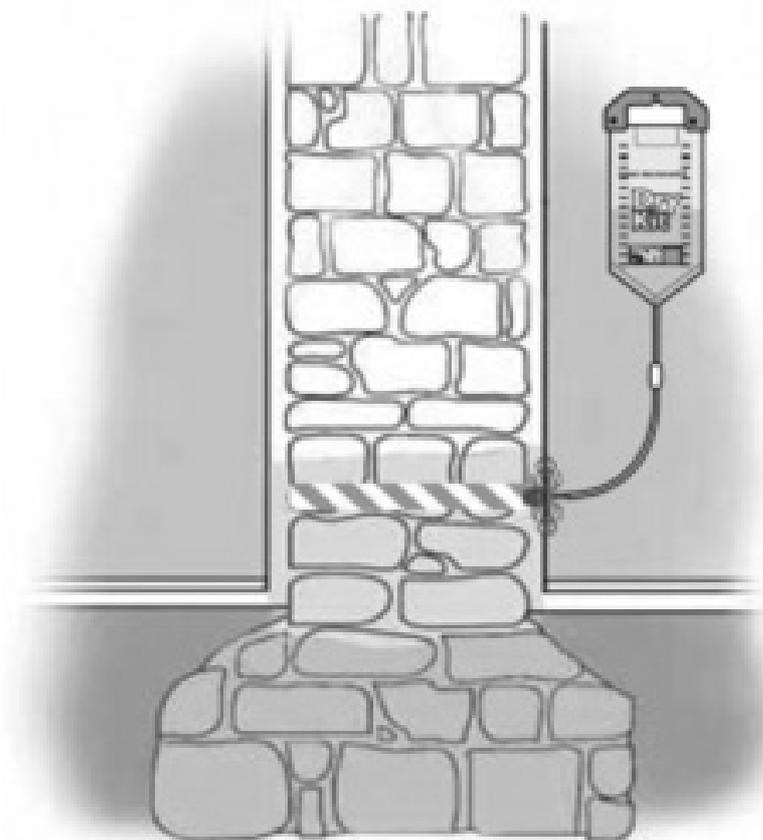
1- operare nella muratura una serie di fori appena al di sopra della quota alla quale si vuole creare la barriera impermeabile, generalmente a circa 20 cm dal piano di calpestio

2- fissaggio ugelli. iniezione tramite diffusori dei formulati a base di resine siliconiche o silaniche. I trasfusori hanno la funzione di immettere lentamente il liquido impregnante, che in parte risale all'interno della parete per capillarità e in parte discende per gravità

3- poiché i fori vengono fatti da parte a parte nella muratura, è necessario tamponare con dello stucco la muratura dal lato opposto a quella dell'iniezione, in modo da evitare la fuoriuscita di una parte del prodotto e la conseguente riduzione di impregnazione della muratura. Inoltre quando lo spessore del muro supera i 45 cm si pratica l'iniezione da entrambi i lati

**NOTE**

La penetrazione del prodotto chimico e' influenzata dalla viscosità del liquido e dalla presenza di solventi che favoriscono la penetrazione, ma possono ridurre l'efficacia



Fonte: Risanamento e deumidificazione

## DESCRIZIONE PATOLOGIA

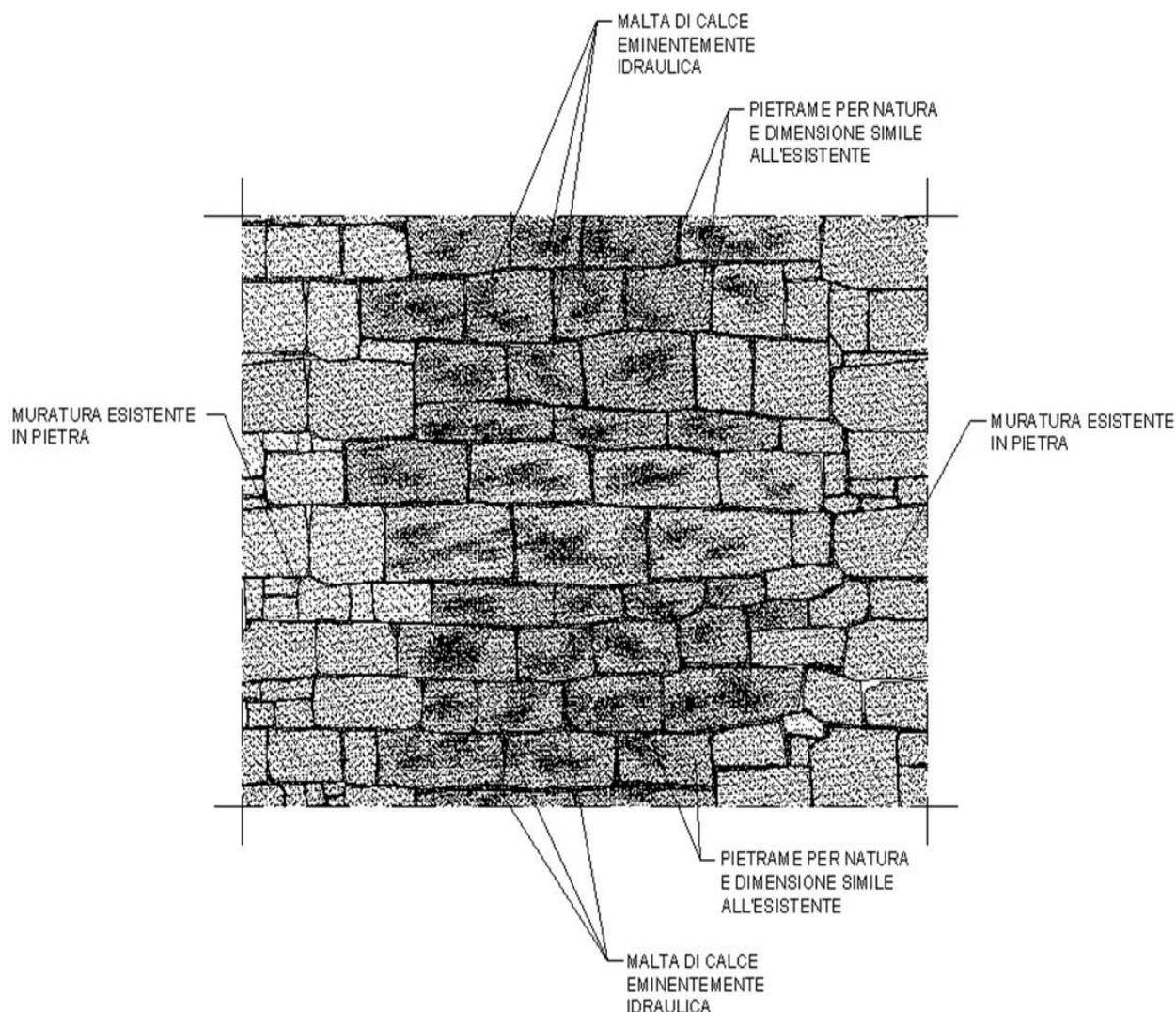
Fessurazione localizzata con distacco e disgregazione di alcuni elementi

## TIPO DI INTERVENTO: CONSOLIDAMENTO

Limitata e puntuale sostituzione del tamponamento in mattoni con elementi in pietra

## FASI OPERATIVE

- 1- rimozione del materiale di tamponamento non coeso con il resto della muratura
- 2- pulitura superficiale mediante utilizzo di pennelli a setole morbide aria compressa a bassa pressione, bidone aspiratutto
- 3- realizzazione di un nuovo tamponamento con elementi di recupero con le stesse caratteristiche statiche di quelli della muratura facendo particolare attenzione a legare il vecchio con il nuovo. Utilizzo di malta di calce
- 4- per effettuare l'intervento e' necessario provvedere a puntellare adeguatamente il muro su cui si opererà per sostenere le masse che gravano su di esso



Fonte: Malighetti L.E., 2008 b

<b>Scheda di Intervento (SI)</b>	<b>SI 10</b>
<b>PATOLOGIA: microlesioni diffuse</b>	<b>RIF: SRAV 15</b>
<b>INTERVENTO: iniezioni di miscele leganti</b>	

#### DESCRIZIONE PATOLOGIA

Microlesioni diffuse, indice di cattiva composizione e legatura tra i componenti

#### TIPO DI INTERVENTO: CONSOLIDAMENTOI

Il metodo consiste nell'iniettare una miscela di legante, in pressione o per colatura, per gravità, nei vuoti presenti della parete. Le miscele sono costituite da acqua e calce in composizione il più simile possibile per resistenza a quella originaria per non creare situazioni di concentrazioni di sforzi. La presenza di una muratura fortemente degradata, in cui la malta originaria non sia più in grado di garantire una continuità alla compagine muraria giustifica l'utilizzo di tale intervento evitando la disarticolazione dei conci. Il riempimento dei vuoti tramite boiaccia di malta permette, infatti, di aumentare il numero dei contatti tra i conci limitando l'insorgere di concentrazioni di stati tensionali di compressione.

#### FASI OPERATIVE

- 1- sigillatura preventiva dei giunti deteriorati presenti in superficie e delle eventuali fessure con malta porosa
- 2- esecuzione dei fori di iniezione: stabilito l'ordine con cui procedere alle iniezioni, che devono interessare zone simmetriche a cominciare dalle più basse, si realizzano i fori con sonde a rotazione e mai a percussione adottando diametri, interassi, lunghezze e direzioni correlati al tipo, condizione e spessore della muratura da consolidare. In generale i fori, in numero di 2 o 3 a m<sup>2</sup>, hanno diametri compresi tra i 20 e i 40 mm, interasse tra i 30 ed i 100 cm e sono disposti su file parallele a formare un reticolo regolare; su muri di spessore superiore ai 50-60 cm è opportuno eseguire le perforazioni sulle due facce. I fori, preferibilmente, dovranno essere eseguiti in corrispondenza dei giunti di malta. Nelle perforazioni saranno posizionati dei tronchetti di rame utilizzabili come iniettori, sigillati con malta antiritiro pronta all'uso a rapido indurimento ed effetto tixotropico. L'esecuzione dei fori viene seguita dall'introduzione di ugelli e boccagli, lunghi almeno 10 cm e sigillati con malta di cemento.
- 3- scarnitura profonda dei giunti murari
- 4- lavaggio del muro. attraverso gli ugelli viene immessa acqua all'interno della muratura attraverso gli iniettori di rame in leggera pressione procedendo dall'alto verso il basso e controllando l'esistenza eventuale di vie di fuga che vanno sigillate. L'acqua, introdotta a leggera pressione, elimina i detriti più minuti e porta a saturazione la muratura ponendo le premesse per una buona maturazione della miscela iniettata, lasciandola fluida ed attenuandone il ritiro
- 5- stilatura dei giunti rimasti aperti con malta porosa
- 6- inserimento dei tubetti di iniezione filettati e loro fissaggio
- 7- bagnatura, a più riprese, fino a saturazione
- 8- iniezioni in pressione non superiori di 1,5 -2 atmosfere. Le iniezioni sono effettuate su tratti simmetrici dai lati esterni verso il centro, procedendo dal basso verso l'alto e realizzando sovrapposizioni delle zone trattate
- 9- rimozione degli ugelli d'iniezione, prima che si sia esaurita la fase di presa, e con l'eliminazione di eventuali sbavature

#### NOTE

La scelta della malta va condotta in base a analisi chimiche. Le caratteristiche che una buona malta deve avere sono: buona fluidità, buona stabilità, tempo di presa opportuno, adeguata resistenza, minimo ritiro

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

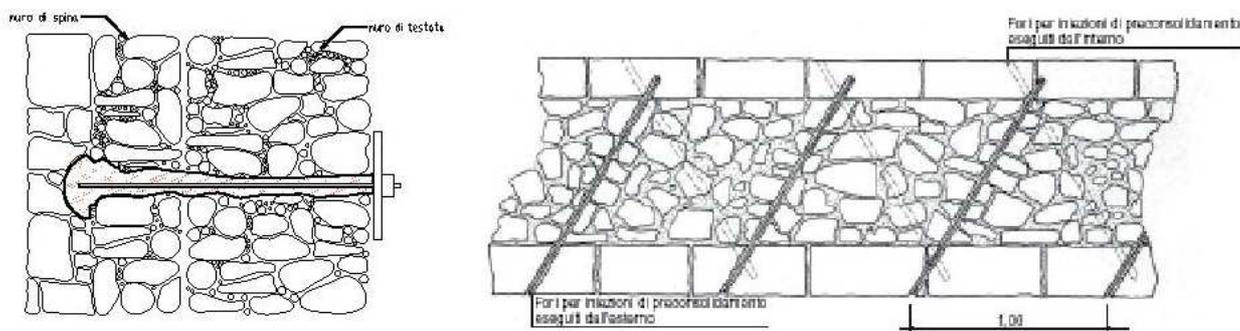
Lesione passante nella muratura armata

**TIPO DI INTERVENTO: CONSOLIDAMENTO**

Microcuciture tramite inserimento di barre da acciaio con la volontà di fornire una certa resistenza a trazione. Di solito viene impiegata oltre che per ristabilire continuità in presenza di lesioni, negli incroci murari d'angolo e nei collegamenti tra muri perimetrali e di spina. Tale intervento deve essere effettuato disponendo le barre d'armatura a 45°, rispetto alla giacitura orizzontale dei pannelli murari, realizzando un reticolo armato che riesca ad assorbire gli sforzi di trazione indotti dalle sollecitazioni esterne e a conferire un maggior grado di duttilità alla connessione. Tale intervento deve prevedere l'utilizzo di miscele leganti con caratteristiche di elevata aderenza ed antiritiro, per poter contare sulla collaborazione fra armature e muratura

**FASI OPERATIVE**

- 1- individuazione della disposizione dei fori
- 2- foratura della muratura con sonde esclusivamente rotative. I fori possono essere inclinati a 45° oppure orizzontali, disposti lungo i giunti su tutto lo spessore. L'interasse è funzione dello spessore e della presenza di diaconi nella muratura; nel caso di iniezioni a base di malta cementizia il foro deve essere di dimensioni pari a 2 volte il diametro della barra ( $\varphi \text{ foro} = 2\varphi \text{ barra}$ ); se invece le iniezioni sono a base di resine il foro sarà pari al diametro del foro della barra più 5 mm ( $\varphi \text{ foro} = \varphi \text{ barra} + 5\text{mm}$ )
- 3- pulitura dei fori per mezzo di getto ad aria in pressione e lavaggio con acque per garantirne una migliore aderenza tra muratura e malta successivamente iniettata
- 4- inserimento delle barre d'acciaio ad aderenza migliorata ( $\varphi = 10/18\text{mm.}$ ) opportunamente inclinate e sovrapposte, munite di distanziatori perimetrali per evitare il contatto con la muratura
- 5- iniezione della malta a bassa pressione (inferiore a 2 atm). In alcuni casi è opportuno realizzare efficienti ancoraggi con piastre alle estremità delle barre al fine di eliminare rischio di sfilamento. Utilizzando barre piegate a I si rende necessario solo un ancoraggio all'estremità opposta
- 6- riempimento della testa del foro e copertura degli eventuali ancoraggi con malta cementizia e/o resina



Fonte: Analisi delle principali tecniche di intervento

**NOTE**

La tecnica non è coerente con il funzionamento delle costruzioni in muratura che sono realizzate senza far affidamento sulla resistenza a trazione

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

I cedimenti fondali sono la causa di molte patologie come le lesioni, l'eliminazione della causa scatenante dell'anomalia e' necessaria per arrestare il processo

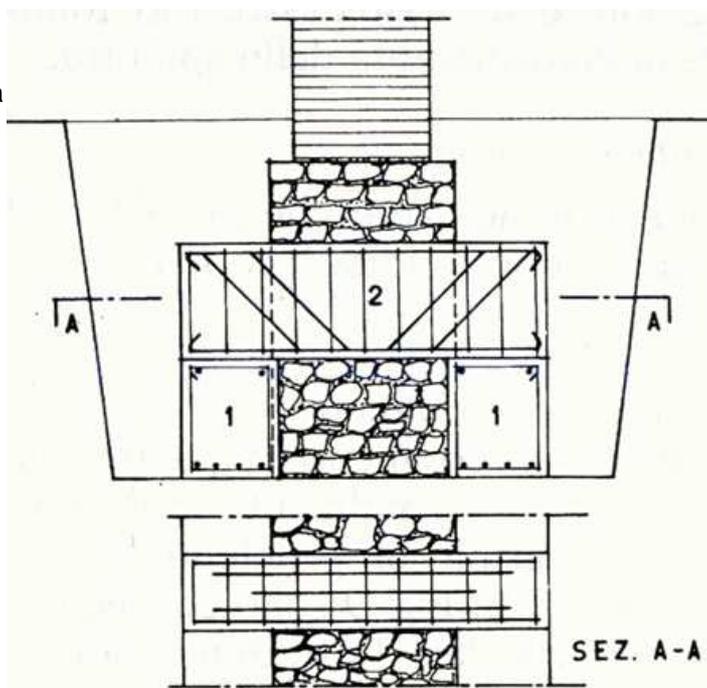
**TIPO DI INTERVENTO: CONSOLIDAMENTO**

Consolidamento delle fondazioni tramite costruzione di due cordoli armati a fianco della vecchia fondazione e collegamenti mediante spinotti sempre in c.a., che permettono di allargare la base fondale

**FASI OPERATIVE**

- 1- scavo e realizzazione nicchie
- 2- esecuzione del getto di spianamento in magrone fino al raggiungimento del piano di posa più idoneo al trasferimento dei carichi provenienti dalla sovrastruttura
- 3- predisposizione dei casseri
- 4- posa in opera delle armature
- 5- rispetto del copriferro di progetto; realizzazione di collegamenti all'eventuale fondazione esistente mediante nicchie armate ad interasse non superiore a 1,5-2 metri, e perfori armati con ferri inclinati a uncino inseriti all'interno della muratura con interasse non maggiore di 50 cm atti a resistere a pressoflessione
- 6- eseguire sovrapposizioni delle armature in campata e sugli angoli, chiusura delle staffe
- 7- esecuzione del getto in cls

Lo spinotto può essere realizzato anche a livello dei cordoli



Fonte: Malighetti L.E., 2008 b

**NOTE**

L'aumento di resistenza dovuto all'allargamento agisce staticamente solo in caso di aumento dei carichi verticali, ed e' molto migliorativo per la resistenza ad azioni orizzontali aumentando il momento resistente.

Sono necessarie delle analisi geotecniche atte a valutare la capacità portante del terreno e quindi dimensionare correttamente i cordoli

DESCRIZIONE PATOLOGIA

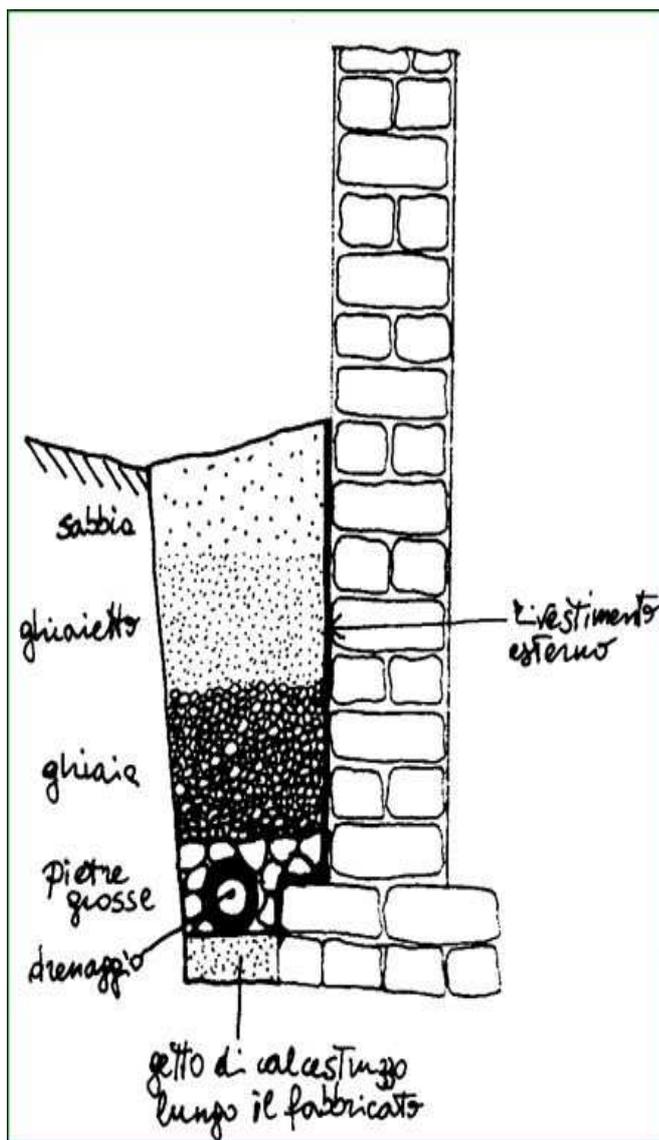
L'umidità più che una patologia e' la causa di molte anomalie negli edifici in muratura che non hanno barriere impermeabili

TIPO DI INTERVENTO: PROTEZIONE

Realizzazione di una trincea drenante realizzata con pietrisco di diversa granulometria con predisposizione guaina impermeabilizzante e protettiva, e dreno

FASI OPERATIVE

- 1- scavo fino all'altezza della fondazione
- 2- risanamento della muratura
- 3- getto di uno strato di magrone lungo il perimetro esterno
- 4- applicazione di una membrana protettiva impermeabile ad alta densità lungo il filo esterno della muratura fino a coprire le fondazioni (è possibile utilizzare delle membrane bentonitiche molto efficienti ed ecosostenibili)
- 5- inserimento di un tubo in pvc per convogliare in un pozzetto collegato
- 6- riempimento trincea con pietrisco di diversa granulometria come mostrato in figura



Fonte: Malighetti L.E., 2008 b

NOTE

L'intervento si rivela utile nei casi di muratura contro terra umida e dove e' possibile scavare a ridosso della muratura. non e' efficace se ci sono livelli di falda superficiali

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

L'umidità più che una patologia e' la causa di molte anomalie negli edifici in muratura che non hanno barriere impermeabili

**TIPO DI INTERVENTO: PROTEZIONE**

Inserimento di una barriera impermeabile all'interno del paramento

**FASI OPERATIVE**

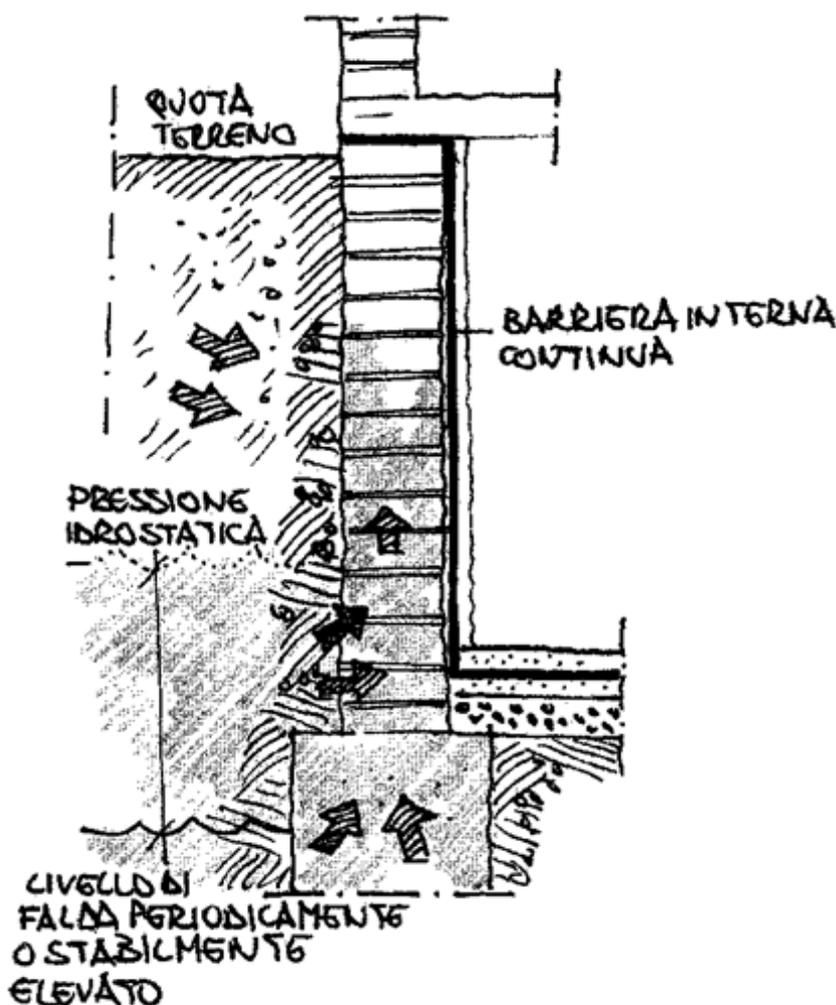
1- in caso di presenza di patine nere dovute all'umidità si procederà prima con un' intervento descritto in scheda si 07

2- in ogni caso prima di intervenire si prevederà una fase di pulizia/bonifica della parete

3- messa in opera di uno strato di regolarizzazione realizzato uno strato di malata di calce di circa 2 -3 cm

4- inserimento di una barriera impermeabile di matrice naturale tipo "derpisure", in alternativa utilizzare una miscela bentonitica da applicare anche al posto dello strato di regolarizzazione

5- procedere con i diversi strati della stratigrafia. da valutare la necessità di inserimento di una barriera al vapore dopo l'isolante a seconda del diagramma di glaser



Fonte: Malighetti L.E., 2008 b

**NOTE**

L'intervento va' utilizzato solo nei casi in cui non e' possibile intervenire all'esterno perché in questo modo la muratura rimane umida e quindi non si elimina la causa ma la si limita solamente.

DESCRIZIONE PATOLOGIA

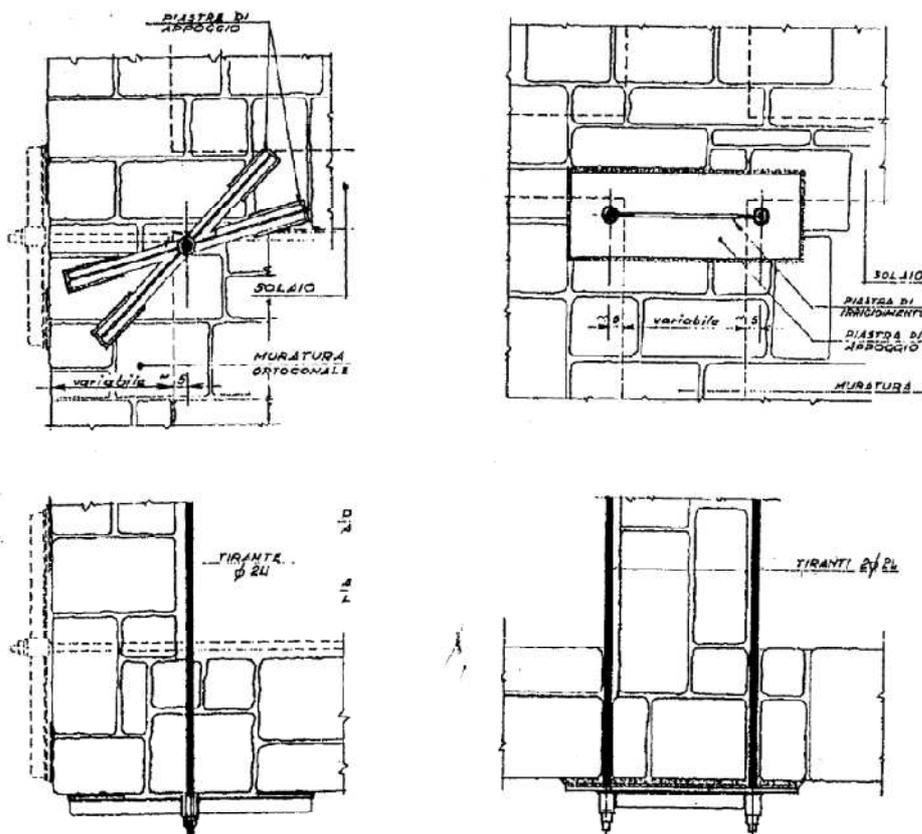
Mancanza di collegamenti efficaci tra le pareti e/o tra le pareti e gli orizzontamenti di piano. È necessario al fine di garantire resistenza alle forze orizzontali che le murature siano ben collegate al fine da garantire un comportamento scatolare, per assorbire spinte non contrastate e prevenire collassi fuori dal piano

TIPO DI INTERVENTO: CONSOLIDAMENTO

L'intervento consiste nell'inserimento di elementi metallici ancorati alle murature al fine di garantire un comportamento monolitico del complesso edilizio. qualora possibile è opportuno pretendere i tiranti così da recuperare eventuali spostamenti dovuti a dissesti in atto. I tiranti possono essere disposti all'interno o all'esterno delle murature

FASI OPERATIVE

1. preparazione delle pareti
2. foratura delle pareti e/o dei solai
3. scasso nelle murature per inserimento delle piastre di ancoraggio
4. eventuale miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle zone di ancoraggio
5. inserimento dei tiranti
6. messa in tensione dei tiranti



Fonte: Tirantature metalliche

NOTE

In relazione allo stato di presollecitazione ed alla piastra di appoggio, determinante è la capacità dell'elemento di contrasto a trasferire l'azione del tirante alla muratura senza generare stati tensionali insostenibili. Non sono consigliate lunghezze maggiori di 20m cui corrispondono maggiori deformazioni e quindi una ridotta efficacia dell'azione di contenimento

<b>Scheda di Intervento (SI)</b>	<b>SI 16</b>
<b>PATOLOGIA: collegamenti scadenti tra le murature</b>	<b>RIF: SRAV</b>
<b>INTERVENTO: cordolo di coronamento con elevazione</b>	<b>NODO: 3</b>

#### DESCRIZIONE PATOLOGIA

Mancanza di collegamenti efficaci tra le pareti. È necessario al fine di garantire resistenza alle forze orizzontali che le murature siano ben collegate al fine da garantire un comportamento scatolare, per assorbire spinte non contrastate e prevenire collassi fuori dal piano

#### TIPO DI INTERVENTO: CONSOLIDAMENTO

Questo intervento consiste nella realizzazione di un elemento strutturale con funzione di cordolo in sommità e fissaggio pannello di elevazione.

Il cordolo e' realizzato in legno di larice con la sovrapposizione di un profilo in acciaio upn. ancoraggio alla muratura attraverso perfori armati a diversa profondità e aggrappaggio attraverso miscela antiritiro. L'intervento favorisce il comportamento scatolare realizzando un collegamento continuo tra gli elementi strutturali, limitando la vulnerabilità delle pareti per le azioni fuori dal piano. Si preferisce inserire cordoli in legno-acciaio rispetto a cordoli in c.a. per non creare aumenti di rigidezza e di carico.

Nella pratica quando sono stati adottati cordoli in c.a. in sommità insieme a coperture in latero-cemento si sono verificati collassi fuori dal piano delle parti sommitali delle pareti murarie. Tale comportamento è dovuto al forte incremento di rigidezza che richiama una maggiore forza sismica ed all'aumento di differenza di rigidezza tra copertura e parete

#### FASI OPERATIVE

- 1- bonificare la muratura di appoggio e realizzare uno strato di regolarizzazione in malta di calce
- 2- posizionare la guaina bentonitica protettiva e impermeabile avendo cura di farla rigirare per almeno 5 cm
- 3- posizionare il cordolo di legno di larice idrofobizzato con resine naturali, e presagomato in sommità
- 4- realizzare i perfori  $\varnothing 30/75$  a profondità variabile 60/100 cm tale da creare una superficie di connessione irregolare
- 5- posizionare un profilo upn in sommità al cordolo nella sagomatura precedentemente realizzata
- 6- inserire le barre filettate  $\varnothing 20/75$  e iniettare della miscela espansiva aggrappante antiritiro compatibile con la muratura e con il legno
- 7- serrare le barre con dadi con un avvitatore a controllo di coppia in modo da esercitare una precompressione

#### NOTE

Il miglioramento del comportamento scatolare è difficilmente quantificabile a livello numerico. l'intervento se ben eseguito permette di prevenire la formazione di meccanismi locali. Se eseguito in sommità si riduce la lunghezza di inflessione libera della parte sommitale delle pareti murarie

DESCRIZIONE PATOLOGIA

Mancanza di collegamenti efficaci tra le pareti e tra le pareti e le coperture

TIPO DI INTERVENTO: CONSOLIDAMENTO

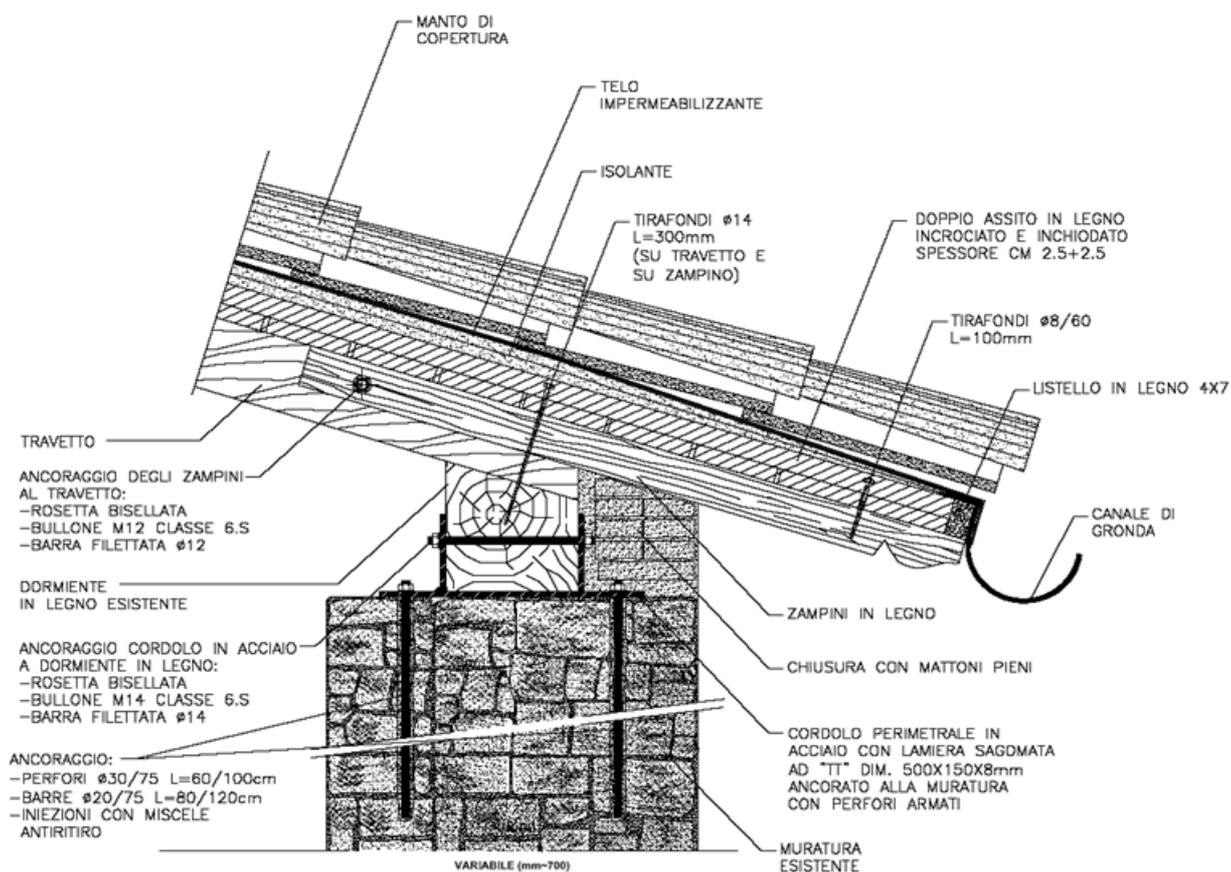
Questo intervento consiste nella realizzazione di un elemento strutturale con funzione di cordolo sommitale nel caso in cui non ci siano elementi di elevazione e le travi della copertura appoggino direttamente su di esso. È possibile intervenire anche senza smontare la copertura e mantenere il dormiente originale se in buono stato di conservazione.

Al dormiente viene accoppiata una lamiera sagomata, ancoraggio alla muratura attraverso perfori armati a diversa profondità e aggrappaggio attraverso miscela antiritiro

FASI OPERATIVE

Si riportano le fasi operative nel caso di smontaggio del tetto e sostituzione della trave

- 1- bonificare la muratura di appoggio e realizzare uno strato di regolarizzazione in malta di calce
- 2- posizionare le piastre di base in acciaio con lamiera sagomata a tt 500x150x8 mm
- 3- dopo aver realizzato i fori  $\varnothing 30/75$  l 60/120, inserire le barre filettate iniettate con miscela antiritiro ed esercitare una precompressione attraverso il dado di serraggio
- 4- posizionare il dormiente in legno, i fazzoletti in acciaio ed eseguire le saldature con cordone a completa penetrazione e altezza di gola pari a 6 mm
- 5- forare trasversalmente il dormiente in legno e inserire le barre d'ancoraggio  $\varnothing 20/75$ . montare la copertura fissandola adeguatamente al cordolo



Fonte: Amigoni C.,2008

**DESCRIZIONE PATOLOGIA**

Carenza strutturale del solaio dovuta ad adeguamento strutturale alle normative vigenti

**TIPO DI INTERVENTO: CONSOLIDAMENTO**

Rinforzo strutturale con operazioni estradossali. L'intervento può essere eseguito su diverse tipologie di solai: legno, acciaio, laterizio. Esso consiste nel realizzare una soletta collaborante al di sopra delle travi esistenti, adeguatamente connessa con i profili esistenti e la muratura. In questo modo la soletta collaborerà staticamente a compressione e realizza uno piano rigido di collegamento con le murature. Le connessioni vengono realizzate con perfori armati e annegati nella soletta

**FASI OPERATIVE**

- 1- predisposizione di puntelli al di sotto del solaio
- 2- messa a nudo del solaio portando in vista le varie orditure
- 3- creazione di perfori  $\phi$  35 incrociati , passo 50 cm sul perimetro del campo di solaio, armati con barre  $\phi$  16 inghisate a mezzo di boiaccia cementizia a ritiro compensato. le connessioni della soletta alla muratura vanno eseguite tramite perforazioni armate preferibilmente incrociate a 30°-45° in modo da interessare una fascia di muratura il più possibile ampia a formare una zona di rigidità adeguata in grado di offrire un vincolo efficace delle murature ai solai e delle murature fra loro
- 4- spingere le perforazioni in profondità per almeno 2/3 dello spessore del muro inclinandoli sia in orizzontale che in verticale e, comunque se la tipologia del muro risulta a doppio paramento, fino ad interessare il paramento
- 5- creazione di collegamenti a mezzo di "connettori" le connessioni della soletta al solaio vanno realizzate mediante elementi connettori di idonea rigidità a taglio (pioli, barre sagomate, greche, tirafondi) saldati, avvitati o inghisati sugli elementi dei solai con passi valutati in funzione del grado di miglioramento delle caratteristiche statiche da raggiungere
- 6- apposizione di r.e.s.  $\phi$  5/10\*10 sul campo di solaio sovrapponendola, ove necessario, per almeno 2-3 maglie con risvolto "cementato" sul muro per almeno 40-50 cm
- 7- esecuzione del getto in cls c25/30
- 8- dopo 14 giorni rimozione puntelli e finitura pavimenti

**NOTE**

Nel caso di solaio ligneo bisogna prevedere tra l'assito esistente e il getto in cls un telo traspirante impermeabile. si possono utilizzare strutture a traliccio per la connessione fissate alle travi di legno con viti mordenti, senza necessità di fresature. Si può ipotizzare di posare dei pannelli di isolante come alleggerimento. L'intervento non e' attuabile nel caso si debba mantenere inalterata la pavimentazione originaria

# SCHEDE DEI LIVELLI DELLE PRESTAZIONI ATTESE (SLPA)

in base alle stratigrafie ipotizzate si calcolano le prestazioni attese di resistenza termica e sfasamento, anche attraverso grafici

## Scheda dei Livelli delle Prestazioni Attese SLPA 00

### STRATIGRAFIA:

materiale	spessore	res t.	$\lambda$	fatt. res.	Densità	Cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> k/w	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK

Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	
Sfasamento	Ore	

### ANDAMENTO GIORNALIERO DELLA TEMPERATURA - ESTIVO

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA - GENNAIO

ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA - GENNAIO

codice riferimento scheda

tabella di riferimento per il calcolo delle prestazioni della stratigrafia

risultati

grafico dell'andamento giornaliero dello sfasamento della temperatura

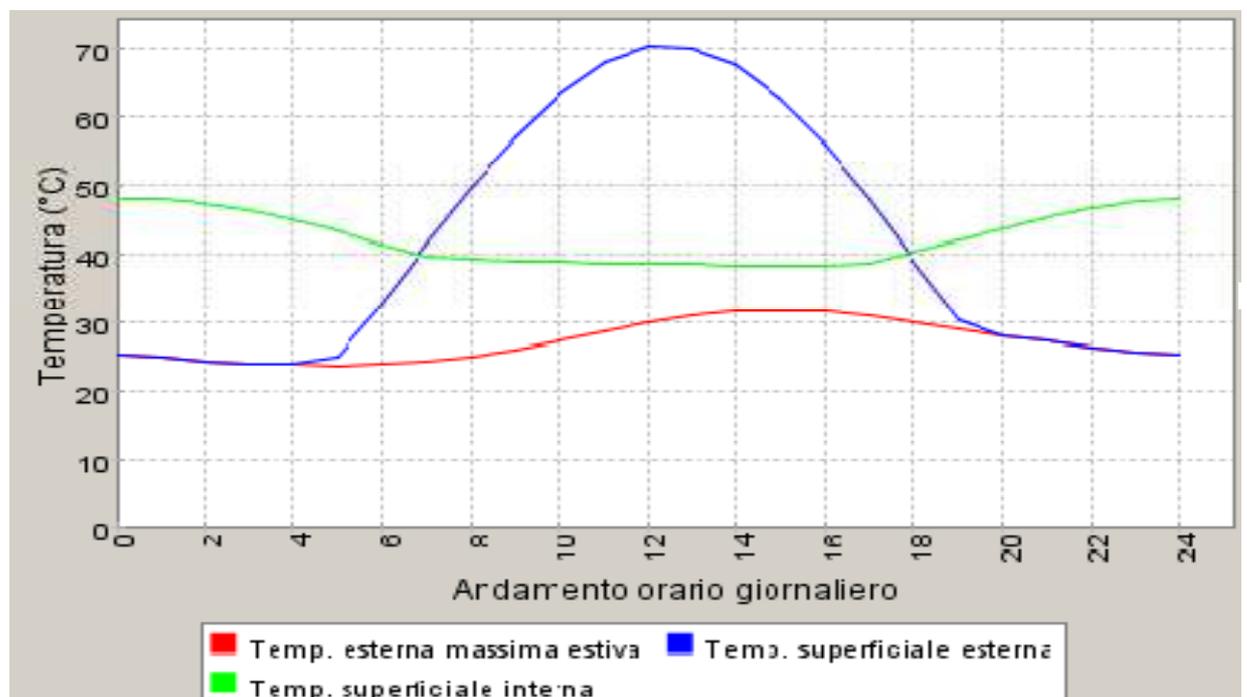
grafico andamento della temperatura all'interno della stratigrafia durante il mese di gennaio

grafico andamento della pressione all'interno della stratigrafia nel mese di gennaio per verificare la possibilità di condensa

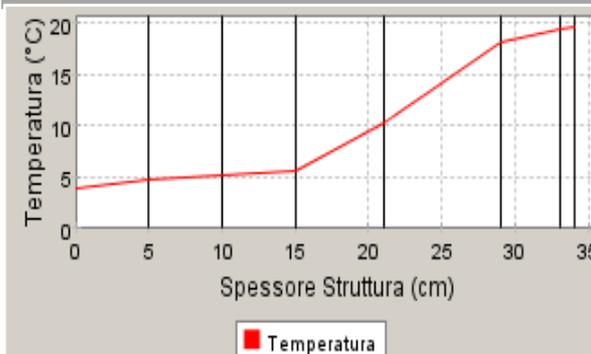
materiale	spessore	res termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
manto di copertura	-	-	-	-	-	-
camera ventilata	-	-	-	-	1	1004
membrana impermeabile	-	-	-	-	300	2100
isolante fibra di canapa	0,06	1,22	0,04	-	250	2099
isolante fibra di canapa	0,08	2,00	0,04	-	160	2100
tavolato castagno	0,04	0,31	0,13	-	560	2092
finitura betulla	0,01	0,08	0,13	-	560	2092

Spessore	m	0,19
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	4,13
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,24
Sfasamento	Ore	12 h 30'

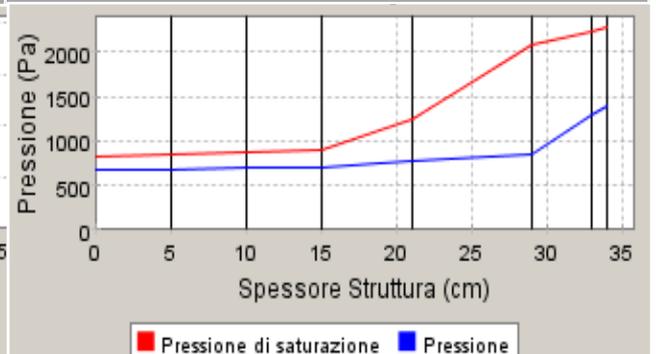
ANDAMENTO GIORNALIERO DELLA TEMPERATURA - ESTIVO



ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA - MESE DI GENNAIO



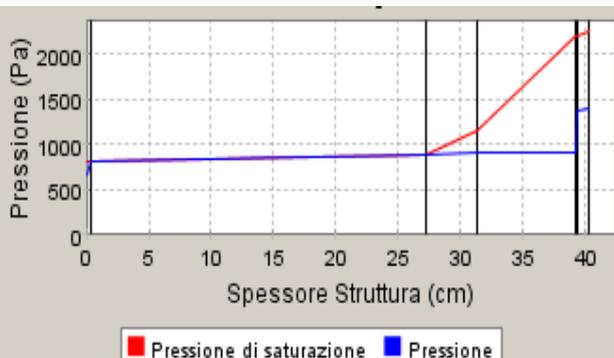
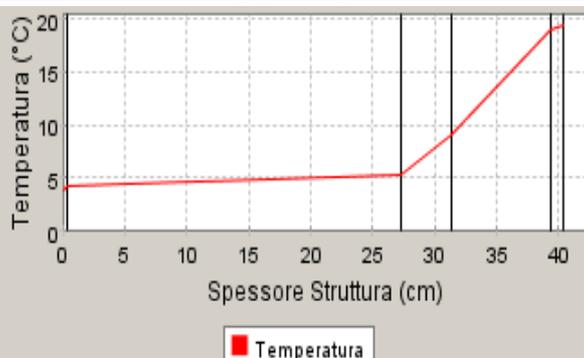
**STRATIGRAFIA: chiusura v. controterra - nuova costruzione (biblioteca) - (CV 1)**

materiale	spessore	res termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
impermeabilizzante bentonitico	-	-	-	60000	1000	-
c.a.	0,27	0,25	1,06	95	1900	837
isolante fibra di canapa	0,04	0,82	0,05	5	250	2099
isolante fibra di canapa	0,08	2,10	0,04	2	50	2100
carta kraft freno al vapore	-	-	0,13	125000	725	2100
finitura betulla	0,01	0,08	0,13	60	560	2092

Spessore	m	0,40
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	3,43
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,29
Sfasamento	Ore	13 h 20'

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA

ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA - MESE DI GENNAIO



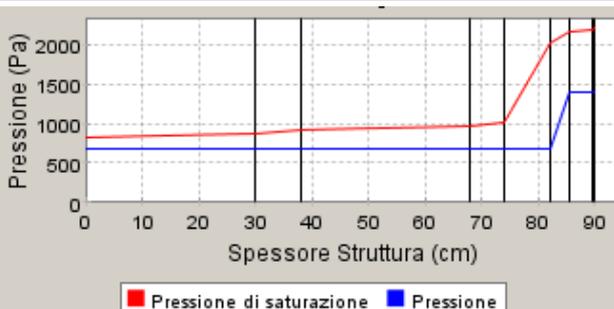
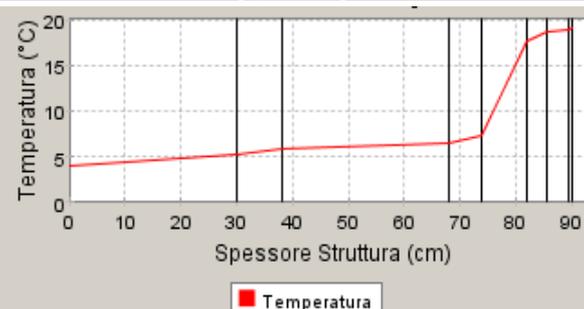
**STRATIGRAFIA: chiusura inferiore - nuova costruzione - (CI1)**

materiale	spessore	res termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
camera d'aria ventilata	-	-	-	-	-	-
soletta c.a.	0,06	0,16	0,38	50	1000	837
pannelli fibra di canapa AD	0,08	2,00	0,04	2	100	2100
pannello presagomato riscaldamento	0,04	0,21	0,17	100000	1100	1255
massetto	0,04	0,04	1,06	95	1900	837
pavimento listoni betulla	0,01	0,08	0,13	60	560	2092

Spessore	m	0,23
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	3,10
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,32
Sfasamento	Ore	-

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA

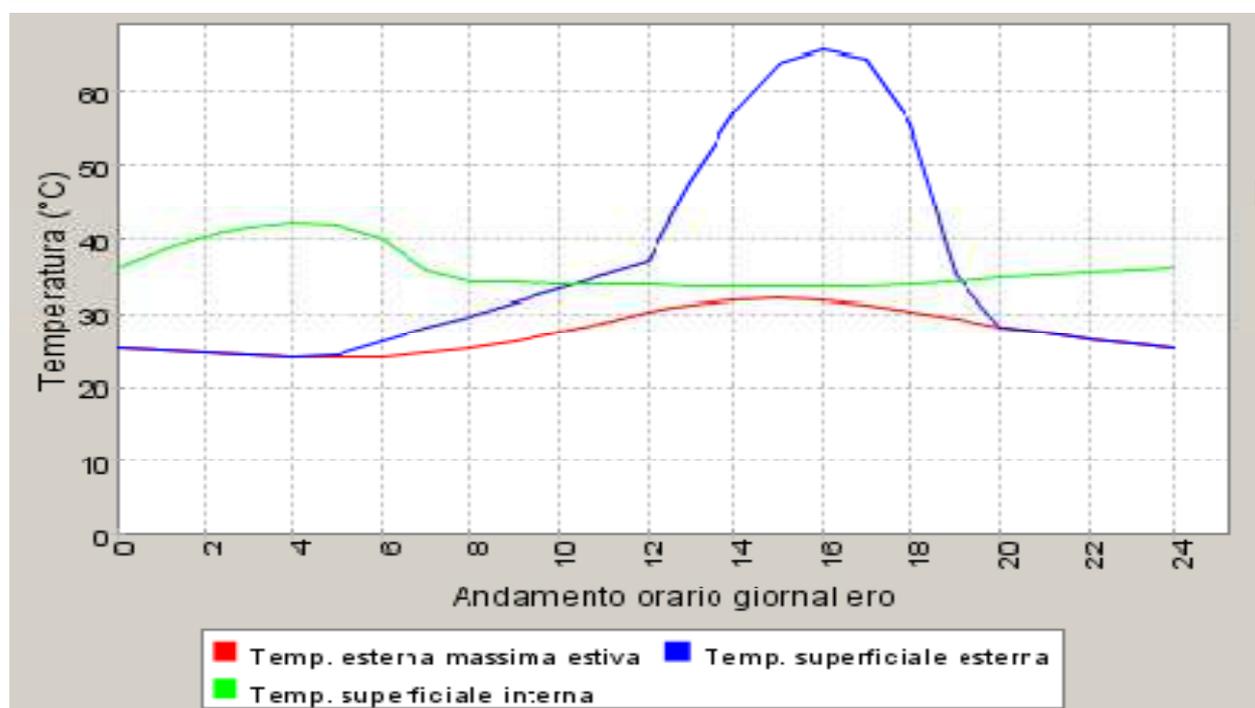
ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA - MESE DI GENNAIO



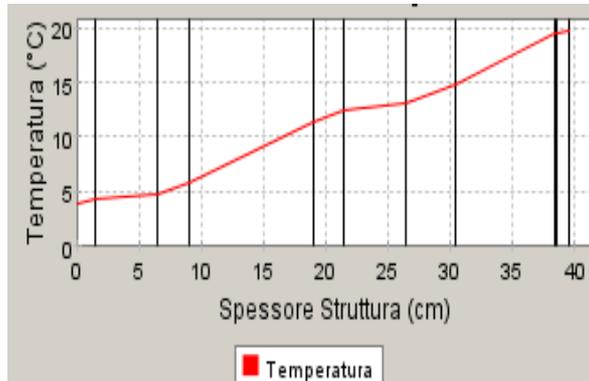
materiale	spessore	res termica	conduttività	fatt. res.	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
doghe larice	-	-	-	-	-	-
camera non ventilata	0,05	0,16	0,31	1	1	1004
p.li canapa	0,03	0,50	0,05	1	85	2092
focchi di canapa	0,10	2,50	0,04	1	50	2092
p.li canapa	0,03	0,50	0,05	1	85	2092
camera non ventilata	0,05	0,16	0,31	1	1	1004
isolante fibra di canapa	0,04	0,82	0,05	5	250	2099
isolante fibra di canapa	0,08	2,10	0,04	2	50	2100
carta kraft freno al vapore	-	-	-	1450	-	-
betulla	0,01	0,08	0,13	60	560	2092

Spessore	m	0,38
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	7,18
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,14
Sfasamento	Ore	11 h 40'

ANDAMENTO GIORNALIERO DELLA TEMPERATURA - ESTIVO



ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA - MESE DI GENNAIO



**STRATIGRAFIA: chiusura verticale - consolidamento (edificio 17) - (CV 3)**

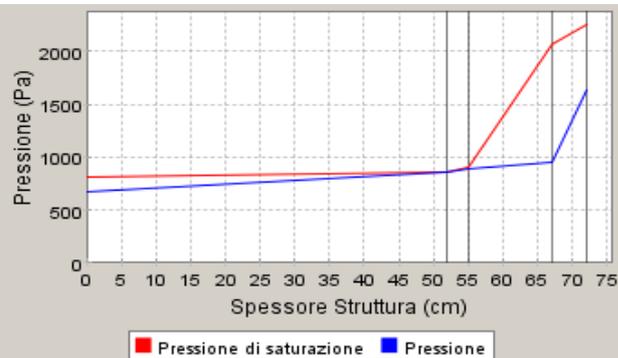
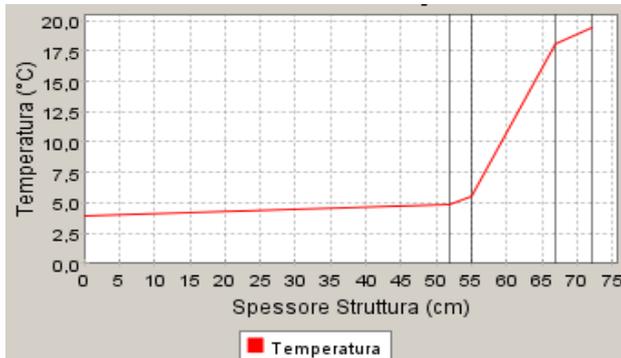
materiale	spessore	res termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
muratura roccia calcare	0,52	0,18	2,90	200	2000	-
rasatura calce canapulo 1:8	0,03	0,18	0,17	5	800	-
isolante fibra di canapa	0,12	3,00	0,04	2	40	-
betulla doppio tavolato	0,05	0,30	0,15	60	800	-

Spessore	m	0,72
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	3,86
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,26
Sfasamento	Ore	12

condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO

ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



**STRATIGRAFIA: chiusura v. controterra - consolidamento (edificio 17) - (CV 4)**

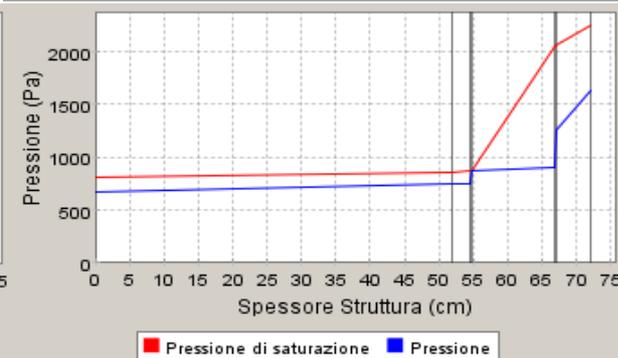
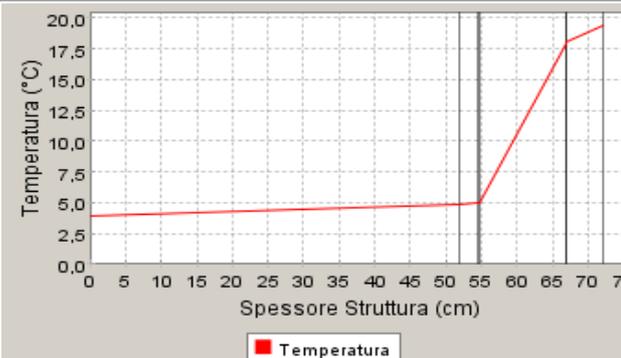
materiale	spessore	res. termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
muratura roccia calcare	0,52	0,18	2,90	200	2000	-
rasatura calce bentonitica	0,03	0,20	0,24	60000	800	-
isolante fibra di canapa	0,12	3,00	0,04	2	40	-
carta kraft oleata freno a vapore	-	-	-	1450	-	-
betulla doppio tavolato	0,05	0,30	0,15	60	800	-

Spessore	m	0,72
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	3,86
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,26
Sfasamento	Ore	12

condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO

ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



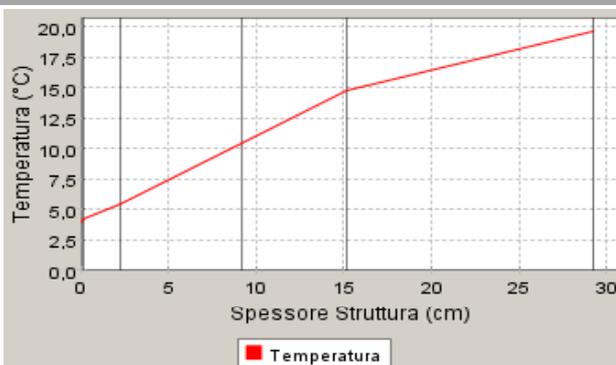
**STRATIGRAFIA: chiusura superiore inclinata - (edificio 17) - (CS 2A)**

materiale	spessore	res. termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
manto di copertura, cotto	-	-	-	-	-	-
camera d'aria ventilata	0,05	-	-	-	-	-
carta kraft oleata	-	-	-	1450	-	-
pannello legno sottotegola	0,02	0,40	0,05	5	260	-
idolante fibra di canapa	0,13	3,25	0,04	2	40	-
elemento a guscio isolato	0,14	1,72	-	140	150	-

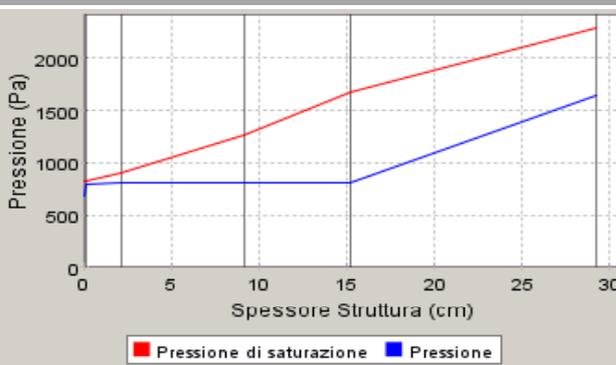
Spessore	m	0,35
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	5,60
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,18
Sfasamento	Ore	14

condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



**STRATIGRAFIA: chiusura superiore inclinata - (edificio 17) - (CS 2B)**

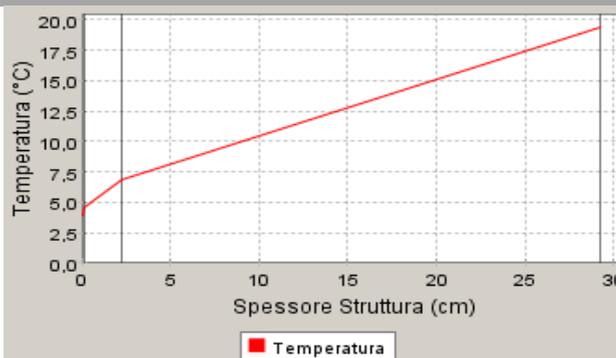
materiale	spessore	res termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
manto di copertura, cotto	0,01	-	-	-	-	-
camera d'aria ventilata	0,05	-	-	-	-	-
carta kraft oleata	-	-	-	1450	-	-
pannello legno idrofobizzato	0,02	0,40	0,05	5	260	-
trave in legno di castagno	0,27	2,25	0,12	60	800	-

Spessore	m	0,35
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	2,87
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,34
Sfasamento	Ore	15

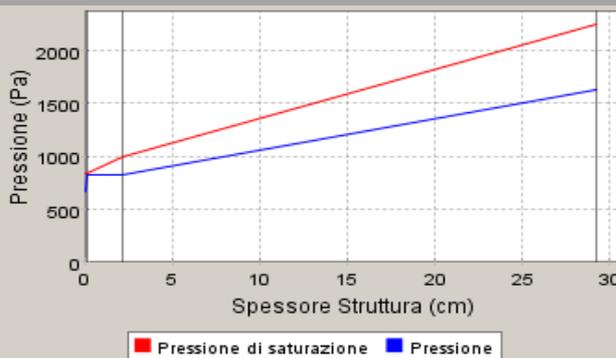
condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

viene utilizzata in fase di certificazione energetica e calcolo del fabbisogno termico la trasmittanza media

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



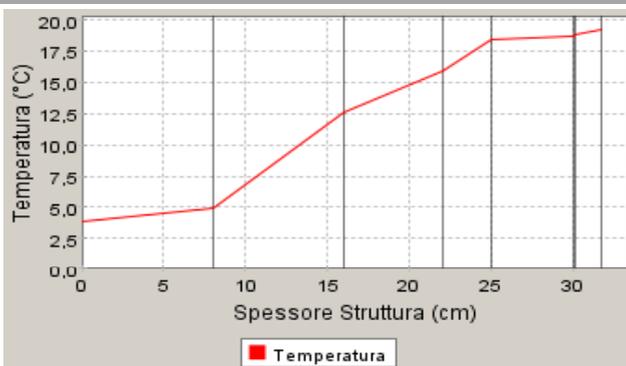
**STRATIGRAFIA: chiusura inferiore - (edificio 17) - (CI 2)**

materiale	spessore	res. termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
camera d'aria ventilata	-	0,170	-	-	-	-
soletta collaborante	0,080	0,080	1,060	95	2200	-
massetto calce canapulo 1:2	0,060	0,750	0,080	5	300	-
isolante ad alta densità idrofobizzato	0,050	1,780	0,045	5	260	-
pannello presagomato riscaldamento	0,030	0,610	0,049	5	300	-
sabbia finissima	0,035	0,060	0,800	2	1600	-
carta kraft oleata	-	-	-	1450	-	-
pavimento betulla listoni	0,015	0,100	0,150	60	800	-

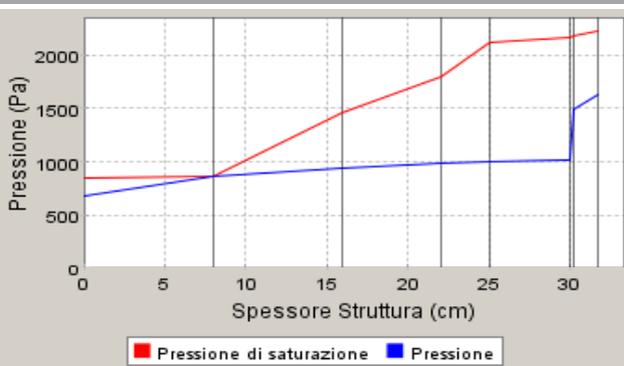
condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

Spessore	m	0,28
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	3,30
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,30
Sfasamento	Ore	-

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



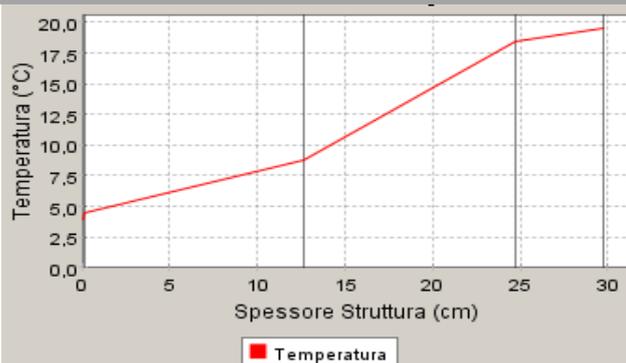
**STRATIGRAFIA: chiusura verticale - elevazione (edificio 17) - (CV 5)**

materiale	spessore	res termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
camera d'aria ventilata	0,030	0,13	-	-	-	-
carta kraft freno al vapore antivento	-	-	0,05	400	-	-
X-Lam mhm	0,125	1,33	0,09	8	480	-
isolante fibra di canapa	0,120	3,02	0,04	2	40	-
betulla doppio tavolato	0,050	0,33	0,15	60	800	-

condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

Spessore	m	0,30
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	4,96
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,20
Sfasamento	Ore	11

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



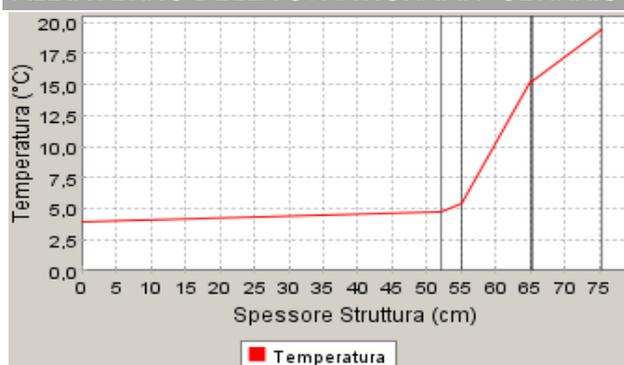
**STRATIGRAFIA: chiusura verticale - consolidamento (edificio 16) - (CV 6)**

materiale	spessore	res. termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
muratura rocia calcarea	0,52	0,180	2,900	200	2000	-
rasatura calce canapulo	0,030	0,180	0,170	5	800	-
isolante fibra di canapa	0,100	2,500	0,040	2	40	-
carta kraft oleata freno al vapore	-	-	-	1450	-	-
X-Lam mhm	0,100	1,000	0,094	8	480	-

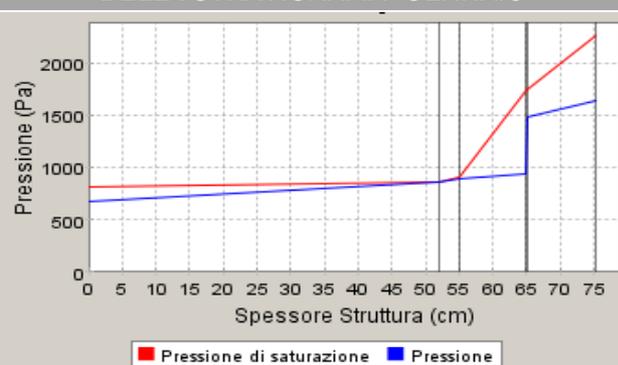
Spessore	m	0,75
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	4,11
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,24
Sfasamento	Ore	14

condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



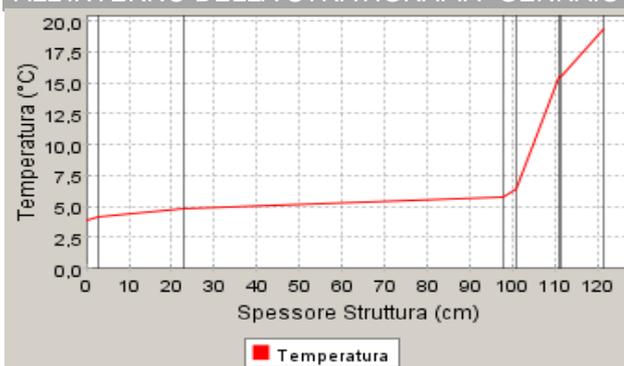
**STRATIGRAFIA: chiusura v controterra - consolidamento (edificio 16) - (CV 7)**

materiale	spessore	res. termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
bentonite impermeabilizzante	0,03	0,03	1	50000	-	-
c.a.	0,2	0,19	1,06	95	2200	-
muratura roccia calcarea	0,52	0,260	2,900	200	2000	-
rasatura calce canapulo	0,030	0,180	0,170	5	800	-
isolante fibra di canapa	0,100	2,500	0,040	2	40	-
carta kraft oleata freno al vapore	-	-	-	1450	-	-
X-Lam mhm	0,100	1,000	0,094	8	480	-

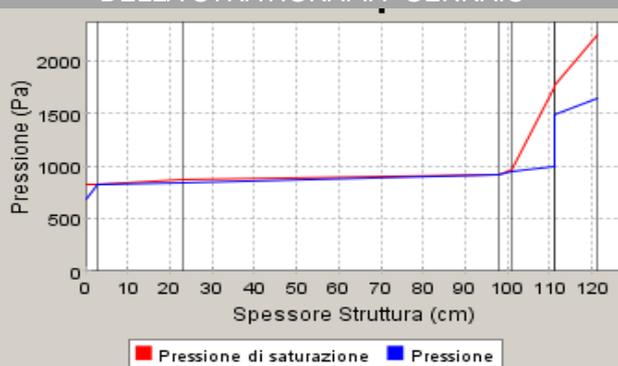
Spessore	m	1,19
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	4,45
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,22
Sfasamento	Ore	16

condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



**STRATIGRAFIA: chiusura superiore inclinata - (edificio 16) - (CS 3)**

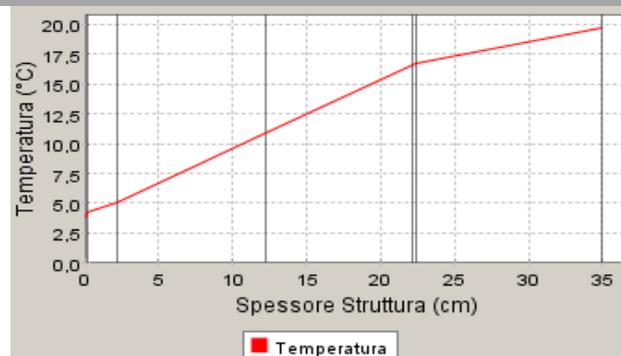
materiale	spessore	res. termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
manto di copertura in coppi	-	-	-	-	-	-
camera ventilata	0,050	-	-	-	-	-
carta kraft oleata	-	-	-	-	-	-
pannello legno sottotegola	0,020	0,40	0,05	5	260	-
isolante fibra di canapa 0,1+ 0,1	0,200	5,000	0,040	2,3	40	-
X-Lam mhm	0,125	1,33	0,094	8,3	480	-

Spessore	m	0,40
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	7,00
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,14
Sfasamento	Ore	14

condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO

ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



**STRATIGRAFIA: chiusura verticale - elevazione (edificio 16) - (CV 8)**

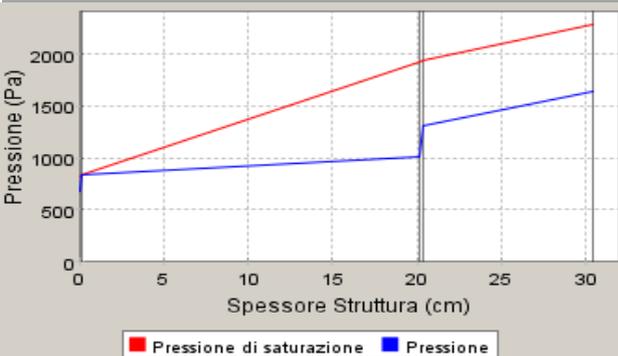
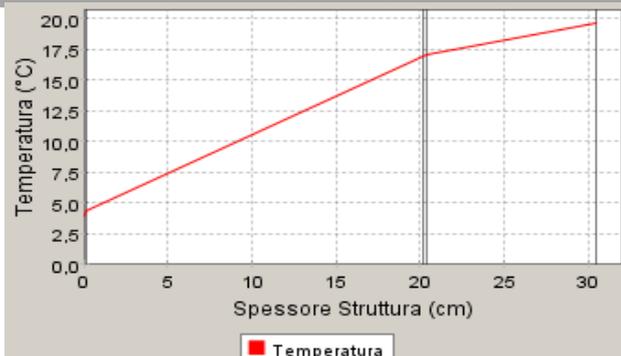
materiale	spessore	res. termica	conduttività	res. vapore	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
camera d'aria ventilata	0,03	-	-	-	-	-
carta kraft antivento	-	-	-	-	-	-
isolante fibra di canapa	0,2	5,000	0,040	2	40	-
carta kraft freno al vapore	-	-	-	-	-	-
X-Lam mhm	0,100	1,060	0,094	8	480	-

Spessore	m	0,355
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	6,400
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,160
Sfasamento	Ore	11

condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO

ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO



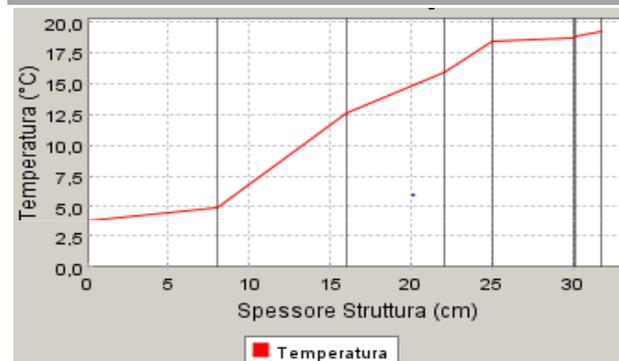
STRATIGRAFIA: chiusura inferiore - (edificio 17) - (CI 3)

materiale	spessore	res. termica	conduttività	fatt. res.	densità	cal. spec.
	m	m <sup>2</sup> K/W	W/(mK)	-	kg/m <sup>3</sup>	J/kgK
camera d'aria ventilata	-	0,170	-	-	-	-
soletta collaborante	0,080	0,080	1,060	95	2200	-
isolante ad alta densità idrofobizzato	0,080	1,780	0,045	5	260	-
massetto calce canapulo 1:2	0,060	0,750	0,080	5	300	-
pannello presagomato riscaldamento	0,030	0,610	0,049	5	300	-
sabbia finissima	0,035	0,060	0,800	2	1600	-
carta kraft oleata	-	-	-	1450	-	-
pavimento betulla listoni	0,015	0,100	0,150	60	800	-

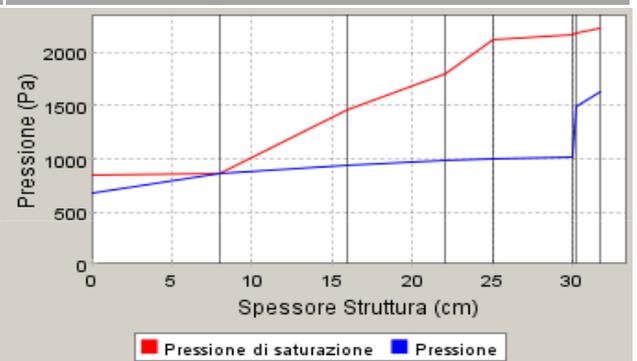
Spessore	m	0,315
Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W	3,7
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	0,27
Sfasamento	Ore	-

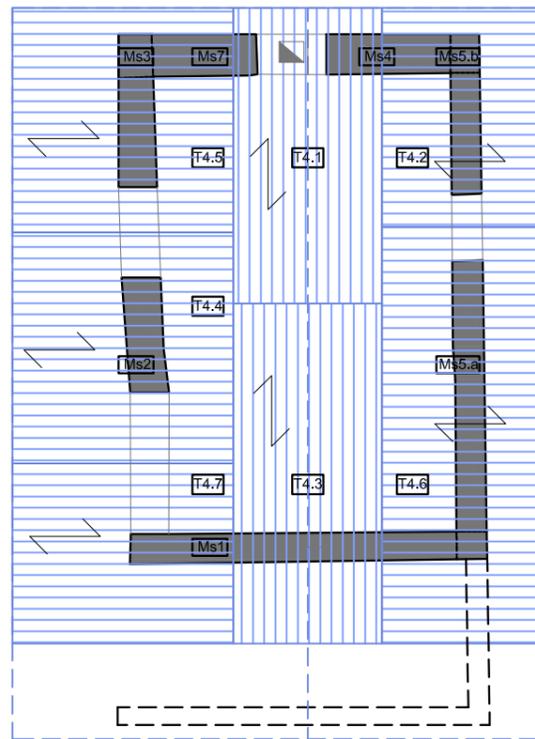
condensa presente ma inferiore al valore limite 500 g/m<sup>2</sup>

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO

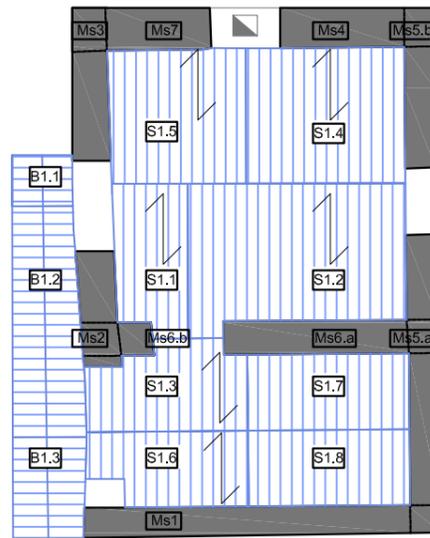


ANDAMENTO DELLA PRESSIONE ALL'INTERNO DELLA STRATIGRAFIA -GENNAIO

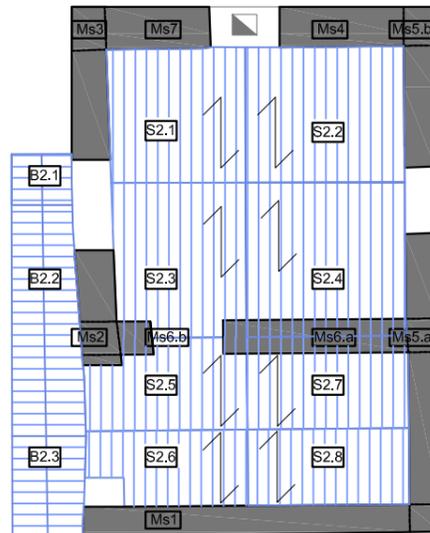




COPERTURA +9,80 m



SOLAIO LIVELLO 1 +2,95 m

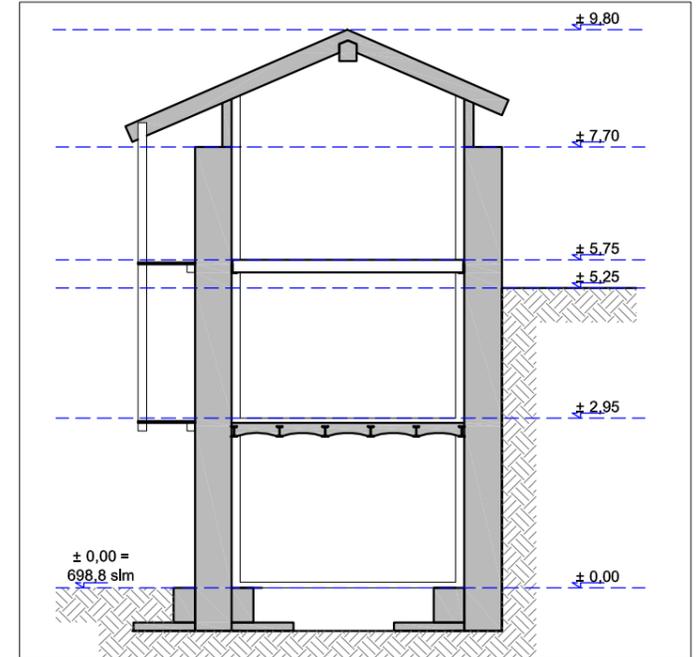


SOLAIO LIVELLO 2 +5,75 m

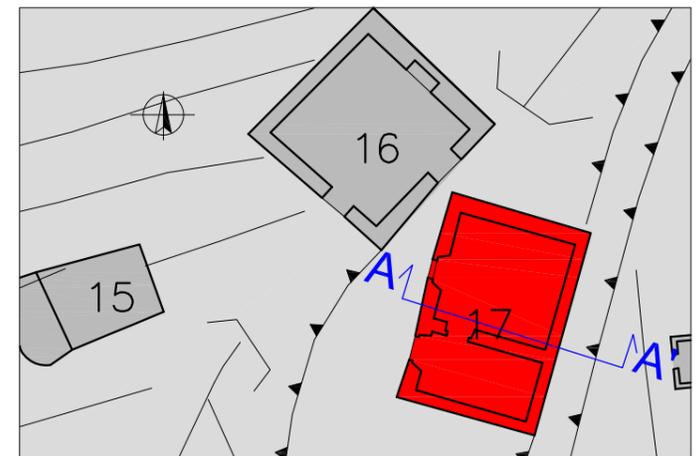
identificazione maschi portanti			
maschi murari	lunghezza	spessore	altezza
	m	m	m
MS1	5,06	0,00	7,7
MS2	1,62	0,00	7,7
MS3	2,16	0,00	7,7
MS4	2,16	0,00	7,7
MS5.a	4,22	0,00	7,7
MS5.b	2,25	0,00	7,7
MS6.a	3,03	0,00	5,5
MS6.b	1	0,00	5,5
MS7	1,94	0,00	7,7

identificazione aree			
nome	m <sup>2</sup>	nome	m <sup>2</sup>
S1.1	2,16	S2.1	3,67
S1.2	6,11	S2.2	4,32
S1.3	2,63	S2.3	4,08
S1.4	4,32	S2.4	4,91
S1.5	3,67	S2.5	2,81
S1.6	2,24	S2.6	2,25
S1.7	4,34	S2.7	3
S1.8	2,46	S2.8	2,46
T4.1	8,78	B1.1	0,62
T4.2	6,96	B1.2	3,13
T4.3	10,1	B1.3	1,46
T4.4	10,23	B2.1	0,62
T4.5	9,93	B2.2	3,13
T4.6	10,21	B2.3	1,46
T4.7	8		

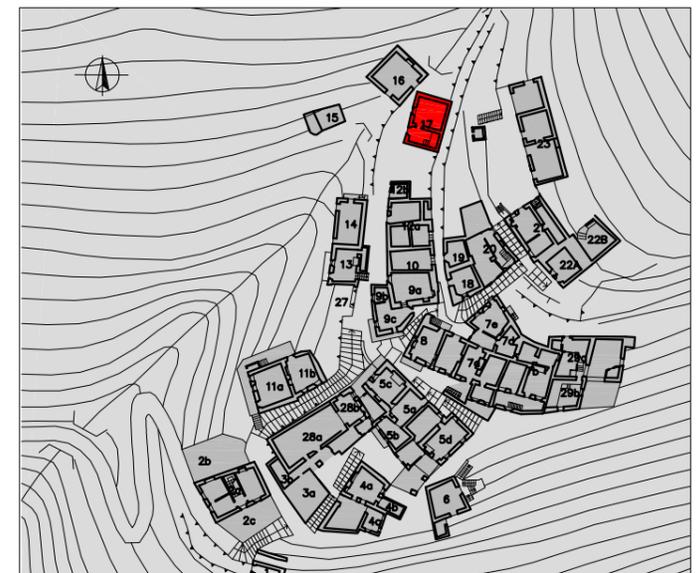
individuazione carichi	
maschio	carichi portati
MS1	S1.6+S1.8+B1.3/2+S2.6+S2.8+B2.3/2+
MS2	B1.2/2+B2.2/2+T4.4
MS3	B1.1/2+T4.5
MS4	S1.4+S2.2+T4.1/2
MS5.a	T4.6
MS5.b	T4.2
MS6.a	S1.2+S1.7+S2.4+S2.7
MS6.b	S1.1+S1.3+S2.3+S2.5
MS7	S1.5+S2.1+T4.1/2



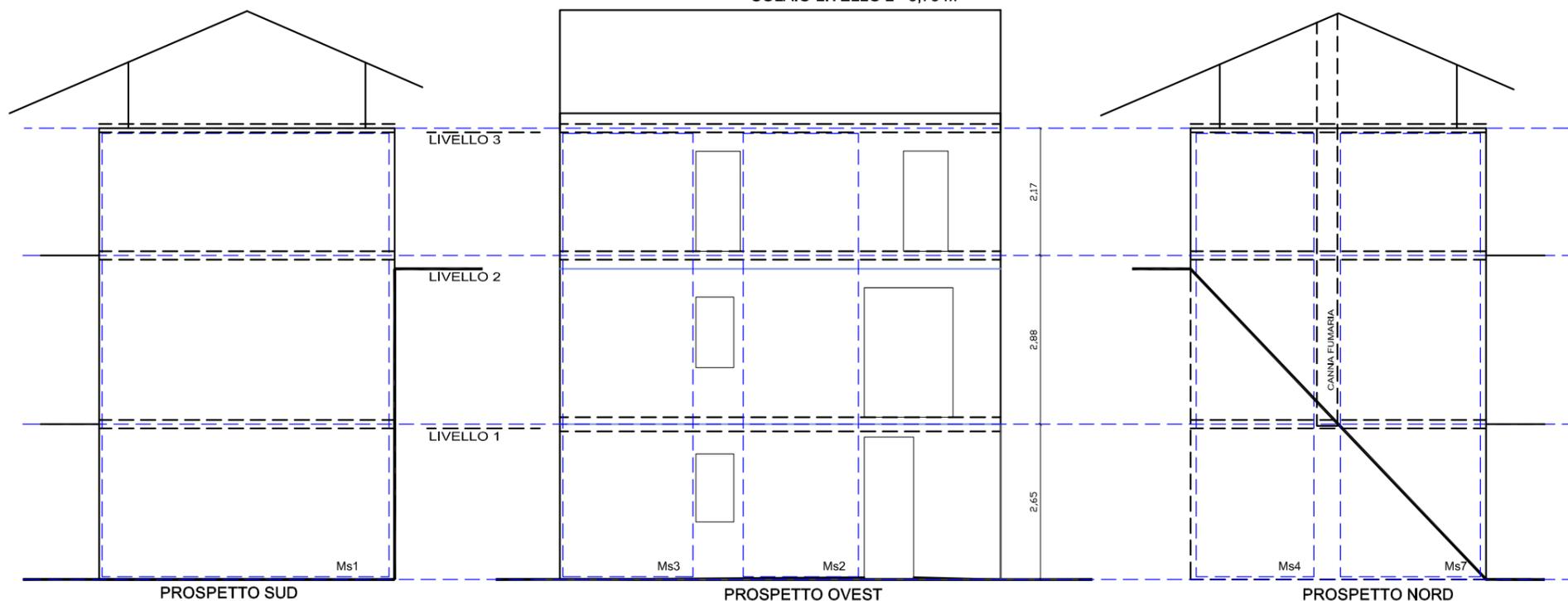
SEZIONE DI RIFERIMENTO A-A'

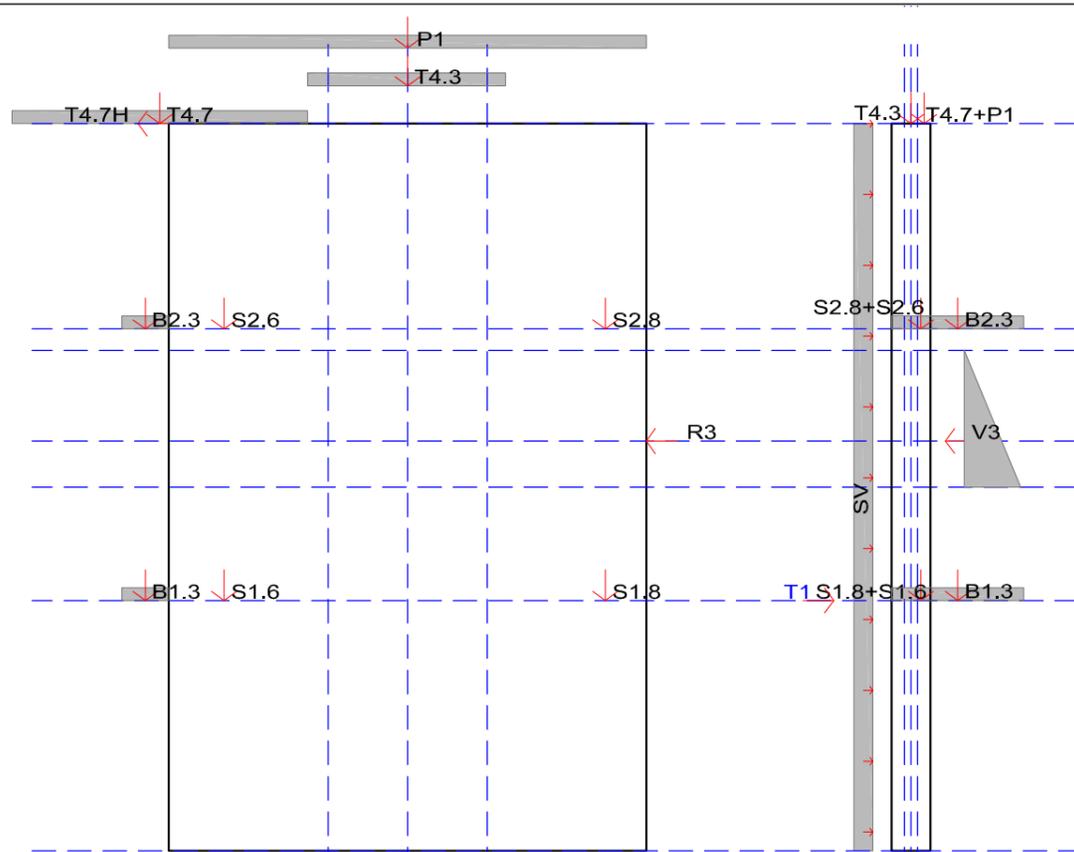


KEYPLAN SCALA 1:200

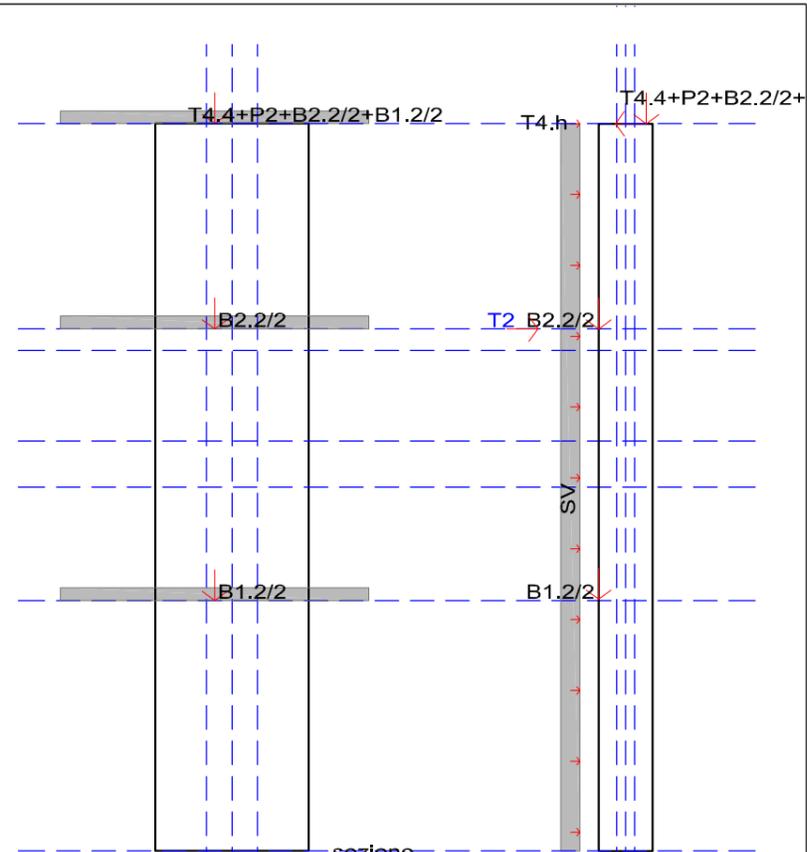


KEYPLAN SCALA 1:1000

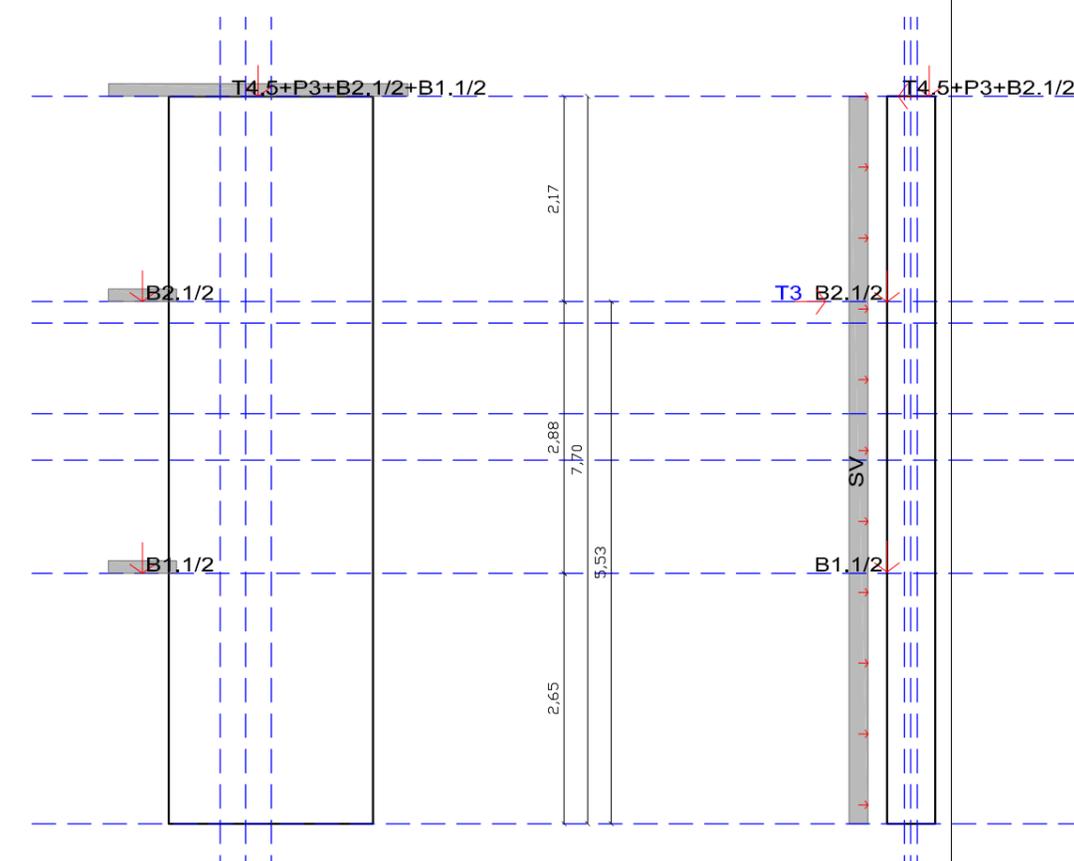




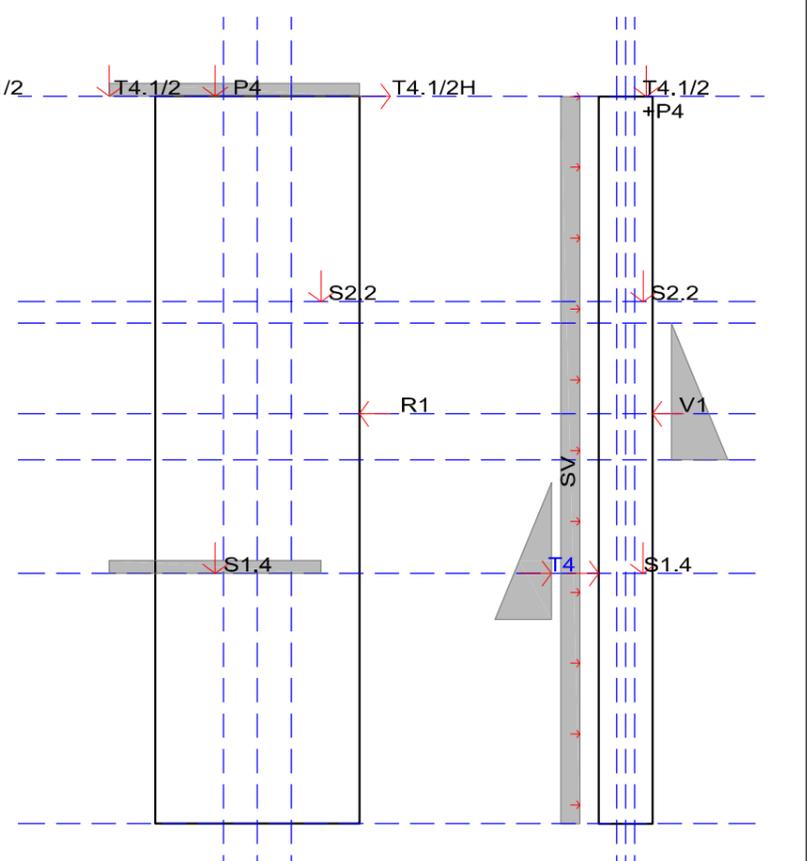
MASCHIO MURARIO Ms1



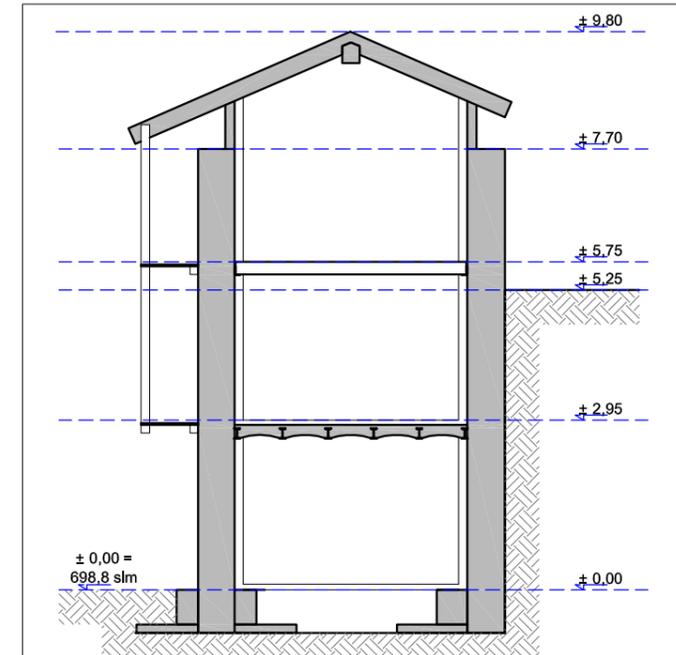
sezione A  
MASCHIO MURARIO Ms2



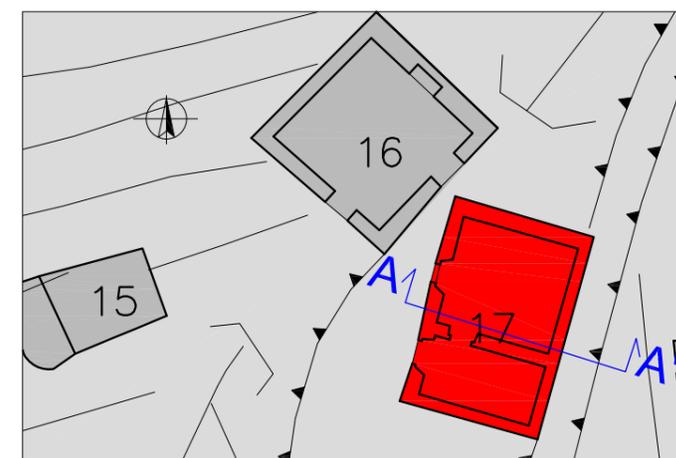
MASCHIO MURARIO Ms3



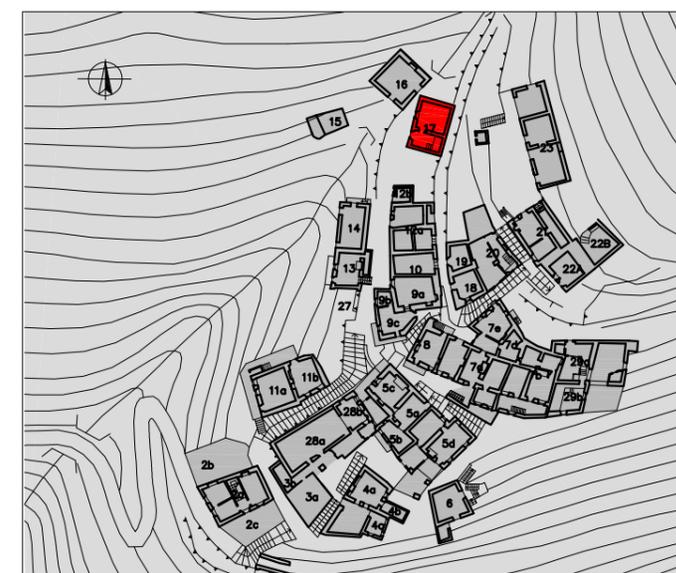
MASCHIO MURARIO Ms4



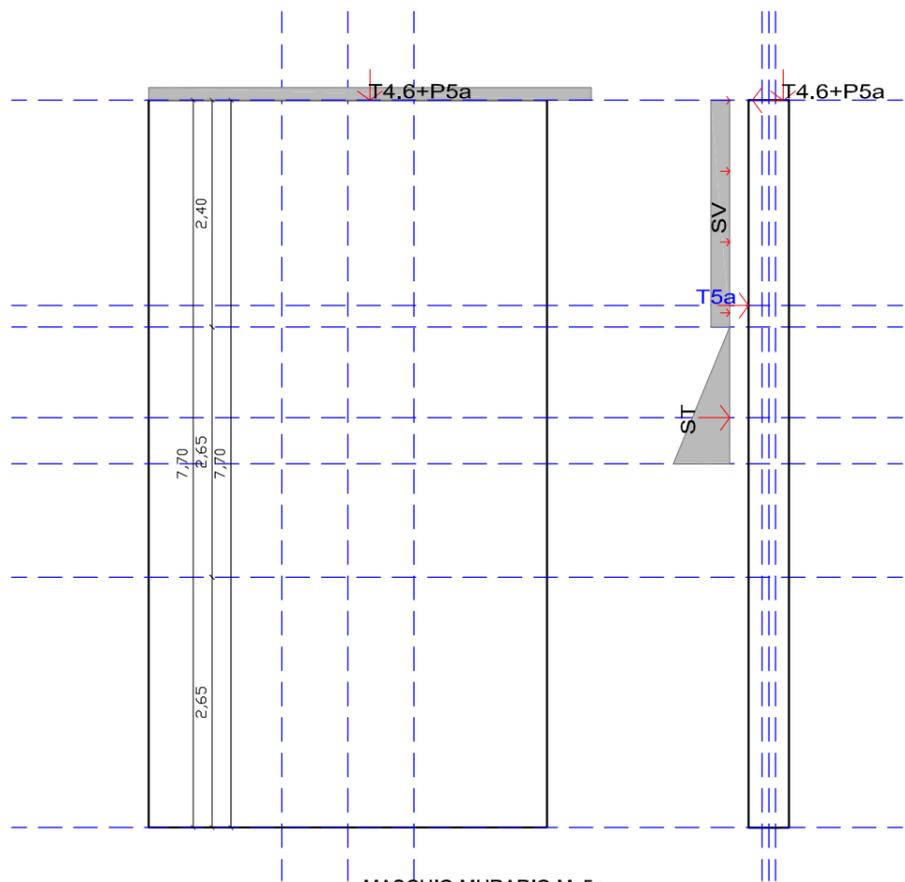
SEZIONE DI RIFERIMENTO A-A'



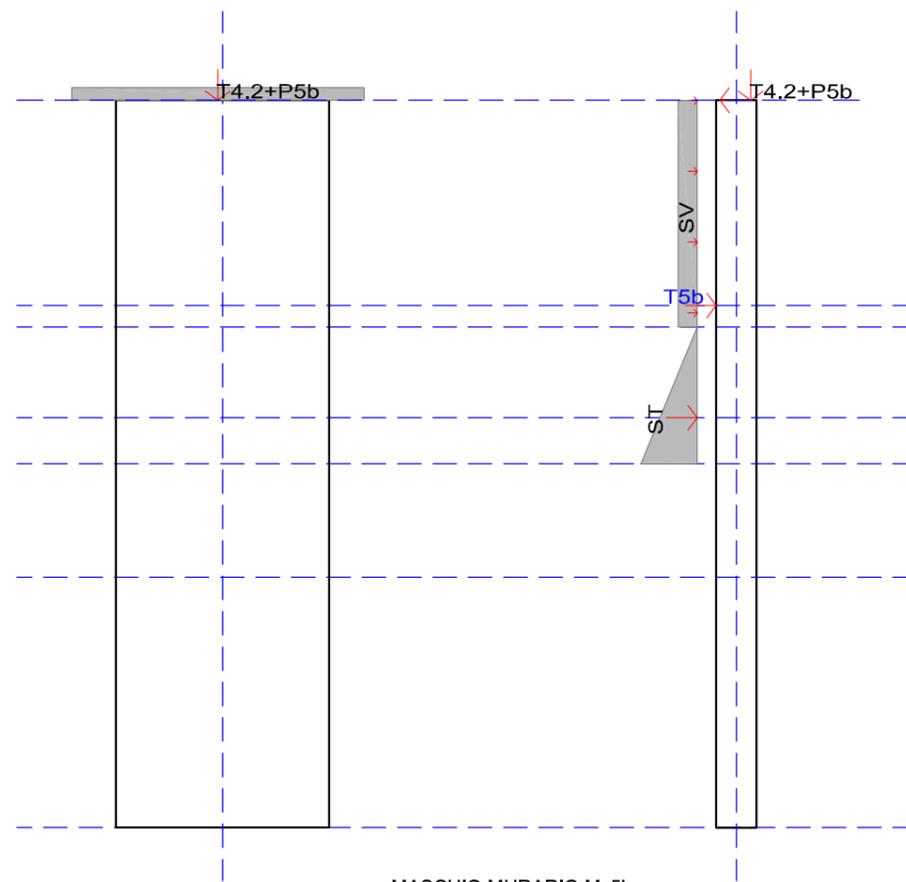
KEYPLAN SCALA 1:200



KEYPLAN SCALA 1:1000



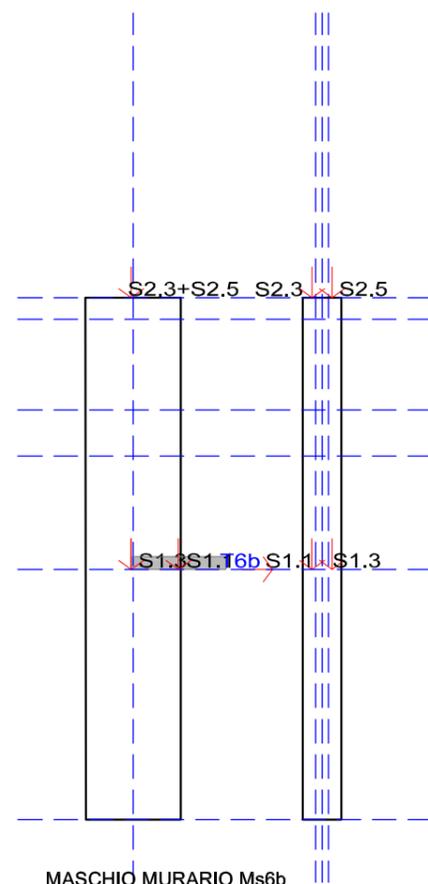
MASCHIO MURARIO Ms5a



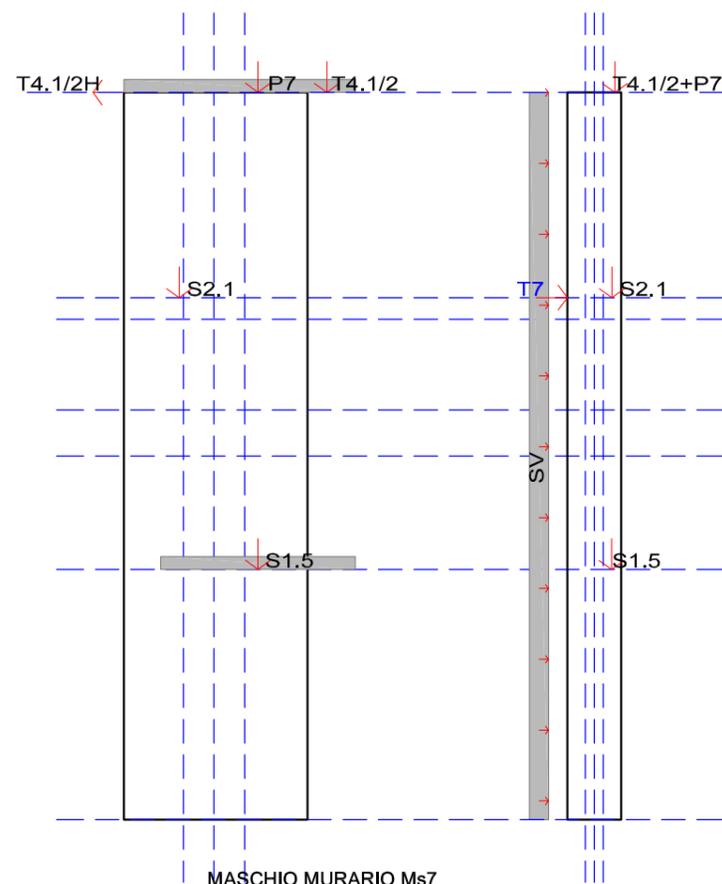
MASCHIO MURARIO Ms5b



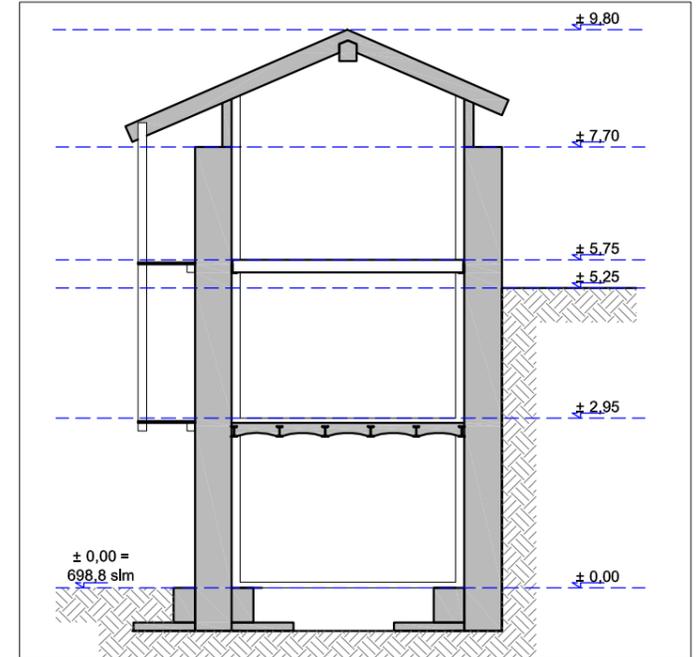
MASCHIO MURARIO Ms6a



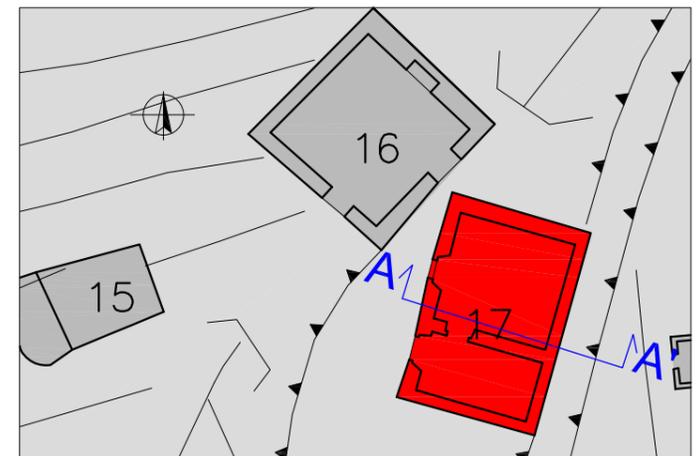
MASCHIO MURARIO Ms6b



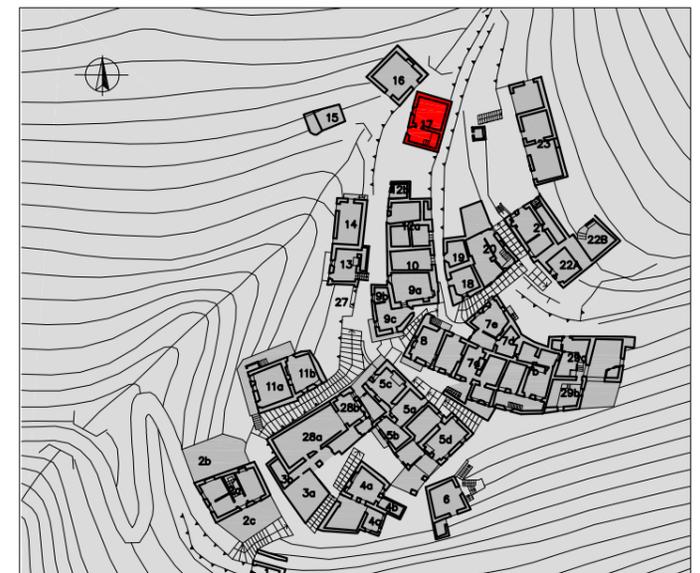
MASCHIO MURARIO Ms7



SEZIONE DI RIFERIMENTO A-A'



KEYPLAN SCALA 1:200



KEYPLAN SCALA 1:1000

MS1	N		M nel piano		M fuori piano		V			MS3	N		M nel piano		M fuori piano		V				
	Z	Nd	Nr	Md	Mr	Md	Mr	Vd	Vts,d		Vtf,d	Z	Nd	Nr	Md	Mr	Md	Mr	Vd	Vts,d	Vtf,d
	m	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN		kN	m	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN
0,00	616,86	1452,08	357,59	780,68	0,00	62,51	23,47	75,89	125,54	0,00	308,12	779,17	14,11	177,95	0,00	41,96	0,00	39,59	65,12		
0,50	589,08	1452,08	345,86	779,06	9,95	62,38	23,47	73,06	119,95	0,50	293,22	779,17	14,11	176,47	3,75	41,61	0,00	38,07	62,12		
1,00	561,30	1452,08	334,12	774,29	18,95	61,99	23,47	70,23	114,36	1,00	278,31	779,17	14,11	174,27	7,10	41,09	0,00	36,55	59,12		
1,50	533,51	1452,08	322,39	766,34	27,01	61,36	23,47	67,39	108,76	1,50	263,40	779,17	14,11	171,33	10,05	40,40	0,00	35,03	56,11		
2,00	505,73	1452,08	310,65	755,24	34,12	60,47	23,47	64,56	103,16	2,00	248,49	779,17	14,11	167,68	12,60	39,53	0,00	33,50	53,10		
2,50	477,95	1452,08	298,92	740,97	40,29	59,33	23,47	61,72	97,53	2,50	233,58	779,17	14,11	163,30	14,74	38,50	0,00	31,98	50,08		
2,65	469,61	1452,08	246,29	736,07	34,63	58,93	23,47	60,87	95,85	2,65	229,11	779,17	11,90	161,84	15,81	38,16	0,00	31,53	49,17		
3,00	422,20	1452,08	238,07	702,78	38,19	56,27	23,47	58,01	90,15	3,00	216,65	779,17	11,90	157,44	16,99	37,12	0,00	30,45	47,01		
3,50	394,42	1452,08	226,34	679,00	42,47	54,37	23,47	55,17	84,49	3,50	201,74	779,17	11,90	151,51	18,32	35,72	0,00	28,92	43,97		
3,85	374,97	1452,08	218,12	660,47	44,91	52,88	23,47	53,19	80,52	3,85	191,30	779,17	11,90	146,93	19,02	34,64	0,00	27,86	41,84		
4,00	366,63	1452,08	214,60	652,05	45,81	52,21	23,47	52,34	78,81	4,00	186,83	779,17	11,90	144,86	19,26	34,15	0,00	27,40	40,92		
4,34	347,74	1452,08	206,62	631,92	47,54	50,60	23,47	50,41	74,94	4,34	176,69	779,17	11,90	139,92	19,66	32,99	0,00	26,37	38,84		
4,50	338,85	1452,08	203,29	621,94	46,40	49,80	20,87	49,51	73,11	4,50	171,92	779,17	11,90	137,48	19,79	32,41	0,00	25,88	37,85		
5,00	311,07	1452,08	192,85	588,66	42,21	47,13	20,87	46,67	67,38	5,00	157,02	779,17	11,90	129,37	19,92	30,50	0,00	24,36	34,77		
5,30	294,40	1452,08	186,59	567,17	39,24	45,41	20,87	44,97	63,91	5,30	148,07	779,17	11,90	124,16	19,80	29,27	0,00	23,45	32,90		
5,53	281,62	1452,08	185,74	549,93	29,39	44,03	20,87	43,67	61,25	5,53	141,21	779,17	9,68	119,99	20,12	28,29	0,00	22,75	31,47		
6,00	227,48	1452,08	175,94	469,46	31,64	37,59	20,87	40,12	53,94	6,00	125,17	779,17	9,68	109,63	19,47	25,85	0,00	21,30	28,48		
6,50	199,70	1452,08	165,50	423,50	33,11	36,02	20,87	37,29	48,01	6,50	110,26	779,17	9,68	99,26	18,39	23,40	0,00	19,78	25,28		
7,00	171,92	1452,08	155,07	374,37	33,64	34,72	20,87	33,26	41,96	7,00	95,35	779,17	9,68	88,16	16,91	20,78	0,00	18,26	22,03		
7,50	144,14	1452,08	144,63	322,08	33,23	33,56	20,87	28,62	35,74	7,50	80,45	779,17	9,68	76,33	15,02	18,00	0,00	16,74	18,67		
7,70	133,02	1452,08	140,46	300,28	0,00	30,03	20,87	26,64	33,18	7,70	74,48	779,17	9,68	71,40	0,00	16,83	0,00	16,13	17,29		
MS2	N		M nel piano		M fuori piano		V			MS4	N		M nel piano		M fuori piano		V				
Z	Nd	Nr	Md	Mr	Md	Mr	Vd	Vts,d	Vtf,d	Z	Nd	Nr	Md	Mr	Md	Mr	Vd	Vts,d	Vtf,d		
m	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	m	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN		
0,00	302,42	637,50	20,62	108,25	0,00	37,12	0,00	33,54	55,54	0,00	342,91	857,08	5,50	196,03	0,00	50,84	21,65	44,60	73,71		
0,50	290,22	637,50	20,62	109,17	3,13	37,44	0,00	32,29	53,09	0,50	326,51	857,08	33,04	194,59	4,38	50,47	21,65	42,93	70,42		
1,00	278,02	637,50	20,62	109,65	5,97	37,60	0,00	31,05	50,64	1,00	310,12	857,08	27,31	192,35	8,36	49,89	21,65	41,26	67,12		
1,50	265,83	637,50	20,62	109,69	8,49	37,62	0,00	29,80	48,18	1,50	293,72	857,08	21,59	189,32	11,94	49,10	21,65	39,58	63,81		
2,00	253,63	637,50	20,62	109,28	10,72	37,48	0,00	28,56	45,72	2,00	277,32	857,08	15,86	185,49	15,11	48,11	21,65	37,91	60,50		
2,50	241,43	637,50	20,62	108,43	12,65	37,18	0,00	27,32	43,25	2,50	260,92	857,08	10,14	180,87	17,88	46,91	21,65	36,24	57,18		
2,65	237,77	637,50	18,78	108,09	16,14	37,07	0,00	26,94	42,51	2,65	256,00	857,08	23,75	179,33	12,16	46,51	21,65	35,74	56,18		
3,00	218,98	637,50	18,78	105,70	17,24	36,25	0,00	25,98	40,61	3,00	210,46	857,08	19,74	161,64	18,66	41,92	21,65	32,50	49,74		
3,50	206,79	637,50	18,78	103,58	18,56	35,52	0,00	24,74	38,13	3,50	194,06	857,08	14,01	153,76	27,59	39,88	21,65	30,83	46,39		
3,85	198,25	637,50	18,78	101,83	19,31	34,92	0,00	23,87	36,38	3,85	182,59	857,08	10,00	147,77	33,60	38,32	21,65	29,66	44,04		
4,00	194,59	637,50	18,78	101,02	19,58	34,64	0,00	23,50	35,64	4,00	177,67	857,08	8,29	145,09	36,11	37,63	21,65	29,16	43,02		
4,34	186,30	637,50	18,78	99,02	20,10	33,96	0,00	22,65	33,94	4,34	166,51	857,08	4,39	138,73	35,10	35,98	21,65	28,02	40,72		
4,50	182,39	637,50	18,78	98,01	20,30	33,61	0,00	22,25	33,14	4,50	161,27	857,08	2,56	135,61	30,34	35,17	11,45	27,48	39,64		
5,00	170,20	637,50	18,78	94,56	20,71	32,43	0,00	21,01	30,63	5,00	144,87	857,08	3,16	125,35	27,44	32,51	11,45	25,81	36,23		
5,30	162,88	637,50	18,78	92,27	20,81	31,64	0,00	20,26	29,11	5,30	135,03	857,08	6,60	118,80	20,73	30,81	11,45	24,81	34,17		
5,53	157,27	637,50	16,93	90,42	23,79	31,01	0,00	19,69	27,95	5,53	127,49	857,08	23,73	113,59	3,74	29,46	11,45	24,04	32,58		
6,00	135,55	637,50	16,93	82,33	23,60	28,23	0,00	18,43	25,37	6,00	90,76	857,08	29,11	85,81	3,57	22,25	11,45	21,69	27,67		
6,50	123,35	637,50	16,93	77,17	23,11	26,46	0,00	17,19	22,79	6,50	74,36	857,08	34,83	72,11	3,00	18,70	11,45	17,00	24,08		
7,00	111,16	637,50	16,93	71,57	22,32	24,54	0,00	15,94	20,17	7,00	57,96	857,08	40,56	57,62	2,03	14,94	11,45	15,38	20,39		
7,50	98,96	637,50	16,93	65,52	21,22	22,47	0,00	14,70	17,49	7,50	41,56	857,08	46,29	51,32	0,66	10,98	11,45	13,32	16,50		
7,70	94,08	637,50	16,93	62,97	0,00	21,60	0,00	14,20	16,40	7,70	35,00	857,08	48,58	48,67	0,00	9,33	11,45	11,46	14,86		

MS5a	N		M nel piano		M fuori piano		V			MS5b	N		M nel piano		M fuori piano		V				
	Z	Nd	Nr	Md	Mr	Md	Mr	Vd	Vts,d		Vtf,d	Z	Nd	Nr	Md	Mr	Md	Mr	Vd	Vts,d	Vtf,d
	m	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN		kN	m	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN
0,00	451,35	1275,00	18,16	555,73	0,00	56,17	0,00	63,05	103,16	0,00	248,87	672,92	2,53	158,16	0,00	29,68	0,00	33,74	55,37		
0,50	426,96	1275,00	18,16	545,97	0,15	55,18	0,00	60,56	98,24	0,50	235,99	672,92	2,53	155,95	0,18	29,27	0,00	32,43	52,78		
1,00	402,57	1275,00	18,16	533,89	0,30	53,96	0,00	58,07	93,32	1,00	223,12	672,92	2,53	153,09	0,36	28,73	0,00	31,12	50,18		
1,50	378,17	1275,00	18,16	519,50	0,44	52,51	0,00	55,58	88,39	1,50	210,24	672,92	2,53	149,58	0,54	28,07	0,00	29,80	47,58		
2,00	353,78	1275,00	18,16	502,79	0,59	50,82	0,00	53,10	83,45	2,00	197,37	672,92	2,53	145,42	0,72	27,29	0,00	28,49	44,98		
2,50	329,38	1275,00	18,16	483,77	0,74	48,90	0,00	50,61	78,50	2,50	184,49	672,92	2,53	140,61	0,89	26,39	0,00	27,18	42,36		
2,65	322,06	1275,00	18,16	477,61	0,79	48,27	0,00	49,86	77,01	2,65	180,63	672,92	2,53	139,04	0,95	26,09	0,00	26,78	41,58		
3,00	304,99	1275,00	18,16	462,42	0,89	46,74	0,00	48,12	73,53	3,00	171,62	672,92	2,53	135,14	1,07	25,36	0,00	25,86	39,74		
3,50	280,59	1275,00	18,16	438,76	1,04	44,35	0,00	45,63	68,55	3,50	158,74	672,92	2,53	129,02	1,25	24,21	0,00	24,55	37,12		
3,85	263,52	1275,00	18,16	420,82	1,14	42,54	0,00	43,89	65,04	3,85	149,73	672,92	2,53	124,35	1,38	23,34	0,00	23,63	35,27		
4,00	256,20	1275,00	18,16	412,79	1,19	41,72	0,00	43,14	63,54	4,00	145,87	672,92	2,53	122,25	1,43	22,94	0,00	23,24	34,48		
4,34	239,61	1275,00	18,16	393,80	1,29	39,80	0,00	41,45	60,11	4,34	137,11	672,92	2,53	117,28	1,55	22,01	0,00	22,34	32,67		
4,50	231,80	1275,00	18,16	384,49	1,33	38,86	0,00	40,65	58,50	4,50	132,99	672,92	2,53	114,83	1,61	21,55	0,00	21,92	31,82		
5,00	207,41	1275,00	18,16	353,88	1,48	35,77	0,00	38,17	53,42	5,00	120,12	672,92	2,53	106,76	1,79	20,03	0,00	20,61	29,15		
5,30	192,77	1275,00	18,16	334,40	1,57	33,80	0,00	36,67	50,35	5,30	112,39	672,92	2,53	101,60	1,90	19,07	0,00	19,82	27,54		
5,53	181,55	1275,00	18,16	318,90	1,72	32,23	0,00	35,53	47,98	5,53	106,47	672,92	2,53	97,48	2,02	18,29	0,00	19,22	26,29		
6,00	158,62	1275,00	18,16	285,70	2,55	28,88	0,00	33,19	43,10	6,00	94,37	672,92	2,53	88,65	2,56	16,64	0,00	17,98	23,73		
6,50	134,23	1275,00	18,16	248,14	4,20	25,08	0,00	30,70	37,81	6,50	81,50	672,92	2,53	78,62	3,53	14,75	0,00	16,67	20,96		
7,00	109,83	1275,00	18,16	208,26	6,63	21,05	0,00	28,21	32,38	7,00	68,62	672,92	2,53	67,94	4,93	12,75	0,00	15,36	18,12		
7,50	85,44	1275,00	18,16	166,06	9,84	16,78	0,00	25,72	26,72	7,50	55,75	672,92	2,53	56,60	6,75	10,62	0,00	14,04	15,19		
7,70	75,68	1275,00	18,16	148,53	0,00	15,01	0,00	24,73	24,36	7,70	50,60	672,92	2,53	51,88	0,00	9,74	0,00	13,52	13,97		
MS6a	N		M nel piano		M fuori piano		V			MS6b	N		M nel piano		M fuori piano		V				
Z	Nd	Nr	Md	Mr	Md	Mr	Vd	Vts,d	Vtf,d		Z	Nd	Nr	Md	Mr	Md	Mr	Vd	Vts,d	Vtf,d	
m	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN		m	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	
0,00	409,15	1020,00	71,68	327,34	0,00	51,34	26,20	52,42	86,44	0,00	160,07	332,92	7,23	34,76	0,00	16,34	0,00	18,10	30,17		
0,50	389,63	1020,00	58,58	325,01	0,36	50,98	26,20	50,43	82,51	0,50	153,70	332,92	7,23	35,11	0,10	16,50	0,00	17,45	28,89		
1,00	370,12	1020,00	45,48	321,36	0,72	50,40	26,20	48,44	78,58	1,00	147,33	332,92	7,23	35,31	0,21	16,60	0,00	16,80	27,61		
1,50	350,60	1020,00	32,38	316,37	1,08	49,62	26,20	46,45	74,65	1,50	140,96	332,92	7,23	35,37	0,31	16,62	0,00	16,15	26,33		
2,00	331,08	1020,00	19,28	310,05	1,44	48,63	26,20	44,46	70,70	2,00	134,59	332,92	7,23	35,29	0,41	16,59	0,00	15,50	25,04		
2,50	311,57	1020,00	6,18	302,40	1,80	47,43	26,20	42,47	66,75	2,50	128,22	332,92	7,23	35,06	0,51	16,48	0,00	14,85	23,76		
2,65	305,71	1020,00	2,52	299,84	1,04	47,03	26,20	41,87	65,56	2,65	126,31	332,92	0,68	34,97	0,10	16,43	0,00	14,66	23,37		
3,00	222,47	1020,00	6,65	250,56	0,78	39,30	26,20	36,79	55,40	3,00	93,87	332,92	0,68	31,37	0,17	14,74	0,00	12,78	19,63		
3,50	202,96	1020,00	19,75	235,50	0,42	36,94	26,20	34,80	51,40	3,50	87,50	332,92	0,68	30,22	0,27	14,20	0,00	12,13	18,32		
3,85	189,29	1020,00	28,92	224,17	0,17	35,16	26,20	33,40	48,58	3,85	83,04	332,92	0,68	29,34	0,34	13,79	0,00	11,67	17,41		
4,00	183,44	1020,00	32,85	219,11	0,06	34,37	26,20	32,81	47,37	4,00	81,13	332,92	0,68	28,93	0,38	13,60	0,00	11,48	17,02		
4,34	170,17	1020,00	41,76	207,21	0,18	32,50	26,20	31,45	44,61	4,34	76,80	332,92	0,68	27,98	0,44	13,15	0,00	11,04	16,13		
4,50	163,92	1020,00	41,76	201,39	0,30	31,59	0,00	30,81	43,31	4,50	74,76	332,92	0,68	27,50	0,48	12,93	0,00	10,83	15,71		
5,00	144,41	1020,00	41,76	182,34	0,66	28,60	0,00	28,82	39,22	5,00	68,39	332,92	0,68	25,93	0,58	12,19	0,00	10,18	14,38		
5,30	132,70	1020,00	41,76	170,27	0,87	26,71	0,00	27,63	36,74	5,30	64,57	332,92	0,68	24,92	0,64	11,71	0,00	9,79	13,58		
5,53	123,72	1020,00	41,76	160,69	0,00	25,20	0,00	26,71	34,82	5,53	61,64	332,92	0,68	24,11	0,00	11,33	0,00	9,49	12,97		

CALCOLO CINEMATISMI SENZA CATENA

CINEMATISMO: RIBALTAMENTO SEMPLICE									
calcolo momenti	simbolo	unità	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5a	MS5b	MS7
peso proprio delle pareti	Wi*bx	kN*m	69,09	41,59	46,60	18,93	119,79	33,37	57,70
carico del solaio 3	S3*bx	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
carico del solaio 2	S2*bx	kN*m	4,86	0,00	0,00	2,51	0,00	0,00	4,44
carico del solaio 1	S1*bx	kN*m	4,85	0,00	0,00	5,40	0,00	0,00	9,56
carico dei ballatoi1	B1*bx	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
carico dei ballatoi2	B2*bx	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
azione trave di coronamento	Ci*bx	kN*m	2,47	1,47	1,05	0,82	3,01	0,87	1,50
carico del tetto	T4*bx	kN*m	10,17	8,22	6,28	1,50	9,71	3,49	3,12
azione di tiranti	Ti*by	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>totale</b>		<b>kN*m</b>	<b>91,44</b>	<b>51,29</b>	<b>53,93</b>	<b>29,14</b>	<b>132,51</b>	<b>37,73</b>	<b>76,32</b>
inerzia delle pareti	Wi*by	kN*m	1313,14	576,50	704,61	333,38	1153,00	608,53	743,05
inerzia dei solai 3	S3*by	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
inerzia dei solai 2	S2*by	kN*m	66,33	0,00	0,00	25,16	0,00	0,00	41,05
inerzia dei solai 1	S1*by	kN*m	31,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,36
inerzia dei ballatoio1	B1*by	kN*m	0,00	7,01	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00
inerzia dei ballatoio2	B2*by	kN*m	0,00	14,63	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00
azione trave di coronamento	Ci*by	kN*m	99,96	43,36	33,88	31,62	61,65	33,88	41,11
inerzia del tetto	T4*bx	kN*m	386,69	227,97	189,80	52,69	186,86	127,38	80,34
inerzia di archi e volte	F*by	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>totale</b>		<b>kN*m</b>	<b>1897,86</b>	<b>869,47</b>	<b>932,58</b>	<b>442,86</b>	<b>1401,52</b>	<b>769,78</b>	<b>947,91</b>
spinta statica della copertura	T4h*by	kN*m	0,00	89,07	74,16	0,00	73,01	49,77	31,39
spinta statica di archi e volte	Fh*by	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
spinta statica di terra	Vi*by	kN*m	49,01	0,00	0,00	62,80	0,00	0,00	0,00
<b>totale</b>		<b>kN*m</b>	<b>49,01</b>	<b>89,07</b>	<b>74,16</b>	<b>62,80</b>	<b>73,01</b>	<b>49,77</b>	<b>31,39</b>
<b>coefficiente moltiplicatore</b>	<b>α<sub>0</sub></b>		<b>0,0224</b>	<b>-0,0435</b>	<b>-0,0217</b>	<b>-0,0760</b>	<b>0,0425</b>	<b>-0,0156</b>	<b>0,0474</b>
			<b>MS1</b>	<b>MS2</b>	<b>MS3</b>	<b>MS4</b>	<b>MS5a</b>	<b>MS5b</b>	<b>MS7</b>
massa partecipante	M*	kN/(m/s <sup>2</sup> )	39,26	15,71	16,40	11,25	22,20	11,07	12,82
	g	m/s <sup>2</sup>	9,86	10,86	11,86	12,86	13,86	14,86	16,86
		kN <sup>2</sup> *m <sup>2</sup>	3,60E+06	7,56E+05	8,70E+05	1,96E+05	1,96E+06	5,93E+05	8,99E+05
		kN*m <sup>2</sup>	9303,69	4429,94	4471,75	1355,84	6383,44	3601,44	4155,71
frazione di massa partecipante	e*	0,93	0,90	0,91	0,92	0,93	0,92	1,00	
accelerazione al piede ribaltante	a <sub>0</sub> *	m/s <sup>2</sup>	0,18	-0,39	-0,21	-0,79	0,47	-0,19	0,59
verifica con fattore q	a <sub>0</sub> * > ag*S/q		<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>
coefficiente di posizione	S		<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>
fattore di struttura	q		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
accelerazione massima del terreno	ag	m/s <sup>2</sup>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
	ag*S/q	m/s <sup>2</sup>	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
verifica ulteriore per elementi in quota	a <sub>0</sub> * > Se(T1)Ψ(Z)Υ/q					0,64			
						<b>NO</b>			
spettro elastico	Se	m/s <sup>2</sup>				1,58			
primo modo di vibrazione	Ψ=Z/H					0,67			
distanza del baricentro dalla	Z	m				5,18			
altezza del muro rispetto alla	H	m				7,70			
coefficiente di partecipazione	Υ=3N/(2N+1)					1,20			
numero piani edificio	N					2,00			

CALCOLO CINEMATISMI CON CATENA

CINEMATISMO: RIBALTAMENTO SEMPLICE									
calcolo momenti	simbolo	unità	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5a	MS5b	MS7
peso proprio delle pareti	Wi*bx	kN*m	69,09	41,59	46,60	18,93	119,79	33,37	57,70
carico del solaio 3	S3*bx	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
carico del solaio 2	S2*bx	kN*m	4,86	0,00	0,00	2,51	0,00	0,00	4,44
carico del solaio 1	S1*bx	kN*m	4,85	0,00	0,00	5,40	0,00	0,00	9,56
carico dei ballatoi1	B1*bx	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
carico dei ballatoi2	B2*bx	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
azione trave di coronamento	Ci*bx	kN*m	2,47	1,47	1,05	0,82	3,01	0,87	1,50
carico del tetto	T4*bx	kN*m	10,17	8,22	6,28	1,50	9,71	3,49	3,12
azione di tiranti	Ti*by	kN*m	45,05	99,54	77,42	60,95	99,54	77,42	39,75
<b>totale</b>		<b>kN*m</b>	<b>136,49</b>	<b>150,83</b>	<b>131,35</b>	<b>90,09</b>	<b>232,05</b>	<b>115,15</b>	<b>116,07</b>
inerzia delle pareti	Wi*by	kN*m	1313,14	576,50	704,61	333,38	1153,00	608,53	743,05
inerzia dei solai 3	S3*by	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
inerzia dei solai 2	S2*by	kN*m	66,33	0,00	0,00	25,16	0,00	0,00	41,05
inerzia dei solai 1	S1*by	kN*m	31,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,36
inerzia dei ballatoio1	B1*by	kN*m	0,00	7,01	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00
inerzia dei ballatoio2	B2*by	kN*m	0,00	14,63	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00
azione trave di coronamento	Ci*by	kN*m	99,96	43,36	33,88	31,62	61,65	33,88	41,11
inerzia del tetto	T4*bx	kN*m	386,69	227,97	189,80	52,69	186,86	127,38	80,34
inerzia di archi e volte	F*by	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>totale</b>		<b>kN*m</b>	<b>1897,86</b>	<b>869,47</b>	<b>932,58</b>	<b>442,86</b>	<b>1401,52</b>	<b>769,78</b>	<b>947,91</b>
spinta statica della copertura	T4h*by	kN*m	0,00	89,07	74,16	0,00	73,01	49,77	31,39
spinta statica di archi e volte	Fh*by	kN*m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
spinta statica di terra	Vi*by	kN*m	49,01	0,00	0,00	62,80	0,00	0,00	0,00
<b>totale</b>		<b>kN*m</b>	<b>49,01</b>	<b>89,07</b>	<b>74,16</b>	<b>62,80</b>	<b>73,01</b>	<b>49,77</b>	<b>31,39</b>
<b>coefficiente moltiplicatore</b>	<b>α<sub>0</sub></b>		<b>0,0461</b>	<b>0,0710</b>	<b>0,0613</b>	<b>0,0616</b>	<b>0,1135</b>	<b>0,0849</b>	<b>0,0893</b>
			<b>MS1</b>	<b>MS2</b>	<b>MS3</b>	<b>MS4</b>	<b>MS5a</b>	<b>MS5b</b>	<b>MS7</b>
massa partecipante	M*	kN/(m/s <sup>2</sup> )	39,26	15,71	16,40	11,25	22,20	11,07	12,82
	g	m/s <sup>2</sup>	9,86	10,86	11,86	12,86	13,86	14,86	16,86
		kN <sup>2</sup> *m <sup>2</sup>	3,60E+06	7,56E+05	8,70E+05	1,96E+05	1,96E+06	5,93E+05	8,99E+05
		kN*m <sup>2</sup>	9303,69	4429,94	4471,75	1355,84	6383,44	3601,44	4155,71
frazione di massa partecipante	e*	0,93	0,90	0,91	0,92	0,93	0,92	1,00	
accelerazione al piede ribaltante	a <sub>0</sub> *	m/s <sup>2</sup>	0,36	0,64	0,59	0,64	1,25	1,02	1,11
verifica con fattore q	a <sub>0</sub> * > ag*S/q		<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
coefficiente di posizione	S		<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>
fattore di struttura	q		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
accelerazione massima del terreno	ag	m/s <sup>2</sup>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
	ag*S/q	m/s <sup>2</sup>	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
verifica ulteriore per elementi in quota	a <sub>0</sub> * > Se(T1)Ψ(Z)Υ/q					0,64			
							<b>VERIFICATO</b>		
spettro elastico	Se	m/s <sup>2</sup>				1,58			
primo modo di vibrazione	Ψ=Z/H					0,67			
distanza del baricentro dalla	Z	m				5,18			
altezza del muro rispetto alla	H	m				7,70			
coefficiente di partecipazione	Υ=3N/(2N+1)					1,20			
numero piani edificio	N					2,00			

1. Perforazioni armate per connettere il solaio alle murature. Creazione di perfori  $\Phi$  35 incrociati, passo 50 cm sul perimetro del campo di solaio, armati con barre  $\phi$  16 inghisate a mezzo di boiacca cementizia a ritiro compensato. le connessioni della soletta alla muratura vanno eseguite tramite perforazioni armate preferibilmente incrociate a  $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$  in modo da interessare una fascia di muratura il piú possibile ampia a formare una zona di rigidezza adeguata in grado di offrire un vincolo efficace delle murature ai solai e delle murature fra loro. Spingere le perforazioni in profondit  per almeno 2/3 dello

spessore del muro inclinandoli sia in orizzontale che in verticale e, comunque se la tipologia del muro risulta a doppio paramento, fino ad interessare il paramento. Vedere scheda intervento SI 18 e il nodo 3.

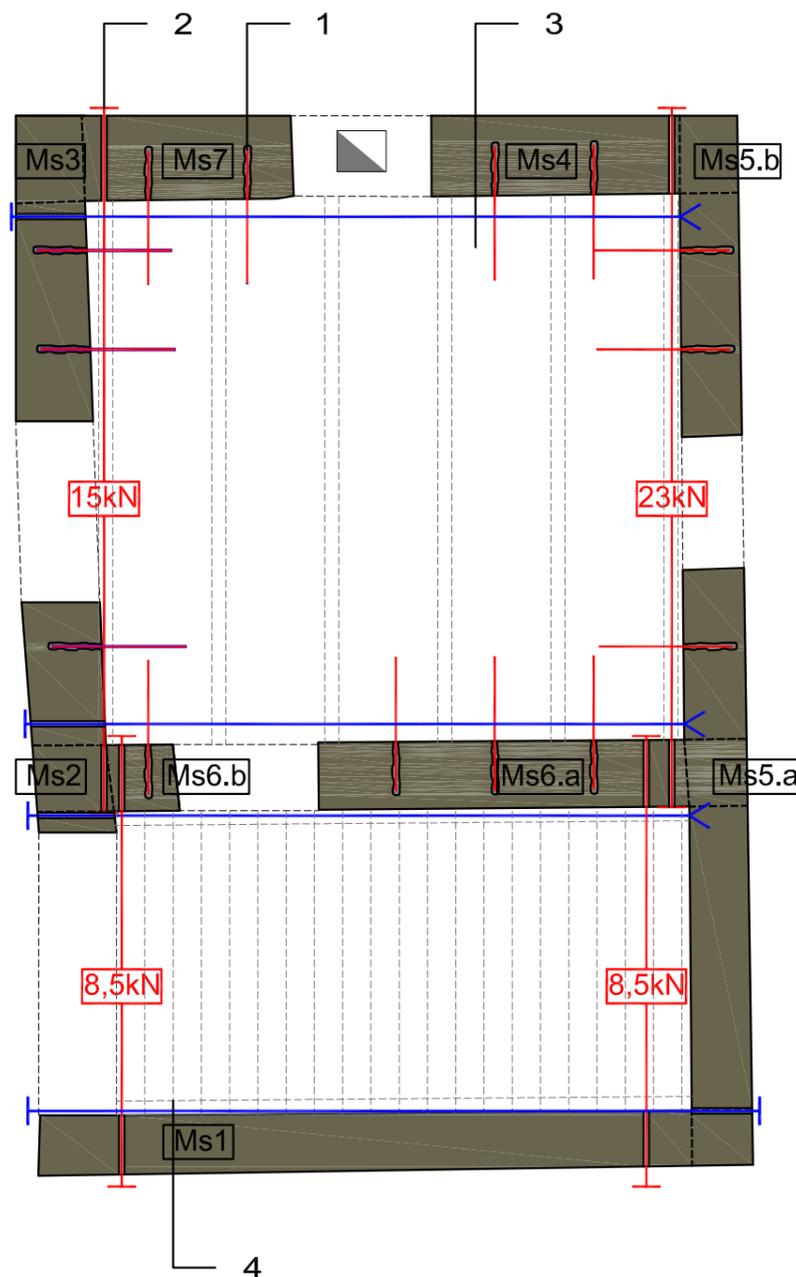
2. Inserimento di tiranti e catene. In rosso quelle calcolate e necessarie. E' preferibile per  inserire ad ogni piano catene in entrambe le direzioni come evidenziato dalle catene blu. Il limitato costo del intervento non giustifica il fatto di metterne lo stretto necessario. Perfori  $\Phi$  35, catene  $\Phi$  18 inserite in guaine, piastre di ancoraggio UPN 100 di lunghezza

minima 60 cm. Vedere scheda intervento SI 15.

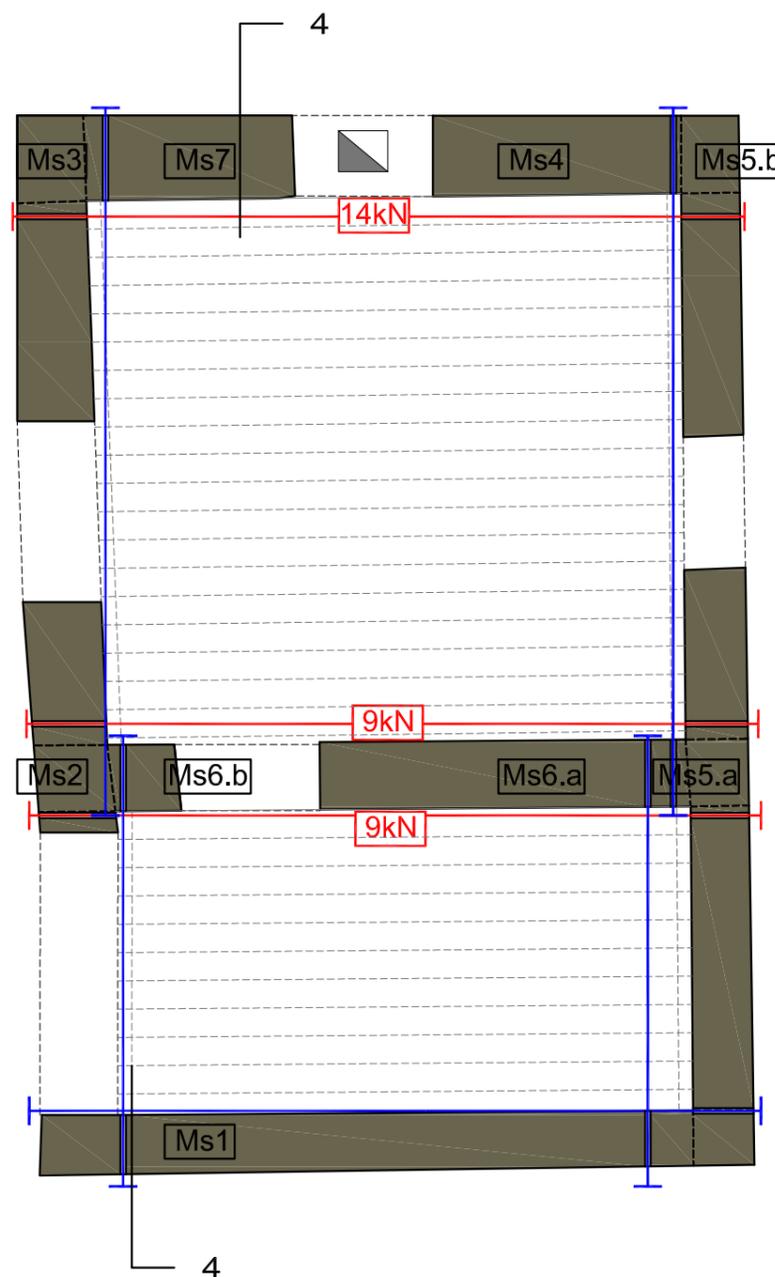
3. Consolidamento solaio volterrane tramite sovrapposizione di soletta armata con rete elettrosaldata R.E.S.  $\Phi$  5/10\*10, e resa solidale tramite connettori a piolo h 40 mm con passo 23 cm. Gli ancoraggi (punto 1) vengono annegati nel getto della soletta. Vedere scheda intervento SI 18

4. Sostituzione solaio ligneo con un nuovo solaio sempre in legno con tecnologia a guscio tipo Lignatur. Gli elementi misurano 200x140 mm e sono uniti con collegamenti

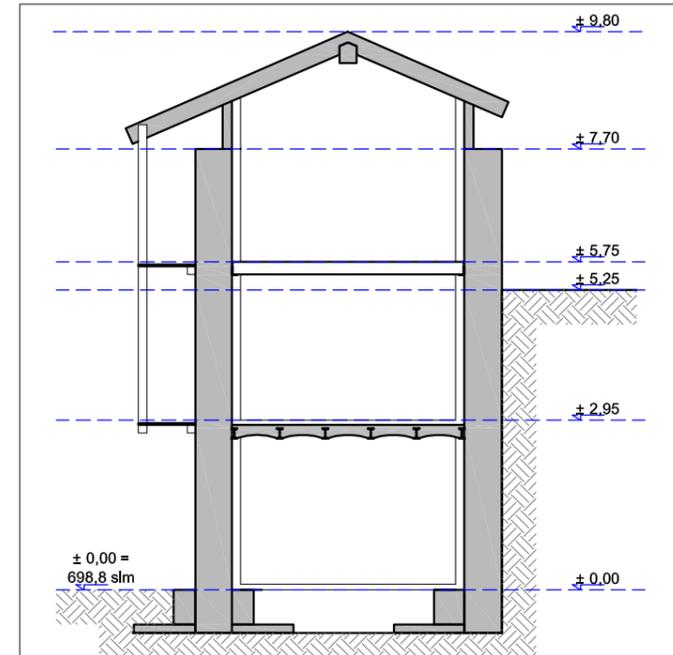
maschio e femmina. Il solaio appoggia su dei profili in acciaio 100x150x12 come riportato nella relazione tecnica. I profili formano con le piastre delle catene, dei cordoli di piano esterni alla muratura che funzionano da ammorsamenti. A favore di sicurezza i profili appoggiano su dei montanti il legno inseriti nel cappotto interno. Sopra gli elementi lignatur   possibile sovrapporre un tavolato OBS a formare un piano rigido. Gli elementi a guscio cavi all'interno permettono il passaggio di catene.



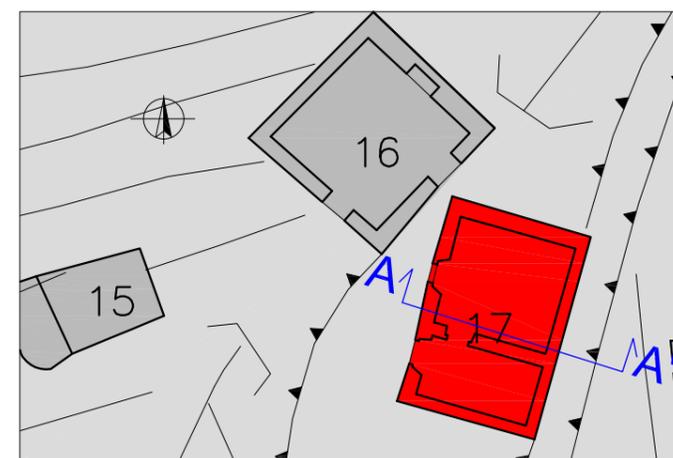
SOLAIO LIVELLO 1  
+2,65 m



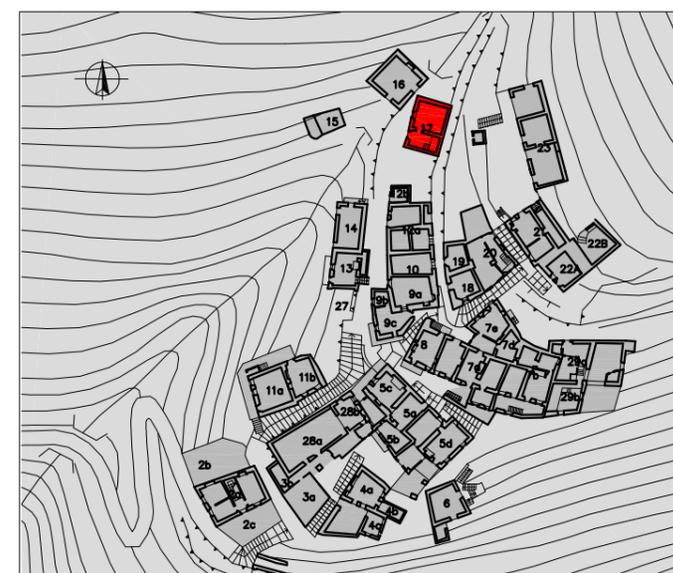
SOLAIO LIVELLO 2  
+5.30 m



SEZIONE DI RIFERIMENTO A-A'



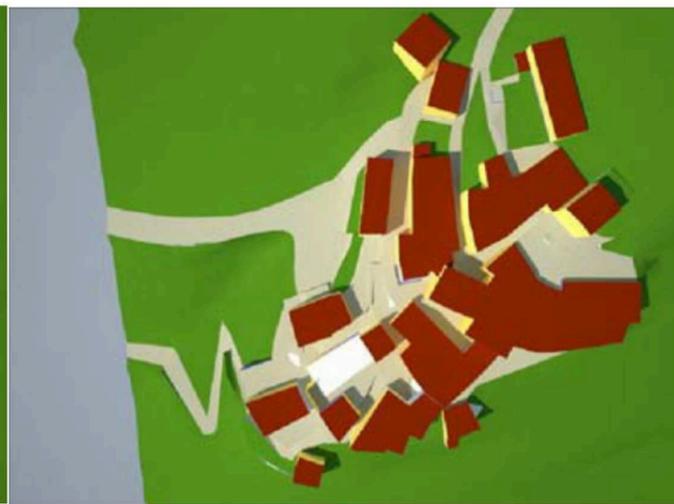
KEYPLAN SCALA 1:200



KEYPLAN SCALA 1:1000



21.03 ORE12.00



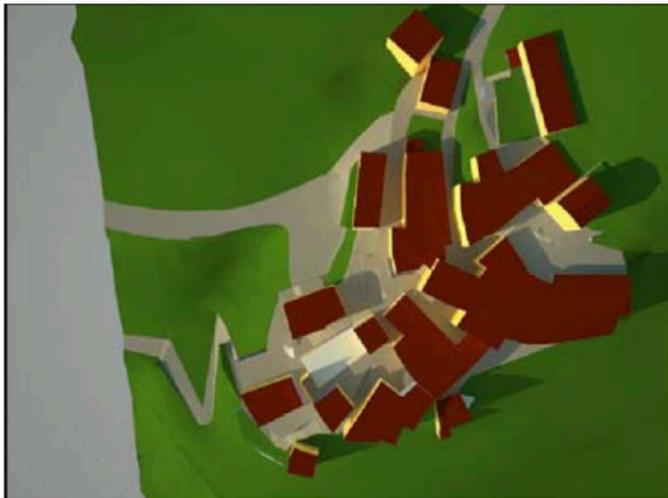
21.06 ORE12.00



21.09 ORE12.00



21.12 ORE12.00



21.03 ORE18.00



21.06 ORE18.00



21.09 ORE18.00



21.12 ORE18.00

W.B.S.					C.M.E.									
Livello 1	Livello 2	Livello 3			Livello 5	PARTI UGUALI	LUNGH. (m)	LARGH. (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	ALT / SPESS (m)	TOT.	U.M.	PREZZO UNITARIO (euro/U.M.)	PREZZO TOTALE (euro)
Classi di unità tecnologiche	Unità Tecnologiche	Classi di elementi tecnici	El. Tec. /Lavorazioni /Strato	Cod.Prezziario	Voce di lavoro									
Allestimento cantiere	Logistica	Recinzione di cantiere permeabile	Recinzione di cantiere permeabile		recinzione di cantiere di tipo permeabile saettata, realizzata con struttura metallica (tondini) più rete elettrosaldata (maglia 10x 10 cm) e rete arancione maglia ( 8,5 x 3 cm) resistente agli agenti atmosferici, con potere schermante e resistenza a trazione di 1600 Kg/m		40,00			2	80,00	m	6,61	528,8
		Cancello d'ingresso	Cancello d'ingresso		cancello carrabile (8 m) e cancello pedonale (0,9 m) realizzati con struttura in legno, più rete elettrosaldata (maglia 10x 10 cm) e rete arancione maglia ( 8,5 x 3 cm) resistente agli agenti atmosferici, con potere schermante e resistenza a trazione di 1600 Kg/m, provvisti di sistemi di chiusura.		8,90				8,90	m	1,72	15,308
Consolidamento e movimento terra	Opere provvisoriale	Ponteggio	Ponteggio verticale su 4 pareti	D.0013.0001.0005	Nolo mensile (o per frazione di mese) di ponteggio metallico sso a montanti e traversi prefabbricati passo m 1,80 o m 2,50 realizzato in acciaio S235JR e S355JR zincato a caldo diam. 48 mm, sp. 3,2 mm. Incluso nolo, trasporto, scarico, movimentazione in cantiere, montaggio, smontaggio e carico con trasporto ad opera ultimata. Completo di predisposizione di piani di lavoro in legno o metallici, tavole fermapiede, mantovana parasassi, teli di protezione in HPDE, scale di collegamento tra i piani di lavoro, correnti, diagonali, basette, ancoraggi, travi per varchi. Compresi tutti gli accessori necessari per realizzare il ponteggio nel rispetto delle normative vigenti, in conformità a alle autorizzazioni ministeriali rilasciate per l'impiego. Realizzato secondo D.P.R. 547/1955 e D.P.R. 164/1956 e succ. mod, in conformità a D.M. 115/1990. Il tutto valutato secondo lo sviluppo del ponteggio in proiezione verticale di facciata. Incluso ogni onere e magistero per dare l'opera realizzata a perfetta regola d'arte				177,78		177,78	m <sup>2</sup>	18,6	3306,708
	Scoltramento	Scoltramento	Scoltramento		Scoltramento con accatastamento di terreno di coltura per la profondità di 30 cm, pulizia e vagliatura dello stesso rimessa in sito e livellamento, per parti esterne.	2	6,60	1,50		0,30	5,94	m <sup>3</sup>	3,62	21,50
	Scavi	Scavo a sezione ristretta perimetrale	Scavo a sezione ristretta ed obbligata per consolidamento fondazioni	D.0001.0002.0022	SCAVO A SEZIONE RISTRETTA E OBBLIGATA per fondazioni di opere d'arte di qualsiasi tipo e importanza o simili, no a m 2.00 di profondità a dal piano campagna o dal piano di sbancamento, in terreni di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza d'acqua, compreso l'onere per eventuali piste di accesso; eseguito con qualsiasi mezzo meccanico; compreso le necessarie sbadacchiature ed armature; escluso l'armatura a cassa chiusa da compensare a parte; compreso lo spianamento del fondo, il sollevamento del materiale di scavo, il deposito lateralmente allo scavo oppure il carico su automezzo; escluso il rinterro ed il trasporto a deposito o a discarica; valutato per il volume teorico previsto od ordinato in rocce tenere di media consistenza con resistenza allo schiacciamento inferiore a 120 kg/cmq	2	6,60	1,50		2,00	39,60	m <sup>3</sup>	14,95	592,02
			Sovraprezzo per scavi oltre 2 m di profondità	D.0001.0002.0026	SOVRAPREZZO AGLI ARTICOLI DI SCAVO A SEZIONE RISTRETTA E OBBLIGATA sia per fondazioni che per condotte, comunque eseguiti, per ogni metro o frazione di metro di maggior profondità oltre i primi 2 metri dal piano campagna o dal piano di sbancamento in rocce tenere di media consistenza con resistenza allo schiacciamento inferiore a 120 kg/cmq	2	6,60	1,50		2,00	39,60	m <sup>3</sup>	16,15	639,54
			Scavo per vespaio interno	D.0012.0002.0014	Scavo a sezione obbligata eseguito con ausilio di mezzi meccanici, IN ZONA MOLTO RISTRETTA nell'impossibilità a di formazione di depositi provvisori del materiale di risulta sino ad una profondità di 1,5 m: in terreni con roccia tenera con resistenza allo schiacciamento inferiore a 120 Kg/cmq	1			24,00	0,70		16,80	m <sup>3</sup>	51,36
	Reinterro	Reinterro	Reinterro esterni fino al dado di fondazione		Rinterro con materiale di risulta proveniente dagli scavi precedentemente eseguiti nell'ambito del cantiere, eseguito con l'ausilio di mezzi meccanici di piccole dimensioni, escluso l'avvicinamento dei materiali ma compresa la compattazione a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote del terreno preesistente ed il costipamento prescritto.	2	6,60	1,50		1,00	19,80	m <sup>3</sup>	4,73	93,65

			Completamento reinterro		Formazione di rilevati o riempimenti di cavi, buche compresi lo spandimento in opera, la compattazione a strati orizzontali nonchè la profilatura ed incigliatura delle scarpate con materie idonee di qualsiasi provenienza estranee al cantiere.	2	6,60	1,50		3,00	59,40	m <sup>3</sup>	11,99	712,21		
Struttura portante	Consolidamento Struttura di fondazione	Cordoli in c.a. esterni	magrone	D.0004.0001.0001	CALCESTRUZZO PER OPERE NON STRUTTURALI, MAGRONI DI SOTTOFONDAZIONE, MASSETTI A TERRA O SU VESPAIO, PLATEE, RINFIANCO E RIVESTIMENTO DI TUBAZIONI, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Escluse carpenterie ed eventuali armature metalliche; con RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 5 N/mm2 a norma UNI EN 206-1 e Linee GuidaConsiglio Sup. LLPP	1	24,44	0,15		0,05	0,18	m <sup>3</sup>	127,63	23,39		
			calcestruzzo	D.0004.0001.0013	Calcestruzzo a durabilit a garantita per opere strutturali in fondazione o in elevazione, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Gettato entro apposite casseforme da compensarsi a parte, compresa la vibratura e l'innamento dei getti ed escluse le armature metalliche; avente RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 45 N/mm2 e classe di esposizione XC1 - XC2 norma UNI EN 206-1.	1	24,44	0,15		0,10	0,37	m <sup>3</sup>	197,40	72,37		
			ferro per armatura		Fornitura, lavorazione e posa di tondo di qualsiasi diametro per lavori di cemento armato compreso l'onere delle piegature, le legature le eventuali saldature per giunzioni, i distanziatori, lo sfrido, ecc. Barre aderenza migliorata qualità FeB44K controllato stabilimento	1					11,00		Kg	0,91	10,01	
			Cordoli in c.a. interni	magrone	D.0004.0001.0001	CALCESTRUZZO PER OPERE NON STRUTTURALI, MAGRONI DI SOTTOFONDAZIONE, MASSETTI A TERRA O SU VESPAIO, PLATEE, RINFIANCO E RIVESTIMENTO DI TUBAZIONI, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Escluse carpenterie ed eventuali armature metalliche; con RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 5 N/mm2 a norma UNI EN 206-1 e Linee GuidaConsiglio Sup. LLPP	1	19,65	0,15		0,05	0,15	m <sup>3</sup>	127,63	18,81	
				calcestruzzo	D.0004.0001.0013	Calcestruzzo a durabilit a garantita per opere strutturali in fondazione o in elevazione, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Gettato entro apposite casseforme da compensarsi a parte, compresa la vibratura e l'innamento dei getti ed escluse le armature metalliche; avente RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 45 N/mm2 e classe di esposizione XC1 - XC2 norma UNI EN 206-1.	1	19,65	0,15		0,15	0,44	m <sup>3</sup>	197,40	87,28	
				ferro per armatura		Fornitura, lavorazione e posa di tondo di qualsiasi diametro per lavori di cemento armato compreso l'onere delle piegature, le legature le eventuali saldature per giunzioni, i distanziatori, lo sfrido, ecc. Barre aderenza migliorata qualità FeB44K controllato stabilimento	1					13,26		Kg	0,91	12,07
				Getto controparete Nord		fornitura, lavorazione, posa di tondo per cemento armato compreso sfrido e legature; a) barre ad aderenza migliorata qualità Fe B44k.	1					19,02		Kg	0,97	18,45
	Consolidamento pareti	Pareti controterra		calcestruzzo in opera, per opere di cemento armato, travi, pilasti solette, vani scala e ascensore, con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di Rck>300 Kg/cm2. Compresa la cassaratura			1			25,700	0,20	5,14	m <sup>3</sup>	190,00	976,60	
				Getto controparete Ovest		fornitura, lavorazione, posa di tondo per cemento armato compreso sfrido e legature; a) barre ad aderenza migliorata qualità Fe B44k.	1				20,94		Kg	0,97	20,31	
				calcestruzzo in opera, per opere di cemento armato, travi, pilasti solette, vani scala e ascensore, con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di Rck>300 Kg/cm2. Compresa la cassaratura			1			28,300	0,20	5,66	m <sup>3</sup>	190,00	1075,40	

		Pareti fuori terra	Trave perimetrale di contenimento muratura		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	1	19,70	0,65		0,20	2,56	m <sup>3</sup>	254,19	650,98
			Listello perimetrale interno		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	1	19,70	0,70		0,02	0,28	m <sup>3</sup>	254,19	70,11
			Listello perimetrale esterno		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	1	24,40	0,25		0,02	0,12	m <sup>3</sup>	254,19	31,01
			Listello perimetrale interno		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Listelli di appoggio e contenimento esterni ed interni	1	19,70	0,10		0,10	0,20	m <sup>3</sup>	254,19	50,08
			Scossalina in rame per impermeabilizzazioni		Scossalini in lamiera di rame curvata a cicogna, posta in opera, comprese tutte le lavorazioni di ancoraggio su qualsiasi tipo di muratura. Spessore 0,006, larghezza 60 cm	1	19,70				19,70	m <sup>3</sup>	28,00	551,60
		Rinforzi muri per adeguamento antisismico	Corda in acciaio su muro	D25046b	Connessione con corda in fibre d'acciaio ad alta resistenza per riparazione, rinforzo o adeguamento statico di strutture in cemento armato, murature o tufo mediante le seguenti operazioni: esecuzione di foro inclinato su parete di almento 30 cm di profondità e 18 - 20 mm di diametro, impregnazione della corda con resina epossidica bicomponente a base di resine epossidiche e successivamente con resina epossidica a media viscosità, compresa la finitura esterna mediante eliminazione della retina di protezione della corda stessa, apertura a ventaglio delle fibre lasciate all'esterno del foro e successiva stesa di resina bicomponente fluida, escluso l'intonaco finale, valutata per una lunghezza massima della corda di 100 cm, eseguita su superfici verticali diametro D=12 mm	36	0,80				28,80	cad	99,94	3597,84
			Corda in acciaio per solaio (irrigidimento strutturale)	D25014a	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e controdado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico 160 ± 10KN/mmq, in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. Costo del primo metro di tirante comprensivo dei capicorda ed accessori, forza di rottura 151 KN.	12	1,00				12,00	cad	317,52	3810,24
				D25014b	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e controdado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico 160 ± 10KN/mmq, in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. sovrapprezzo per ogni metro in più di tirante, forza di rottura 151 KN.	12	5,00				60,00	cad	18,96	227,52
Chiusure orizzontali e verticali	Chiusure orizzontali	Solaio a terra areato	magrone	(P2002) A.4.020.005.02	Conglomerato cementizio per opere di sottofondazione, fondazione, ed elevazione non armate, con granulometria di inerti approvata dalla D.L., gettato in opera con o senza l'ausilio di casseri, questi compensati a parte. Kg. 200 di cemento tipo 32,5 per sottofondazione	1			13,00	0,10	1,30	m <sup>3</sup>	37,08	48,20
			Vespaio in Igloo	A45007d	Vespaio areato realizzato con casseri modulari a perdere in polipropilene riciclato autoportanti, impermeabili, posti in opera a secco su adeguato sottofondo di magrone da conteggiare a parte compresi il conglomerato cementizio C25/30 (Rck 35 N/mmq) per il riempimento tra i casseri e la sovrastante soletta di almeno 4 cm e l'armatura costituita da rete alettrosaldata diametro 6 mm, maglia 200x200 mm - base quadrata, delle dimensioni di 50 x 50 cm, altezza 40 cm	1			13,00		13,00	m <sup>2</sup>	36,17	470,21
			massetto armato sopra igloo		esecuzione massetto armato con rete(pavimento inbattuto di cemento, gettato in opera, formato da uno strato di cm 8 di calcestruzzo cementizio a q.l 250/32.5, cappa superiore in malta cementizia q.l 5/32.5 compreso l'onere per la formazione di giunti p.v.c delle dimensioni richieste, spolvero di cemento tipo 32.5 con perfetta lisciatura delle superfici e bocciardatura	1			13,00	0,08	13,00	m <sup>2</sup>	25,00	325,00
			Isolamento	A83012b	fornitura e posa in opera di pannelli di isolante rigido idrofobizzato tipo lana di roccia, densità circa 100 kg/mc	2			20,35	0,04	40,70	m <sup>2</sup>	5,38	218,97
			Calce canapulo						20,35	0,06		m <sup>2</sup>		
			Pannello presagomato	A83012b	Pannello presagomato in fibra di legno, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..	1			20,35	0,03	20,35	m <sup>2</sup>	5,38	109,48
			Massetto a secco	B.0007.0001.0001	Fornitura e posa in opera di Massetto a secco in sabbia finissima	1			20,35	0,05	1,02	m <sup>3</sup>	87,55	89,08

		Pavimento in listoni di betulla	B23051 a	Listoni prefiniti con superficie preverniciata, composti da uno starto superiore in legno nobile di spessore 4 mm e supporto in multistrato di betulla con profili maschiati, spessore 9 mm, lunghezza 350 - 600 mm, larghezza 70 mm.	1			20,35	0,14	20,35	m <sup>2</sup>	79,89	1625,76
	Solaio piano primo	Soletta su piano primo	A53002 j	Fornitura e posa in opera di Solaio piano in struttura di X-lam composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate (o collegate tramite spinotti) fra loro. Prima di essere incollate (o collegate con gli spinotti), le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine. Lunghezza 16000 - 30000 mm, larghezza 3000 - 4800 mm, spessore 150 m				9,50	0,15	9,50	m <sup>2</sup>	70,00	665,00
		Massetto		Massetto in calce canapulo. Esecuzione massetto armato con rete(pavimento in battuto di cemento, gettato in opera, formato da uno strato di cm 8 di calcestruzzo cementizio a q.l 250/32.5, cappa superiore in malta cementizia q.l 5/32.5 compreso l'onere per la formazione di giunti p.v.c delle dimensioni richieste, spolvero di cemento tipo 32.5 con perfetta lisciatura delle superfici e bocciardatura	1			17,10	0,08	17,10	m <sup>2</sup>	25,00	427,50
		Pannello presagomato	A83012b	Fornitura e posa in opera di Pannello presagomato in fibra di legno, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..	1			17,10	0,03	17,10	m <sup>2</sup>	25,38	434,00
		Massetto a secco	B.0007.0001.0001	Fornitura e posa in opera di Massetto a secco in sabbia finissima	1			17,10	0,03	0,51	m <sup>3</sup>	87,55	44,91
		Pavimento in listoni di betulla	B23051 a	Listoni prefiniti con superficie preverniciata, composti da uno starto superiore in legno nobile di spessore 4 mm e supporto in multistrato di betulla con profili maschiati, spessore 9 mm, lunghezza 350 - 600 mm, larghezza 70 mm.	1			17,10	0,14	17,10	m <sup>2</sup>	79,89	1366,12
		Solaio piano secondo	Soletta su piano secondo	A53002 j	Fornitura e posa in opera di Solaio piano in struttura di X-lam composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate (o collegate tramite spinotti) fra loro. Prima di essere incollate (o collegate con gli spinotti), le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine. Lunghezza 16000 - 30000 mm, larghezza 3000 - 4800 mm, spessore 150 m				9,50	0,15	9,50	m <sup>2</sup>	70,00
	Massetto			Massetto in calce canapulo. Esecuzione massetto armato con rete(pavimento in battuto di cemento, gettato in opera, formato da uno strato di cm 8 di calcestruzzo cementizio a q.l 250/32.5, cappa superiore in malta cementizia q.l 5/32.5 compreso l'onere per la formazione di giunti p.v.c delle dimensioni richieste, spolvero di cemento tipo 32.5 con perfetta lisciatura delle superfici e bocciardatura	1			17,10	0,08	17,10	m <sup>2</sup>	25,00	427,50
	Pannello presagomato		A83012b	Fornitura e posa in opera di Pannello presagomato in fibra di legno, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..	1			17,10	0,03	17,10	m <sup>2</sup>	25,38	434,00
	Massetto a secco		B.0007.0001.0001	Fornitura e posa in opera di Massetto a secco in sabbia finissima	1			17,10	0,03	0,51	m <sup>3</sup>	87,55	44,91
	Pavimento in listoni di betulla		B23051 a	Listoni prefiniti con superficie preverniciata, composti da uno starto superiore in legno nobile di spessore 4 mm e supporto in multistrato di betulla con profili maschiati, spessore 9 mm, lunghezza 350 - 600 mm, larghezza 70 mm.	1			17,10	0,14	17,10	m <sup>2</sup>	79,89	1366,12
	Copertura		Soletta copertura	A53002 j	Fornitura e posa in opera di Solaio piano in struttura di X-lam composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate (o collegate tramite spinotti) fra loro. Prima di essere incollate (o collegate con gli spinotti), le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine. Lunghezza 16000 - 30000 mm, larghezza 3000 - 4800 mm, spessore 150 m		5,20	5,50	28,60	0,125	28,60	m <sup>2</sup>	70,00
		Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm		5,20	5,50	28,60		28,60	m <sup>2</sup>	8,15	233,09
		Pannello isolante		Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa morbida, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..	1	5,20	5,50	28,60	0,20	28,60	m <sup>2</sup>	25,38	725,87

		Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm		5,20	5,50	28,60		28,60	m <sup>2</sup>	8,15	233,09
		Travetti inferiori esterni	B.0012.0001.0002	Travi ABETE SOTTOMISURA mm 25, larghezza variabile 8/16, lunghezza 400cm, in misure a mc	7	7,80	0,20	1,56	0,150	1,64	m <sup>3</sup>	341,73	559,75
		Trave centrale interna		Fornitura e posa in opera di trave centrale in legno lamellare, classe II.	1	6,60	0,20		0,250	6,60	m	500,00	500,00
		Coppi di copertura	D.0013.0011.0001	COPERTURA A TETTO CON TEGOLE CURVE (COPPI) in laterizio, poste in opera con malta bastarda su falde a semplice spiovente o a padiglione, compresa la stilatura laterale e frontale, la formazione dei calmi con coppi, i cordoli laterali, lo sfrido, i tagli alle estremità delle falde e per eventuali compluvi ed escluse eventuali lastre metalliche per la formazione di converse e scossaline; misurata per la superficie effettiva delle falde, senza detrazioni dei vuoti per canne fumarie, lucernari o parti sporgenti di super cie inferiore a mq.1.00		5,20	5,50	28,60		28,60	m <sup>2</sup>	58,35	1668,81
Chiusura verticale opaca	Parete perimetrale verticale, area 1 (est e ovest)	x-lam	A53002 j	Fornitura e posa in opera di parete di X-lam composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate (o collegate tramite spinotti) fra loro. Prima di essere incollate (o collegate con gli spinotti), le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine. Lunghezza 16000 - 30000 mm, larghezza 3000 - 4800 mm, spessore 150 m	2		0,10	41,70		83,40	m <sup>2</sup>	70,00	5838,00
		Pannello isolante	D.0013.0010.0071	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa morbida, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE CON PANNELLI DI FIBRE DI Canapa trattate con resine termoindurenti resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del fissaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 15 mm	2			41,70	0,100	83,40	m <sup>2</sup>	11,50	959,10
	Parete perimetrale verticale, area 2 (sud e nord)	x-lam	A53002 j	Fornitura e posa in opera di parete di X-lam composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate (o collegate tramite spinotti) fra loro. Prima di essere incollate (o collegate con gli spinotti), le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine. Lunghezza 16000 - 30000 mm, larghezza 3000 - 4800 mm, spessore 150 m	2	8,58	5,50	47,19	0,100	94,38	m <sup>2</sup>	70,00	6606,60
		Pannello isolante	D.0013.0010.0071	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa morbida, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE CON PANNELLI DI FIBRE DI Canapa trattate con resine termoindurenti resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del fissaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 15 mm	2	8,58	5,50	47,19	0,100	94,38	m <sup>2</sup>	11,50	1085,37
	Parete perimetrale verticale, parte in elevazione, area 1 (est e ovest)	Pannello isolante	D.0013.0010.0071	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa morbida, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE CON PANNELLI DI FIBRE DI Canapa trattate con resine termoindurenti resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del fissaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 15 mm	2			5,60	0,120	11,20	m <sup>2</sup>	11,50	128,80
		Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm	2			5,60		11,20	m <sup>2</sup>	8,15	91,28
		Listelli esterni orditura verticale		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2			5,60	0,025	0,28	m <sup>3</sup>	1104,20	309,18
		Listelli esterni orditura orizzontale		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2			5,60	0,025	0,28	m <sup>3</sup>	1104,20	309,18
	Parete perimetrale verticale, parte in elevazione, area 2 (sud e nord)	Pannello isolante	D.0013.0010.0071	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa morbida, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE CON PANNELLI DI FIBRE DI Canapa trattate con resine termoindurenti resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del fissaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 15 mm	2			5,50	0,120	11,00	m <sup>2</sup>	11,50	126,50

			Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm	2			5,50		11,00	m <sup>2</sup>	8,15	89,65
			Listelli esterni orditura verticale		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2			5,50	0,025	0,28	m <sup>3</sup>	1104,20	303,66
			Listelli esterni orditura orizzontale		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2			5,50	0,025	0,28	m <sup>3</sup>	1104,20	303,66
	Chiusura verticale trasparente	Infisso esterno	1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e gocciolatoio, levigato nelle parti viste.	1	1,00	1,40	1,40		1,40	cad	487,00	681,80
			Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1	0,70	0,20	0,14	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	6,18
			Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1	1,20	0,20	0,24	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	10,60
			1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e gocciolatoio, levigato nelle parti viste.	3	0,70	2,20	1,54		4,62	cad	487,00	2249,94
			Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1	0,70	0,20	0,14	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	6,18
			Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1	1,20	0,20	0,24	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	10,60
			1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e gocciolatoio, levigato nelle parti viste.	1	0,70	1,20	0,84		0,84	cad	487,00	409,08
			Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1	0,70	0,20	0,14	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	6,18
			Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1	1,20	0,20	0,24	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	10,60
			1 anta mobile vasistas		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e gocciolatoio, levigato nelle parti viste.	3	1,00	1,20	1,20		3,60	cad	532,00	1915,20
			Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	3	1,00	0,20	0,20	0,04	0,02	m <sup>3</sup>	1104,20	26,50
			Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	3	1,20	0,20	0,24	0,04	0,03	m <sup>3</sup>	1104,20	31,80
		Infisso esterno porta mq 3,40	Porta d'ingresso		Porte esterne a vetri con telaio fisso sezione mm. 95x65 e ante mobili con telaio sezione mm. 75x55 con traversa inferiore protetta da un profilato sagomato ad "U" in ottone spess. mm. 1 formante zoccolo dell' altezza di cm. 8,0. Ante fisse di sezione cm 90x240 e la mobile (centrale) da cm 100x240 in larice.	1			3,40		3,40	m <sup>2</sup>	123,71	420,61
			Soglia in serizzo chiaro		Soglia in lastra di spessore cm 3, larghezza cm 15, con piano ribassato passante, costa quadra, levigata nelle parti viste.	1	1,48	0,15	0,22		0,22	m <sup>2</sup>	242,63	53,86
			Posa in opera di soglia		Assistenza	1	1,48				1,48	m	18,15	1,48
			Serramento in alluminio anodizzato		Finestra, spessore lavorato mm.65, anta fissa predisposta per applicazione del vetro thermopane, ferramenta adeguata in ottone. fermavetri riportati compresi: coprifili interni, due cerniere per anta finestra, cremonese di chiusura con maniglie in ottone, compresa inoltre fornitura e posa di falso telaio.	1	2,30	0,58	1,33		1,80	n°	283,40	283,40
			Posa in opera di serram. in legno		Assistenza									
			Vetrocamera		Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4	2	2,30	0,58	1,33		2,67	m <sup>2</sup>	29,17	77,83
			Posa in opera di vetri		Posa in opera di vetri su serramenti di legno	2	2,30	0,58	1,33		2,67	m <sup>2</sup>	7,49	19,98
			Posa in opera di soglia		Assistenza	2	1,00				2,00	m	18,15	2,00
	<b>Totale serramenti</b>	<b>6223,8</b>												

Partizione interna	Partizione interna verticale	PT Parete int/int da 15	pannello in tavole di legno 1		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1	13,80	2,65		0,05	0,69	m <sup>3</sup>	1104,20	761,90				
			isolamento	D.0013.0010.0071	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa morbida, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE CON PANNELLI DI FIBRE DI Canapa trattate con resine termoindurenti	1	8,58	5,50	47,19	0,100	47,19	m <sup>2</sup>	11,50	542,69				
			pannello in tavole di legno 2		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1	13,80	2,65		0,05	0,69	m <sup>3</sup>	1104,20	761,90				
		Parete scala PT, P1, P2	x-lam	A53002 j	Fornitura e posa in opera di parete di X-lam composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate (o collegate tramite spinotti) fra loro. Prima di essere incollate (o collegate con gli spinotti), le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine. Lunghezza 16000 - 30000 mm, larghezza 3000 - 4800 mm, spessore 150 mm	1	4,35	8,35	36,32	0,100	36,32	m <sup>2</sup>	70,00	2542,58				
	Pareti interne verticale, bagni	tinteggiatura			tinteggiatura a due riprese in tinta unica chiara con pittura emulsionata idropittura su superfici interne intonacate a civile o lisciate a stucco, già preparate e isolate. Pittura a base di resine acriliche	4,00				2,00	8,00	m <sup>2</sup>	5,29	42,32				
						Resinatura pareti bagno	Resinatura lavabile per bagni	4,00	0,01		2,00	8,00	m <sup>2</sup>	75,00	600,00			
	Partizione interna inclinata	Porte	Porta interna	D.0013.0006.0241	PORTA INTERNA IN LEGNO MASSELLO DI CASTAGNO A DUE SPECCHIATURE AD ANTA CIECA cm 70- 80x210, avente: montanti e traverse dell'anta eseguiti in massello di Castagno. Cornici ferma pannello in massello ricavate sui montanti e sulle traverse, specchiatura in MDF impiallacciato e incastrato sui montanti e sulle traverse (spessore mm 22). Lati di battuta a zaino ricavati nell'anta. Telaio in listellare impiallacciato con apposite scanalature per l'aletta delle mostre e guarnizione antirumore della sezione di mm 105x40. Mostre in listellare impiallacciato con aletta ad incastro sul telaio della sezione di mm 70x10 circa. Cerniere tipo anuba in acciaio ottonato. Chiusura con serratura tipo patent e comando con maniglia in ottone lucido. Verniciatura al poliuretano trasparente o colorato con nitura opaca previa carteggiatura. La misura della porta riferita alla luce netta di passaggio. Data in opera completa di controtelaio in abete da usare alle murature con zanche in acciaio zincato, compreso le opere murarie e la registrazione dell'in sso.	2	0,80	2,10	1,68		2,00	cad	1290,39	2580,78				
						Scala	Scala interna in legno		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala, larghezza 0,70m, profondità 0,25 m, spessore 4 cm	18	0,70	0,25		0,04	0,50	m <sup>3</sup>	1304,27	657,35
									Posa in opera di pedate. Capo-squadra, operaio specializzato, operaio comune	18	0,20				3,60	h	72,35	260,46
									Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di alzata scala, larghezza 0,70m, profondità 0,17 m, spessore 4 cm	17	0,70	0,17		0,04	0,48	m <sup>3</sup>	1304,27	620,83
					Posa in opera di alzate, compresi gli attrezzi, ed il materiale necessario per l'ancoraggio al muro. Capo-squadra, operaio specializzato, operaio comune	17	0,20				3,40	h	72,35	245,99				
	Impianti	Riscaldamento	Impianto di riscaldamento autonomo (app.A)	Impianto di riscaldamento autonomo	Caldaia a condensazione con produzione combinata di tipo "C" a tiraggio forzato, con pannelli radianti a pavimento già installati cronotermostato digitale con regolazione della temperatura su due livelli e programmazione settimanale	1			60,00		60,00	n	58,00	3480,00				
			Assistenza muraria per riscaldamento (app. A)	Impianto di riscaldamento autonomo	Assistenza muraria	1					5,00	%	0,50	1740,00				
Impianto idrico sanitario		Impianto idrico sanitario, tubi	Tubazione in polietilene per condotte di scarico	Tubazione in polietilene alta densità duro per condotte di scarico verticale diametro 110	5	13,00				65,00	m	4,32	280,80					
			Tubazione in polietilene per condotte di scarico	Tubazione in polietilene alta densità duro per condotte di scarico orizzontale diametro 160	7	10,00				70,00	m	10,33	723,10					
		Impianto idrico sanitario Bagno PT	Impianto tipo "A" signorile	Rete generale di distribuzione con tubazione in acciaio zincato, colonne montanti complete di saracinesche per bagni comprensivi di vaso, bidet, lavabo e vasca e cucine con lavello, prese per lavastoviglie e prese per caldaia esterna. Lavabo, Bidet, vaso da bagno, vasca, finiture varie come da disegni in allegato.	1					1,00	n	4500,00	4500,00					
Impianto elettrico		Impianto elettrico	Tubazioni, cavi, comandi e prese	Dato di massima per impianto valutato sulla volumetria vuoto per pieno di abitazioni semisignorili	1			20,00	10,00	200,00	m <sup>3</sup>	10,00	2000,00					

		Assistenza muraria per impianto elettrico	Assistenza muraria per impianto elettrico		Assistenze murarie per l'installazione di impianto elettrico, esclusa la manovalanza in aiuto ai montatori, in percentuale media sul prezzo dell'impianto	1					1,00	%	0,50	1000,00
Impianto di smaltimento liquidi	Reti di scarico acque meteoriche	Gronde	D.0013.0012.0003	CANALE DI GRONDA IN LAMIERA ZINCATA 10x10 cm, spessore 0,8 mm, a sezione rettangolare o semicircolare dello sviluppo di cm 50, dato in opera completo di testate, angoli, bocchelli di innesto al pluviale, sta e etc e compresi tagli, sfridi, tasselli, sigillanti etc	2	6,6				13,20	m	30,04	396,528	
		Scossaline		Fornitura in opera di scossaline per falde normali di tetto con giunti a sovrapposizione chiodata a doppia fila con rivetti di acciaio e saldatura a stagno; in lastra di acciaio zincato 8/10 mm, sviluppo 40 cm. Compresa posa in opera, esclusa assistenza	2	6,6				13,20	m	22,98	303,34	
		Assistenza muraria		Assistenza muraria alla posa in opera di canali, converse, scossaline in lastre di rame o acciaio zincato	7,2 Kg/ m <sup>2</sup>					501,81	kg	1,45	727,63	
		Tubi pluviali		Fornitura in opera di tubi pluviali aggraffati compresi braccioli di sostegno per colonne normali con esclusione dei pezzi speciali e della posa in opera dei braccioli da murare, esclusa assistenza muraria alla posa in opera; in lastra di acciaio zincato di spessore 6/10 mm		11,9				11,90	m	31,08	369,85	
		Assistenza muraria		Assistenza muraria alla posa in opera di pluviali in lastre di rame	1,38kg/m					16,42	kg	1,45	23,81	
		Impianto di smaltimento aeriformi	Reti di canalizzazioni riscaldamento	Canna fumaria		Canna fumaria prefabbricata per impianti canalizzati a sezione quadrata costituita da elementi in cls alleggerito e camicia interna in materiale refrattario diametro cm 30.	1			11,00	11,00	m	127,82	1406,02
		Comignolo e piastra		Comignolo per canne fumarie in cls composto da tre anelli compreso di piastra di sottocomignolo in acciaio inox raccogli condensa e piastra cornice in cls	1				1,00	n.	127,05	127,05		
Impianto antincendio	Estintori a polvere	Estintore	A.0050.0005.0005	Estintore portatile a polvere per classi di fuoco A (combustibili solidi), B (combustibili liquidi), C (combustibili gassosi), di tipo omologato secondo la normativa vigente, completo di supporto metallico per appoggio a muro, manichetta con ugello, manometro ed ogni altro accessorio necessario all'installazione e funzionamento. Estintore Kg 12 classe 55A 233BC. Fornito in conformità alla vigente normativa di prevenzione incendi e corredato dalle previste certificazioni ed omologazioni	3				3,00	cad	98,00	294,00		
				Installazione estintori e trasporto	1				1,00	%	0,05	14,70		
<b>Totale impianti</b>	<b>17386,8</b>													
<b>Tot.</b>													<b>82139,4</b>	

W.B.S.					C.M.E.									
Livello 1	Livello 2	Livello 3			Livello 5	PARTI UGUALI	LUNGH. (m)	LARGH. (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	ALT / SPES (m)	TOT.	U.M.	PREZZO UNITARIO (euro/U.M.)	PREZZO TOTALE (euro)
Classi di unità tecnologiche	Unità Tecnologiche	Classi di elementi tecnici	El. Tec. /Lavorazioni /Strato	Cod.Preziario	Voce di lavoro									
Allestimento cantiere	Logistica	Recinzione di cantiere permeabile	Recinzione di cantiere permeabile		recinzione di cantiere di tipo permeabile saettata, realizzata con struttura metallica (tondini) più rete elettrosaldata (maglia 10x 10 cm) e rete arancione maglia ( 8,5 x 3 cm) resistente agli agenti atmosferici, con potere schermante e resistenza a trazione di 1600 Kg/m		47,00			2	94,00	m	6,61	621,34
		Cancello d'ingresso	Cancello d'ingresso		cancello carrabile (8 m) e cancello pedonale (0,9 m) realizzati con struttura in legno, più rete elettrosaldata (maglia 10x 10 cm) e rete arancione maglia ( 8,5 x 3 cm) resistente agli agenti atmosferici, con potere schermante e resistenza a trazione di 1600 Kg/m, provvisti di sistemi di chiusura.		8,90				8,90	m	1,72	15,308
	Opere provvisoriale	Ponteggio	Ponteggio verticale su 4 pareti	D.0013.0001.0005	Nolo mensile (o per frazione di mese) di ponteggio metallico sso a montanti e traversi prefabbricati passo m 1,80 o m 2,50 realizzato in acciaio S235JR e S355JR zincato a caldo diam. 48 mm, sp. 3,2 mm. Incluso nolo, trasporto, scarico, movimentazione in cantiere, montaggio, smontaggio e carico con trasporto ad opera ultimata. Completo di predisposizione di piani di lavoro in legno o metallici, tavole fermapiede, mantovana parasassi, teli di protezione in HPDE, scale di collegamento tra i piani di lavoro, correnti, diagonali, basette, ancoraggi, travi per varchi. Compresi tutti gli accessori necessari per realizzare il ponteggio nel rispetto delle normative vigenti, in conformità a alle autorizzazioni ministeriali rilasciate per l'impiego. Realizzato secondo D.P.R. 547/1955 e D.P.R. 164/1956 e succ. mod, in conformità a D.M. 115/1990. Il tutto valutato secondo lo sviluppo del ponteggio in proiezione verticale di facciata. Incluso ogni onere e magistero per dare l'opera realizzata a perfetta regola d'arte				208		208,00	m <sup>2</sup>	18,6	3868,8
Consolidamento e movimento terra	Scolturamento	Scolturamento	Scolturamento esterni		Scolturamento con accatastamento di terreno di coltura per la profondità di 30 cm, pulizia e vagliatura dello stesso rimessa in sito e livellamento, per parti esterne.				29,90	0,30	8,97	m <sup>3</sup>	3,62	32,47
	Scavi	Scavo a sezione ristretta perimetrale	Scavo a sezione ristretta ed obbligata per consolidamento fondazioni (esterni)	D.0001.0002.0022	SCAVO A SEZIONE RISTRETTA E OBBLIGATA per fondazioni di opere d'arte di qualsiasi tipo e importanza o simili, no a m 2.00 di profondità a dal piano campagna o dal piano di sbancamento, in terreni di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza d'acqua, compreso l'onere per eventuali piste di accesso; eseguito con qualsiasi mezzo meccanico; compreso le necessarie sbadacchiature ed armature; escluso l'armatura a cassa chiusa da compensare a parte; compreso lo spianamento del fondo, il sollevamento del materiale di scavo, il deposito lateralmente allo scavo oppure il carico su automezzo; escluso il rinterro ed il trasporto a deposito o a discarica; valutato per il volume teorico previsto od ordinato in rocce tenere di media consistenza con resistenza allo schiacciamento inferiore a 120 kg/cmq				39,90	1,50	59,85	m <sup>3</sup>	14,95	894,76
									39,90	1,00	39,90	m <sup>3</sup>	16,15	644,39
	Scavo per vespajo interno			D.0012.0002.0014	Scavo a sezione obbligata eseguito con ausilio di mezzi meccanici, IN ZONA MOLTO RISTRETTA nell'impossibilità di formazione di depositi provvisori del materiale di risulta sino ad una profondità a di 1,5 m: in terreni con roccia tenera con resistenza allo schiacciamento inferiore a 120 Kg/cmq	1	8,00		2,90		23,20	m <sup>3</sup>	51,36	1191,55
	Reinterro	Reinterro esterni	Reinterro esterni fino al dado di fondazione		Rinterro con materiale di risulta proveniente dagli scavi precedentemente eseguiti nell'ambito del cantiere, eseguito con l'ausilio di mezzi meccanici di piccole dimensioni, escluso l'avvicinamento dei materiali ma compresa la compattazione a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote del terreno preesistente ed il costipamento prescritto.						59,85	m <sup>3</sup>	4,73	283,09

			Completamento reinterro		Formazione di rilevati o riempimenti di cavi, buche compresi lo spandimento in opera, la compattazione a strati orizzontali nonchè la profilatura ed incigliatura delle scarpate con materie idonee di qualsiasi provenienza estranee al cantiere.	2	6,60	1,50		3,00	39,90	m <sup>3</sup>	11,99	478,40	
		Reinterro interni	Reinterro esterni fino al dado di fondazione		precedentemente eseguiti nell'ambito del cantiere, eseguito con l'ausilio di mezzi meccanici di piccole dimensioni, escluso l'avvicinamento dei materiali ma compresa la compattazione a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote						23,20	m <sup>3</sup>	4,73	109,74	
			Completamento reinterro		Formazione di rilevati o riempimenti di cavi, buche compresi lo spandimento in opera, la compattazione a strati orizzontali nonchè la profilatura ed incigliatura delle scarpate con materie idonee di qualsiasi provenienza estranee al cantiere.						11,60	m <sup>3</sup>	11,99	139,08	
Struttura portante	Consolidamento Struttura di fondazione	Cordoli in c.a. esterni lato ovest	magrone	D.0004.0001.0001	CALCESTRUZZO PER OPERE NON STRUTTURALI, MAGRONI DI SOTTOFONDAZIONE, MASSETTI A TERRA O SU VESPAIO, PLATEE, RINFIANCO E RIVESTIMENTO DI TUBAZIONI, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Escluse carpenterie ed eventuali armature metalliche; con RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 5 N/mm2 a norma UNI EN 206-1 e Linee GuidaConsiglio Sup. LLPP	1	11,00		0,10	0,05	1,10	m <sup>3</sup>	127,63	140,39	
			calcestruzzo	D.0004.0001.0013	Calcestruzzo a durabilit a garantita per opere strutturali in fondazione o in elevazione, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Gettato entro apposite casseforme da compensarsi a parte, compresa la vibratura e l'innamento dei getti ed escluse le armature metalliche; avente RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 45 N/mm2 e classe di esposizione XC1 - XC2 norma UNI EN 206-1.	1	11,00		0,10	0,10	1,10	m <sup>3</sup>	127,63	140,39	
			ferro per armatura		Fornitura, lavorazione e posa di tondo di qualsiasi diametro per lavori di cemento armato compreso l'onere delle piegature, le legature le eventuali saldature per giunzioni, i distanziatori, lo sfrido, ecc. Barre aderenza migliorata qualità FeB44K controllato stabilimento	1						33,00	Kg	0,91	30,03
			magrone	D.0004.0001.0001	CALCESTRUZZO PER OPERE NON STRUTTURALI, MAGRONI DI SOTTOFONDAZIONE, MASSETTI A TERRA O SU VESPAIO, PLATEE, RINFIANCO E RIVESTIMENTO DI TUBAZIONI, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Escluse carpenterie ed eventuali armature metalliche; con RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 5 N/mm2 a norma UNI EN 206-1 e Linee GuidaConsiglio Sup. LLPP	1	5,50		0,17	0,05	0,94	m <sup>3</sup>	127,63	119,33	
		Cordoli in c.a. esterni lato nord	calcestruzzo	D.0004.0001.0013	Calcestruzzo a durabilit a garantita per opere strutturali in fondazione o in elevazione, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Gettato entro apposite casseforme da compensarsi a parte, compresa la vibratura e l'innamento dei getti ed escluse le armature metalliche; avente RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 45 N/mm2 e classe di esposizione XC1 - XC2 norma UNI EN 206-1.	1	5,50		0,17	0,10	0,94	m <sup>3</sup>	127,63	119,33	
			ferro per armatura		Fornitura, lavorazione e posa di tondo di qualsiasi diametro per lavori di cemento armato compreso l'onere delle piegature, le legature le eventuali saldature per giunzioni, i distanziatori, lo sfrido, ecc. Barre aderenza migliorata qualità FeB44K controllato stabilimento	1						28,05	Kg	0,91	25,53

	Cordoli in c.a. esterni lato sud	magrone	D.0004.0001.0001	CALCESTRUZZO PER OPERE NON STRUTTURALI, MAGRONI DI SOTTOFONDAZIONE, MASSETTI A TERRA O SU VESPAIO, PLATEE, RINFIANCO E RIVESTIMENTO DI TUBAZIONI, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Escluse carpenterie ed eventuali armature metalliche; con RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 5 N/mm2 a norma UNI EN 206-1 e Linee GuidaConsiglio Sup. LLPP	1	5,50		0,08	0,05	0,44	m <sup>3</sup>	127,63	56,16
		calcestruzzo	D.0004.0001.0013	Calcestruzzo a durabilit a garantita per opere strutturali in fondazione o in elevazione, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Gettato entro apposite casseforme da compensarsi a parte, compresa la vibratura e l'innamento dei getti ed escluse le armature metalliche; avente RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 45 N/mm2 e classe di esposizione XC1 - XC2 norma UNI EN 206-1.	1	5,50		0,08	0,10	0,44	m <sup>3</sup>	127,63	56,16
		ferro per armatura		Fornitura, lavorazione e posa di tondo di qualsiasi diametro per lavori di cemento armato compreso l'onere delle piegature, le legature le eventuali saldature per giunzioni, i distanziatori, lo sfrido, ecc. Barre aderenza migliorata qualit FeB44K controllato stabilimento	1					13,20	Kg	0,91	12,01
	Cordoli in c.a. interni	magrone	D.0004.0001.0001	CALCESTRUZZO PER OPERE NON STRUTTURALI, MAGRONI DI SOTTOFONDAZIONE, MASSETTI A TERRA O SU VESPAIO, PLATEE, RINFIANCO E RIVESTIMENTO DI TUBAZIONI, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Escluse carpenterie ed eventuali armature metalliche; con RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 5 N/mm2 a norma UNI EN 206-1 e Linee GuidaConsiglio Sup. LLPP	1	8,00		0,40	0,05	3,20	m <sup>3</sup>	127,63	408,42
		calcestruzzo	D.0004.0001.0013	Calcestruzzo a durabilit a garantita per opere strutturali in fondazione o in elevazione, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Gettato entro apposite casseforme da compensarsi a parte, compresa la vibratura e l'innamento dei getti ed escluse le armature metalliche; avente RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 45 N/mm2 e classe di esposizione XC1 - XC2 norma UNI EN 206-1.	1	8,00		0,40	0,15	3,20	m <sup>3</sup>	127,63	408,42
		ferro per armatura		Fornitura, lavorazione e posa di tondo di qualsiasi diametro per lavori di cemento armato compreso l'onere delle piegature, le legature le eventuali saldature per giunzioni, i distanziatori, lo sfrido, ecc. Barre aderenza migliorata qualit FeB44K controllato stabilimento	1					96,00	Kg	0,91	87,36
	Nuova struttura di fondazione diretta	magrone	D.0004.0001.0001	CALCESTRUZZO PER OPERE NON STRUTTURALI, MAGRONI DI SOTTOFONDAZIONE, MASSETTI A TERRA O SU VESPAIO, PLATEE, RINFIANCO E RIVESTIMENTO DI TUBAZIONI, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit a massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Escluse carpenterie ed eventuali armature metalliche; con RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 5 N/mm2 a norma UNI EN 206-1 e Linee GuidaConsiglio Sup. LLPP	1			5,50	0,05	0,28	m <sup>3</sup>	127,63	35,10

			calcestruzzo	D.0004.0001.0013	Calcestruzzo a durabilit� garantita per opere strutturali in fondazione o in elevazione, avente CLASSE DI CONSISTENZA S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm (Dmax 31,5), confezionato con cemento 32,5 e fornito in opera con autobetoniera senza l'impiego di pompe o gru no ad una profondit� massima di m 3,00 se entro terra o no all'altezza di m 0,50 se fuori terra. Gettato entro apposite casseforme da compensarsi a parte, compresa la vibratura e l'innamento dei getti ed escluse le armature metalliche; avente RESISTENZA CARATTERISTICA RCK pari a 45 N/mm2 e classe di esposizione XC1 - XC2 norma UNI EN 206-1.	1			3,50	0,50	1,75	m <sup>3</sup>	127,63	223,35
			ferro per armatura		Fornitura, lavorazione e posa di tondo di qualsiasi diametro per lavori di cemento armato compreso l'onere delle piegature, le legature le eventuali saldature per giunzioni, i distanziatori, lo sfrido, ecc. Barre aderenza migliorata qualit� FeB44K controllato stabilimento	1					52,50	Kg	0,91	47,78
Consolidamento pareti	Pareti controterra	Getto controparete 1			fornitura, lavorazione, posa di tondo per cemento armato compreso sfrido e legature; a) barre ad aderenza migliorata qualit� Fe B44k.	1					13,04	Kg	0,97	12,65
					calcestruzzo in opera, per opere di cemento armato, travi, pilasti solette, vani scala e ascensore, con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di Rck>300 Kg/cm2. Compresa la cassaratura	1	2,35		1,500		3,53	m <sup>3</sup>	190,00	669,75
					fornitura, lavorazione, posa di tondo per cemento armato compreso sfrido e legature; a) barre ad aderenza migliorata qualit� Fe B44k.	1					2,10	Kg	0,97	2,03
					calcestruzzo in opera, per opere di cemento armato, travi, pilasti solette, vani scala e ascensore, con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di Rck>300 Kg/cm2. Compresa la cassaratura	1	2,10		0,270		0,57	m <sup>3</sup>	190,00	107,73
Nuove pareti	Muro verticale	Muro verticale			fornitura, lavorazione, posa di tondo per cemento armato compreso sfrido e legature; a) barre ad aderenza migliorata qualit� Fe B44k.	1					10,57	Kg	0,97	10,25
					calcestruzzo in opera, per opere di cemento armato, travi, pilasti solette, vani scala e ascensore, con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di Rck>300 Kg/cm2. Compresa la cassaratura	1			3,360	0,85	2,86	m <sup>3</sup>	190,00	542,64
	Parete verticale controterra	Muro verticale			fornitura, lavorazione, posa di tondo per cemento armato compreso sfrido e legature; a) barre ad aderenza migliorata qualit� Fe B44k.	1					19,85	Kg	0,97	19,25
					calcestruzzo in opera, per opere di cemento armato, travi, pilasti solette, vani scala e ascensore, con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di Rck>300 Kg/cm2. Compresa la cassaratura	1			21,460	0,25	5,37	m <sup>3</sup>	190,00	1019,35
	Setto in c.a. vano scala	Setto in c.a. v.s. 1			(P1999) A 1.4.110.c casseforme per getti in calcestruzzo, compreso disarmo per travi, pilastri, setti in c.a., solette piene, piattabande.	1			2,22	0,25	0,56	m <sup>2</sup>	28,82	16,00
					(P1999) A 1.4.105.a fornitura, lavorazione, posa di tondo per cemento armato compreso sfrido e legature; a) barre ad aderenza migliorata qualit� Fe B44k.	1					2,05	Kg	0,97	1,99
					(P1999) A 1.4.80.c calcestruzzo in opera, per opere di cemento armato, travi, pilasti solette, vani scala e ascensore, con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di Rck>250 Kg/cm2.	1			2,22	0,25	0,56	m <sup>3</sup>	127,56	70,80
	Struttura di elevazioni inclinate (gradini scale)	Cassaratura			(P2001) A 1.4.110.d casseformi per getti in calcestruzzo, compreso disarmo per rampe di scale.	16	0,17	0,30	0,05	1,00	0,82	m <sup>2</sup>	31,25	25,50
					(P2001) A 1.4.105.a fornitura, lavorazione, posa di tondo per cemento armato compreso sfrido e legature, a barre ad aderenza migliorata qualit� Fe B44k						4,53	Kg	0,97	4,39
					(P2001) A 1.4.80.c calcestruzzo in opera, per opere di cemento armato, travi, pilasti solette, vani scala e ascensore, con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di Rck>250 Kg/cm2	16	0,17	0,30	0,05	1,50	1,22	m <sup>3</sup>	127,56	156,13
Scala	Struttura di elevazioni inclinate (pianerottolo)	Cassaratura			(P2001) A 1.4.110.d casseformi per getti in calcestruzzo, compreso disarmo per rampe di scale.		2,10		0,37		0,78	m <sup>2</sup>	31,25	24,28
					(P2001) A 1.4.105.a fornitura, lavorazione, posa di tondo per cemento armato compreso sfrido e legature, a barre ad aderenza migliorata qualit� Fe B44k						2,87	Kg	0,97	2,79
					(P2001) A 1.4.80.c calcestruzzo in opera, per opere di cemento armato, travi, pilasti solette, vani scala e ascensore, con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di Rck>250 Kg/cm2		2,10		0,37		0,78	m <sup>3</sup>	127,56	99,11
Cordoli	Pareti fuori terra	Trave perimetrale cordolo di contenimento muratura			TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	1	7,65	0,50		0,20	0,77	m <sup>3</sup>	254,19	194,46
					TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	1	5,50	0,50		0,20	0,55	m <sup>3</sup>	254,19	139,80
					TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	1	7,65	0,50		0,20	0,77	m <sup>3</sup>	254,19	194,46

			Trave perimetrale cordolo di contenimento muratura		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	1	5,50	0,50		0,20	0,55	m <sup>3</sup>	254,19	139,80	
Catene di rinforzo	Rinforzi muri per adeguamento antisismico	Corda in acciaio per solaio (irrigidimento strutturale) Piano primo lato 1	D25014a	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e contro dado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico 160 ± 10KN/mm <sup>2</sup> , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. Costo del primo metro di tirante comprensivo dei capicorda ed accessori, forza di rottura 151 KN.	2	1,00					2,00	cad	317,52	635,04	
			D25014b	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e contro dado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico 160 ± 10KN/mm <sup>2</sup> , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. sovrapprezzo per ogni metro in più di tirante, forza di rottura 151 KN.	2	4,00					8,00	cad	18,96	37,92	
		Corda in acciaio per solaio (irrigidimento strutturale) Piano primo lato 2	D25014a	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e contro dado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico 160 ± 10KN/mm <sup>2</sup> , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. Costo del primo metro di tirante comprensivo dei capicorda ed accessori, forza di rottura 151 KN.	2	1,00						2,00	cad	317,52	635,04
			D25014b	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e contro dado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico 160 ± 10KN/mm <sup>2</sup> , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. sovrapprezzo per ogni metro in più di tirante, forza di rottura 151 KN.	2	3,25					6,50	cad	18,96	37,92	
		Corda in acciaio per solaio (irrigidimento strutturale) Piano primo lato 3	D25014a	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e contro dado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico 160 ± 10KN/mm <sup>2</sup> , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. Costo del primo metro di tirante comprensivo dei capicorda ed accessori, forza di rottura 151 KN.	2	1,00						2,00	cad	317,52	635,04
			D25014b	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e contro dado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico 160 ± 10KN/mm <sup>2</sup> , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. sovrapprezzo per ogni metro in più di tirante, forza di rottura 151 KN.	2	5,00					10,00	cad	18,96	37,92	

			Corda in acciaio per solaio (irrigidimento strutturale) Piano secondo lato 1	D25014a	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e controdado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico $160 \pm 10\text{KN/mm}^2$ , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. Costo del primo metro di tirante comprensivo dei capicorda ed accessori, forza di rottura 151 KN.	2	1,00				2,00	cad	317,52	635,04
				D25014b	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e controdado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico $160 \pm 10\text{KN/mm}^2$ , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. sovrapprezzo per ogni metro in più di tirante, forza di rottura 151 KN.	2	4,00				8,00	cad	18,96	37,92
			Corda in acciaio per solaio (irrigidimento strutturale) Piano secondo lato 2	D25014a	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e controdado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico $160 \pm 10\text{KN/mm}^2$ , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. Costo del primo metro di tirante comprensivo dei capicorda ed accessori, forza di rottura 151 KN.	2	1,00				2,00	cad	317,52	635,04
				D25014b	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e controdado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico $160 \pm 10\text{KN/mm}^2$ , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. sovrapprezzo per ogni metro in più di tirante, forza di rottura 151 KN.	2	3,25				6,50	cad	18,96	37,92
			Corda in acciaio per solaio (irrigidimento strutturale) Piano secondo lato 3	D25014a	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e controdado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico $160 \pm 10\text{KN/mm}^2$ , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. Costo del primo metro di tirante comprensivo dei capicorda ed accessori, forza di rottura 151 KN.	2	1,00				2,00	cad	317,52	635,04
				D25014b	Tirante di consolidamento in fune d'acciaio zincato per impieghi strutturali conforme alla norma EN 12385 classe A, compreso di capicorda alle estremità in acciaio zincato a caldo con barre filettate in acciaio legato bonificato, deidrogenate e complete di dado e controdado, piastre di testa 300 x 300 mm, modulo elastico $160 \pm 10\text{KN/mm}^2$ , in opera inclusi pezzi speciali e murature di ancoraggio, esclusi gli oneri relativi al taglio delle murature per la sede degli elementi in oggetto. sovrapprezzo per ogni metro in più di tirante, forza di rottura 151 KN.	2	5,00				10,00	cad	18,96	37,92
	Iniezioni di rinforso	Iniezioni in c.a. per consolidamento muro	iniezioni parete ovest (30% del muro)	D25028	Rigenerazione delle malte degradate dei nuclei murari, sia verticali che orizzontali, mediante esecuzione di fori del diametro di 8 / 10 mm e della lunghezza massima di 60 cm e successiva iniezione di malta idraulica premiscelata composta da leganti idraulici ad alta resistenza meccanica e a basso contenuto di sali solubili, quarzi solubili, quarzi finissimi, pozzolana, additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Valutata a foro di iniezione	286,2		0,60	14,31		286,20	cad	10,19	2916,38

			iniezioni parete nord (30% del muro)	D25028	Rigenerazione delle malte degradate dei nuclei murari, sia verticali che orizzontali, mediante esecuzione di fori del diametro di 8 / 10 mm e della lunghezza massima di 60 cm e successiva iniezione di malta idraulica premiscelata composta da leganti idraulici ad alta resistenza meccanica e a basso contenuto di sali solubili, quarzi solubili, quarzi finissimi, pozzolana, additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Valutata a foro di iniezione	276		0,60	13,80		276,00	cad	10,19	2812,44
			iniezioni parete sud (30% del muro)	D25028	Rigenerazione delle malte degradate dei nuclei murari, sia verticali che orizzontali, mediante esecuzione di fori del diametro di 8 / 10 mm e della lunghezza massima di 60 cm e successiva iniezione di malta idraulica premiscelata composta da leganti idraulici ad alta resistenza meccanica e a basso contenuto di sali solubili, quarzi solubili, quarzi finissimi, pozzolana, additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Valutata a foro di iniezione	360		0,60	18,00		360,00	cad	10,19	3668,40
			iniezioni parete est (30% del muro)	D25028	Rigenerazione delle malte degradate dei nuclei murari, sia verticali che orizzontali, mediante esecuzione di fori del diametro di 8 / 10 mm e della lunghezza massima di 60 cm e successiva iniezione di malta idraulica premiscelata composta da leganti idraulici ad alta resistenza meccanica e a basso contenuto di sali solubili, quarzi solubili, quarzi finissimi, pozzolana, additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Valutata a foro di iniezione	276		0,60	13,80		276,00	cad	10,19	2812,44
			iniezioni muro interno (30% del muro)	D25028	Rigenerazione delle malte degradate dei nuclei murari, sia verticali che orizzontali, mediante esecuzione di fori del diametro di 8 / 10 mm e della lunghezza massima di 60 cm e successiva iniezione di malta idraulica premiscelata composta da leganti idraulici ad alta resistenza meccanica e a basso contenuto di sali solubili, quarzi solubili, quarzi finissimi, pozzolana, additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Valutata a foro di iniezione	126,18		0,60	6,31		126,18	cad	10,19	1285,77
	Copertura	Struttura portante copertura	Trave principale		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	1	10,00	0,30		0,36	1,08	m <sup>3</sup>	254,19	274,53
			Trave secondaria longitudinale		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	13	4,10	0,20		0,28	2,98	m <sup>3</sup>	254,19	9863,18
			Trave secondaria trasversale		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	7	2,70	0,20		0,28	1,06	m <sup>3</sup>	254,19	1883,24
Chiusure orizzontali e verticali	Chiusure orizzontali	Solaio a terra areato	magrone	(P2002) A.4.020.005.02	Conglomerato cementizio per opere di sottofondazione, fondazione, ed elevazione non armate, con granulometria di inerti approvata dalla D.L., gettato in opera con o senza l'ausilio di casseri, questi compensati a parte. Kg. 200 di cemento tipo 32,5 per sottofondazione	1			24,55	0,10	2,46	m <sup>3</sup>	37,08	91,03
			Vespaio in Igloo	A45007d	Vespaio areato realizzato con casseri modulari a perdere in polipropilene riciclati autoportanti, impermeabili, posti in opera a secco su adeguato sottofondo di magrone da conteggiare a parte compresi il conglomerato cementizio C25/30 (Rck 35 N/mm <sup>2</sup> ) per il riempimento tra i casseri e la sovrastante soletta di almeno 4 cm e l'armatura costituita da rete elettrosaldata diametro 6 mm, maglia 200x200 mm - base quadrata, delle dimensioni di 50 x 50 cm, altezza 40 cm	1			24,55		24,55	m <sup>2</sup>	36,17	887,97
			massetto armato sopra igloo		esecuzione massetto armato con rete (pavimento in battuto di cemento, gettato in opera, formato da uno strato di cm 8 di calcestruzzo cementizio a q.l 250/32.5, cappa superiore in malta cementizia q.l 5/32.5 compreso l'onere per la formazione di giunti p.v.c delle dimensioni richieste, spolvero di cemento tipo 32.5 con perfetta lisciatura delle superfici e bocciardatura	1			24,55	0,08	24,55	m <sup>2</sup>	25,00	613,75
			Massetto a secco	B.0007.0001.0001	Fornitura e posa in opera di Massetto a secco in sabbia finissima	1			24,55	0,06	1,47	m <sup>3</sup>	87,55	128,96
			Isolamento	A83012b	fornitura e posa in opera di pannelli di isolante rigido idrofobizzato tipo lana di roccia, densità circa 100 kg/mc	2			24,55	0,03	49,10	m <sup>2</sup>	5,38	264,16
			Pannello presagomato	A83012b	Pannello presagomato in fibra di legno, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..	1			24,55	0,03	24,55	m <sup>2</sup>	5,38	132,08
			Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm	1			24,55		24,55	m <sup>2</sup>	8,15	200,08
			Pavimento in listoni di betulla	B23051 a	Listoni prefiniti con superficie preverniciata, composti da uno strato superiore in legno nobile di spessore 4 mm e supporto in multistrato di betulla con profili maschiati, spessore 9 mm, lunghezza 350 - 600 mm, larghezza 70 mm.	1			24,55	0,015	24,55	m <sup>2</sup>	79,89	1961,30

	Solaio piano primo (volterraneo)	Smontaggio pavimento e massetto esistente	D15030	Demolizione di pavimento in conglomerato con leganti e inerti locali, battuto, tipo cocciopesto alla romana, acciottolato, pavimento alla veneziana a simili, compreso il sottofondo dello spessore fino a 5 cm e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio dei materiali di risulta					15,55	0,06	15,55	m <sup>2</sup>	70,00	1088,50
		Connettori in acciaio	D25011	Connessione con corda in fibra di acciaio unidirezionale ad elevato modulo elastico per riparazione, rinforzo o adeguamento statico di strutture in c.a., murature, solaio o tufo, mediante le seguenti operazioni: diametro 12 mm	102						102,00	cad	33,89	3456,78
		Massetto		Massetto in calce canapulo. Esecuzione massetto armato con rete(pavimento inbattuto di cemento, gettato in opera, formato da uno strato di cm 8 di calcestruzzo cementizio a q.l 250/32.5, cappa superiore in malta cementizia q.l 5/32.5 compreso l'onere per la formazione di giunti p.v.c delle dimensioni richieste,spolvero di cemento tipo 32.5 con perfetta lisciatura delle superfici e bocciardatura	1				15,55	0,08	15,55	m <sup>2</sup>	25,00	388,75
		Massetto di sottofondo in c.a.	(P2001) A.1.3.800	Malta di cemento 32.5: sabbia di cemento vagliata e 300 Kg di cemento per m <sup>3</sup> di impasto					15,55	0,06	0,93	m <sup>3</sup>	81,34	75,89
		Pannello presagomato	A83012b	Fornitura e posa in opera di Pannello presagomato in fibra di legno, idrofobizzato,per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..	1				15,55	0,02	15,55	m <sup>2</sup>	25,38	394,66
		Massetto a secco di alleggerimento	B.0007.0001.0001	Fornitura e posa in opera di Massetto a secco in sabbia finissima	1				17,10	0,04	0,68	m <sup>3</sup>	87,55	59,88
		Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm	1				17,10		17,10	m <sup>2</sup>	8,15	139,37
		Pavimento in listoni di betulla	B23051 a	Listoni prefiniti con superficie preverniciata, composti da uno starto superiore in legno nobile di spessore 4 mm e supporto in multistrato di betulla con profili maschiati, spessore 9 mm, lunghezza 350 - 600 mm, larghezza 70 mm.	1				17,10	0,14	17,10	m <sup>2</sup>	79,89	1366,12
		Solaio piano primo (lignatur)	Soletta su piano primo		Fornitura e posa in opera di Solaio piano costituito da blocchi tipo lignatur (pannello isolante+ pannello)	1				8,55	0,14	8,55	m <sup>2</sup>	107,00
	Pannello presagomato		A83012b	Fornitura e posa in opera di Pannello presagomato in fibra di legno, idrofobizzato,per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..	1				8,55	0,03	8,55	m <sup>2</sup>	25,38	217,00
	Massetto a secco di alleggerimento		B.0007.0001.0001	Fornitura e posa in opera di Massetto a secco in sabbia finissima	1				8,55	0,035	0,30	m <sup>3</sup>	87,55	26,20
	Impermeabilizzazione		A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm	1				8,55		8,55	m <sup>2</sup>	8,15	69,68
	Pavimento in listoni di betulla		B23051 a	Listoni prefiniti con superficie preverniciata, composti da uno starto superiore in legno nobile di spessore 4 mm e supporto in multistrato di betulla con profili maschiati, spessore 9 mm, lunghezza 350 - 600 mm, larghezza 70 mm.	1				8,55	0,14	8,55	m <sup>2</sup>	79,89	683,06
	Solaio piano secondo (lignatur)	Soletta su piano secondo		Fornitura e posa in opera di Solaio piano costituito da blocchi tipo lignatur (pannello isolante+ pannello).	1				26,30	0,14	26,30	m <sup>2</sup>	107,00	2814,10
		Pannello presagomato	A83012b	Fornitura e posa in opera di Pannello presagomato in fibra di legno, idrofobizzato,per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..	1				26,30	0,03	26,30	m <sup>2</sup>	25,38	667,49
		Massetto a secco di alleggerimento	B.0007.0001.0001	Fornitura e posa in opera di Massetto a secco in sabbia finissima	1				26,30	0,035	0,92	m <sup>3</sup>	87,55	80,59
		Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm	1				26,30		26,30	m <sup>2</sup>	8,15	214,35
		Pavimento in listoni di betulla	B23051 a	Listoni prefiniti con superficie preverniciata, composti da uno starto superiore in legno nobile di spessore 4 mm e supporto in multistrato di betulla con profili maschiati, spessore 9 mm, lunghezza 350 - 600 mm, larghezza 70 mm.	1				26,30	0,14	26,30	m <sup>2</sup>	79,89	2101,11
	Copertura (lato ovest)	Soletta di copertura		Fornitura e posa in opera di Solaio inclinato costituito da blocchi tipo lignatur (pannello isolante+ pannello). Singolo blocco di dimensioni 0,20 x 0,40 m.	36	2,35				0,14	36,00	cad	4,28	154,08
		Pannello isolante rigido disposto tra i lignatur		Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. In FIBRE DI Canapa trattate con resine termoindurenti resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del fissaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 15 mm	12	2,35	0,60	1,41	0,120	16,92	m <sup>2</sup>	55,00	930,60	
		Pannello isolante rigido disposto sopra i lignatur		Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. In FIBRE DI Canapa trattate con resine termoindurenti resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del fissaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 15 mm	1	2,35	10,00	23,50	0,020	23,50	m <sup>2</sup>	20,00	470,00	
		Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm		2,35	10,00	23,50		23,50	m <sup>2</sup>	8,15	191,53	
		Travetti inferiori esterni	B.0012.0001.0002	Travi ABETE SOTTOMISURA mm 25, larghezza variabile 8/16, lunghezza 400cm, in misure a mc	26	10,00	0,05	0,50	0,150	1,95	m <sup>3</sup>	341,73	666,37	

			Coppi di copertura	D.0013.0011.0001	COPERTURA A TETTO CON TEGOLE CURVE (COPPI) in laterizio, poste in opera con malta bastarda su falde a semplice spiovente o a padiglione, compresa la stilatura laterale e frontale, la formazione dei calmi con coppi, i cordoli laterali, lo sfrido, i tagli alle estremit delle falde e per eventuali compluvi ed escluse eventuali lastre metalliche per la formazione di converse e scossaline; misurata per la superficie effettiva delle falde, senza detrazioni dei vuoti per canne fumarie, lucernari o parti sporgenti di super cie inferiore a mq.1.00		4,22	10,20	43,04		43,04	m <sup>2</sup>	58,35	2511,62
		Copertura (lato est)	Soletta di copertura		Fornitura e posa in opera di Solaio inclinato costituito da blocchi tipo lignatur (pannello isolante+ pannello). Singolo blocco di dimensioni 0,20 x 0,40 m.	42	2,35			0,14	42,00	cad	4,28	179,76
			Pannello isolante rigido disposto tra i lignatur		Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. In FIBRE DI Canapa trattate con resine termoindurenti resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del fissaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto	12	2,35	0,60	1,41	0,120	16,92	m <sup>2</sup>	55,00	930,60
			Pannello isolante rigido disposto sopra i lignatur		Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. In FIBRE DI Canapa trattate con resine termoindurenti resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del fissaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto.	1	2,35	10,00	23,50	0,020	23,50	m <sup>2</sup>	20,00	470,00
			Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm		2,35	10,00	23,50		23,50	m <sup>2</sup>	8,15	191,53
			Travetti inferiori esterni	B.0012.0001.0002	Travi ABETE SOTTOMISURA mm 25, larghezza variabile 8/16, lunghezza 400cm, in misure a mc	26	10,00	0,05	0,50	0,150	1,95	m <sup>3</sup>	341,73	666,37
			Coppi di copertura	D.0013.0011.0001	COPERTURA A TETTO CON TEGOLE CURVE (COPPI) in laterizio, poste in opera con malta bastarda su falde a semplice spiovente o a padiglione, compresa la stilatura laterale e frontale, la formazione dei calmi con coppi, i cordoli laterali, lo sfrido, i tagli alle estremit delle falde e per eventuali compluvi ed escluse eventuali lastre metalliche per la formazione di converse e scossaline; misurata per la superficie effettiva delle falde, senza detrazioni dei vuoti per canne fumarie, lucernari o parti sporgenti di super cie inferiore a mq.1.00		3,05	10,20	31,11		31,11	m <sup>2</sup>	58,35	1815,27
	Chiusura verticale opaca	Parete perimetrale verticale, TIPO 1 (parete ovest)	Rasatura in calce canapulo	B13001	Intonaco prmiscelato tipo calce canapulo, di fondo per interni ed esterni, a base di calce canapulo ad alta traspirabilità e igroscopicità conforme alla norma EN 459-1 ed inerti, per applicazione manuale, reazione al fuoco classe A1. Costituito da un primo strato di rinza o e da un secondo strato della stessa malta, tirato in piano con regolo e frattazzo su predisposte guide, dello spessore complessivo di mm 15, dato in opera a qualsiasi altezza, su super ci piane o curve, compreso il tiro in alto con malta di calce idrata, composta da kg 400 di calce per mc 1.00 di sabbia	2			47,07	0,015	94,14	m <sup>2</sup>	18,11	1704,88
			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			47,07	0,060	47,07	m <sup>2</sup>	18,47	869,38
			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			47,07	0,060	47,07	m <sup>2</sup>	18,47	869,38
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			47,07	0,03	1,18	m <sup>3</sup>	1104,20	1299,37
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			47,07	0,03	1,18	m <sup>3</sup>	1104,20	1299,37
		Parete perimetrale verticale, TIPO 1 (parete nord)	Rasatura in calce canapulo	B13001	Intonaco prmiscelato tipo calce canapulo, di fondo per interni ed esterni, a base di calce canapulo ad alta traspirabilità e igroscopicità conforme alla norma EN 459-1 ed inerti, per applicazione manuale, reazione al fuoco classe A1. Costituito da un primo strato di rinza o e da un secondo strato della stessa malta, tirato in piano con regolo e frattazzo su predisposte guide, dello spessore complessivo di mm 15, dato in opera a qualsiasi altezza, su super ci piane o curve, compreso il tiro in alto con malta di calce idrata, composta da kg 400 di calce per mc 1.00 di sabbia	2			46,00	0,015	92,00	m <sup>2</sup>	18,11	1666,12

			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			46,00	0,060	46,00	m <sup>2</sup>	18,47	849,62
			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			46,00	0,060	46,00	m <sup>2</sup>	18,47	849,62
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			46,00	0,03	1,15	m <sup>3</sup>	1104,20	1269,83
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			46,00	0,03	1,15	m <sup>3</sup>	1104,20	1269,83
		Parete perimetrale verticale, TIPO 1 (parete sud)	Rasatura in calce canapulo	B13001	Intonaco prmiscelato tipo calce canapulo, di fondo per interni ed esterni, a base di calce canapulo ad alta traspirabilità e igroscopicità conforme alla norma EN 459-1 ed inerti, per applicazione manuale, reazione al fuoco classe A1. Costituito da un primo strato di rinza o e da un secondo strato della stessa malta, tirato in piano con regolo e frattazzo su predisposte guide, dello spessore complessivo di mm 15, dato in opera a qualsiasi altezza, su super ci piane o curve, compreso il tiro in alto con malta di calce idrata, composta da kg 400 di calce per mc 1.00 di sabbia	2			60,00	0,015	120,00	m <sup>2</sup>	18,11	2173,20
			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			60,00	0,060	60,00	m <sup>2</sup>	18,47	1108,20
			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			60,00	0,060	60,00	m <sup>2</sup>	18,47	1108,20
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			60,00	0,025	1,50	m <sup>3</sup>	1104,20	1656,30
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			60,00	0,025	1,50	m <sup>3</sup>	1104,20	1656,30
		Parete perimetrale verticale, TIPO 2 (parete est)	Rasatura in calce canapulo	B13001	Intonaco prmiscelato tipo calce canapulo, di fondo per interni ed esterni, a base di calce canapulo ad alta traspirabilità e igroscopicità conforme alla norma EN 459-1 ed inerti, per applicazione manuale, reazione al fuoco classe A1. Costituito da un primo strato di rinza o e da un secondo strato della stessa malta, tirato in piano con regolo e frattazzo su predisposte guide, dello spessore complessivo di mm 15, dato in opera a qualsiasi altezza, su super ci piane o curve, compreso il tiro in alto con malta di calce idrata, composta da kg 400 di calce per mc 1.00 di sabbia	2			46,00	0,015	92,00	m <sup>2</sup>	18,11	1666,12
			Impermeabilizzazione	D.0013.0010.0006	MANTO IMPERMEABILE MONOSTRATO COSTITUITO DA UNA MEMBRANA PREFABBRICATA ELASTOPLASTOMERICA ARMATA IN TESSUTO NON TESSUTO DI POLIESTERE DA FILO CONTINUO, con essibilità a freddo di - 10 C, applicata a amma, previa spalmatura di un primer bituminoso, su idoneo piano di posa, gi predisposto, dato in opera su super ci piane, inclinate o curve, con giunti sovrapposti di 10 cm, compreso il primer, il consumo del combustibile, l'onere dei tagli e delle sovrapposizioni, gli sfridi ed il tiro in alto spessore 6 mm	1			46,00	0,015	46,00	m <sup>2</sup>	19,86	913,56

			iniezioni parete nord (30% del muro)	D25028	Rigenerazione delle malte degradate dei nuclei murari, sia verticali che orizzontali, mediante esecuzione di fori del diametro di 8 / 10 mm e della lunghezza massima di 60 cm e successiva iniezione di malta idraulica premiscelata composta da leganti idraulici ad alta resistenza meccanica e a basso contenuto di sali solubili, quarzi solubili, quarzi finissimi, pozzolana, additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Valutata a foro di iniezione	276		0,60	13,80		276,00	cad	10,19	2812,44
			iniezioni parete sud (30% del muro)	D25028	Rigenerazione delle malte degradate dei nuclei murari, sia verticali che orizzontali, mediante esecuzione di fori del diametro di 8 / 10 mm e della lunghezza massima di 60 cm e successiva iniezione di malta idraulica premiscelata composta da leganti idraulici ad alta resistenza meccanica e a basso contenuto di sali solubili, quarzi solubili, quarzi finissimi, pozzolana, additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Valutata a foro di iniezione	360		0,60	18,00		360,00	cad	10,19	3668,40
			iniezioni parete est (30% del muro)	D25028	Rigenerazione delle malte degradate dei nuclei murari, sia verticali che orizzontali, mediante esecuzione di fori del diametro di 8 / 10 mm e della lunghezza massima di 60 cm e successiva iniezione di malta idraulica premiscelata composta da leganti idraulici ad alta resistenza meccanica e a basso contenuto di sali solubili, quarzi solubili, quarzi finissimi, pozzolana, additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Valutata a foro di iniezione	276		0,60	13,80		276,00	cad	10,19	2812,44
			iniezioni muro interno (30% del muro)	D25028	Rigenerazione delle malte degradate dei nuclei murari, sia verticali che orizzontali, mediante esecuzione di fori del diametro di 8 / 10 mm e della lunghezza massima di 60 cm e successiva iniezione di malta idraulica premiscelata composta da leganti idraulici ad alta resistenza meccanica e a basso contenuto di sali solubili, quarzi solubili, quarzi finissimi, pozzolana, additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Valutata a foro di iniezione	126,18		0,60	6,31		126,18	cad	10,19	1285,77
	Copertura	Struttura portante copertura	Trave principale		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	1	10,00	0,30		0,36	1,08	m <sup>3</sup>	254,19	274,53
			Trave secondaria longitudinale		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	13	4,10	0,20		0,28	2,98	m <sup>3</sup>	254,19	9863,18
			Trave secondaria trasversale		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per il coronamento ed il contenimento della muratura in pietra.	7	2,70	0,20		0,28	1,06	m <sup>3</sup>	254,19	1883,24
Chiusure orizzontali e verticali	Chiusure orizzontali	Solaio a terra areato	magrone	(P2002) A.4.020.005.02	Conglomerato cementizio per opere di sottofondazione, fondazione, ed elevazione non armate, con granulometria di inerti approvata dalla D.L., gettato in opera con o senza l'ausilio di casseri, questi compensati a parte. Kg. 200 di cemento tipo 32,5 per sottofondazione	1			24,55	0,10	2,46	m <sup>3</sup>	37,08	91,03
			Vespaio in Igloo	A45007d	Vespaio areato realizzato con casseri modulari a perdere in polipropilene riciclati autoportanti, impermeabili, posti in opera a secco su adeguato sottofondo di magrone da conteggiare a parte compresi il conglomerato cementizio C25/30 (Rck 35 N/mm <sup>2</sup> ) per il riempimento tra i casseri e la sovrastante soletta di almeno 4 cm e l'armatura costituita da rete elettrosaldata diametro 6 mm, maglia 200x200 mm - base quadrata, delle dimensioni di 50 x 50 cm, altezza 40 cm	1			24,55		24,55	m <sup>2</sup>	36,17	887,97
			massetto armato sopra igloo		esecuzione massetto armato con rete (pavimento in battuto di cemento, gettato in opera, formato da uno strato di cm 8 di calcestruzzo cementizio a q.l 250/32.5, cappa superiore in malta cementizia q.l 5/32.5 compreso l'onere per la formazione di giunti p.v.c delle dimensioni richieste, spolvero di cemento tipo 32.5 con perfetta lisciatura delle superfici e bocciardatura	1			24,55	0,08	24,55	m <sup>2</sup>	25,00	613,75
			Massetto a secco	B.0007.0001.0001	Fornitura e posa in opera di Massetto a secco in sabbia finissima	1			24,55	0,06	1,47	m <sup>3</sup>	87,55	128,96
			isolamento	A83012b	fornitura e posa in opera di pannelli di isolante rigido idrofobizzato tipo lana di roccia, densità circa 100 kg/mc	2			24,55	0,03	49,10	m <sup>2</sup>	5,38	264,16
			Pannello presagomato	A83012b	Pannello presagomato in fibra di legno, idrofobizzato, per la posa sovrastante delle tubazioni per pavilastre..	1			24,55	0,03	24,55	m <sup>2</sup>	5,38	132,08
			Impermeabilizzazione	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per impermeabilizzazioni di coperture a vista. Da 1,2 mm	1			24,55		24,55	m <sup>2</sup>	8,15	200,08
			Pavimento in listoni di betulla	B23051 a	Listoni prefiniti con superficie preverniciata, composti da uno strato superiore in legno nobile di spessore 4 mm e supporto in multistrato di betulla con profili maschiati, spessore 9 mm, lunghezza 350 - 600 mm, larghezza 70 mm.	1			24,55	0,015	24,55	m <sup>2</sup>	79,89	1961,30

			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			6,40	0,060	6,40	m <sup>2</sup>	18,47	118,21
			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			6,40	0,060	6,40	m <sup>2</sup>	18,47	118,21
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			6,40	0,03	0,16	m <sup>3</sup>	1104,20	176,67
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			6,40	0,03	0,16	m <sup>3</sup>	1104,20	176,67
		Parete perimetrale verticale, TIPO 4 (parete sud)	Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm. Doghe.	1			6,40	0,025	0,16	m <sup>3</sup>	1104,20	176,67
			Barriera al vento (carta Kraft)	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per barriera al vento a vista. Da 1,2 mm				6,40		6,40	m <sup>2</sup>	8,15	52,16
			x-lam	A53002 j	Fornitura e posa in opera di parete di X-lam composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate (o collegate tramite spinotti) fra loro. Prima di essere incollate (o collegate con gli spinotti), le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine. Lunghezza 16000 - 30000 mm, larghezza 3000 - 4800 mm, spessore 150 m	1			6,40	0,100	6,40	m <sup>2</sup>	70,00	448,00
			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			6,40	0,060	6,40	m <sup>2</sup>	18,47	118,21
			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			6,40	0,060	6,40	m <sup>2</sup>	18,47	118,21
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			6,40	0,03	0,16	m <sup>3</sup>	1104,20	176,67
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			6,40	0,03	0,16	m <sup>3</sup>	1104,20	176,67
		Parete perimetrale verticale, TIPO 4 (parete est)	Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm. Doghe.	1			5,82	0,025	0,15	m <sup>3</sup>	1104,20	160,66
			Barriera al vento (carta Kraft)	A93007	Manto in carta oleata tipo pvc armato con velo di vetro per barriera al vento a vista. Da 1,2 mm				5,82		5,82	m <sup>2</sup>	8,15	47,43
			x-lam	A53002 j	Fornitura e posa in opera di parete di X-lam composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate (o collegate tramite spinotti) fra loro. Prima di essere incollate (o collegate con gli spinotti), le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine. Lunghezza 16000 - 30000 mm, larghezza 3000 - 4800 mm, spessore 150 m	1			5,82	0,100	5,82	m <sup>2</sup>	70,00	407,40
			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			5,82	0,060	5,82	m <sup>2</sup>	18,47	107,50

			Pannello isolante	D.0013.0010.0074	Fornitura e posa in opera di Pannello in fibra di canapa rigido. COIBENTAZIONE TERMOACUSTICA DI MURATURE A CASSA VUOTA ESEGUITA CON PANNELLI DI FIBRE DI CANAPA TRATTATE CON RESINE TERMOINDURENTI, resistenza al fuoco Classe 1, posati in opera a secco nelle intercapedini delle murature, gi predisposte, compreso, l'onere del ssaggio e dei tagli, gli sfridi e il tiro in alto spessore 60 mm	1			5,82	0,060	5,82	m <sup>2</sup>	18,47	107,50
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			5,82	0,03	0,15	m <sup>3</sup>	1104,20	160,66
			Tavolato di betulla		Legname in tavolati: di castagno o betulla larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1			5,82	0,03	0,15	m <sup>3</sup>	1104,20	160,66
Chiusura verticale trasparente	Infisso esterno 65*150	1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e gocciolatoio, levigato nelle parti viste.	1	0,65	1,50	0,98		0,98	cad	487,00	474,83	
		Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	0,75	0,20	0,15	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	13,25	
		Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	1,70	0,20	0,34	0,04	0,03	m <sup>3</sup>	1104,20	30,03	
	Infisso esterno 80*215	1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e gocciolatoio, levigato nelle parti viste.	1	0,80	2,15	1,72		1,72	cad	487,00	837,64	
		Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	0,90	0,20	0,18	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	15,90	
		Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	2,35	0,20	0,47	0,04	0,04	m <sup>3</sup>	1104,20	41,52	
	Infisso esterno 65*115	1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e gocciolatoio, levigato nelle parti viste.	1	0,65	1,15	0,75		0,75	cad	487,00	364,03	
		Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	0,85	0,20	0,17	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	15,02	
		Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	1,35	0,20	0,27	0,04	0,02	m <sup>3</sup>	1104,20	23,85	
	Infisso esterno 50*225	1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e gocciolatoio, levigato nelle parti viste.	1	0,50	2,25	1,13		1,13	cad	487,00	547,88	
		Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	0,70	0,20	0,14	0,04	0,01	m <sup>3</sup>	1104,20	12,37	
		Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	2,45	0,20	0,49	0,04	0,04	m <sup>3</sup>	1104,20	43,28	
	Infisso esterno 0,90*225	1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e gocciolatoio, levigato nelle parti viste.	1	0,90	2,25	2,03		2,03	cad	487,00	986,18	
		Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	1,10	0,20	0,22	0,04	0,02	m <sup>3</sup>	1104,20	19,43	
		Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	2,45	0,20	0,49	0,04	0,04	m <sup>3</sup>	1104,20	43,28	

		Infisso esterno 75*185	1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e goccioloio, levigato nelle parti viste.	2	0,75	1,85	1,39		2,78	cad	487,00	1351,43
			Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	4	0,95	0,20	0,19	0,04	0,03	m <sup>3</sup>	1104,20	33,57
			Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	4	2,05	0,20	0,41	0,04	0,07	m <sup>3</sup>	1104,20	72,44
		Infisso esterno 90*210	1 anta mobile		Serramento di legno castagno con apertura scorrevole in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e goccioloio, levigato nelle parti viste.	1	0,90	2,10	1,89		1,89	cad	487,00	920,43
			Cornice esterna verticale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	1,10	0,20	0,22	0,04	0,02	m <sup>3</sup>	1104,20	19,43
			Cornice esterna orizzontale in legno di betulla		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	2	2,30	0,20	0,46	0,04	0,04	m <sup>3</sup>	1104,20	40,63
		Infisso esterno fisso 120*40	anta fissa		Serramento di legno castagno, fisso in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e goccioloio, levigato nelle parti viste.	2	1,20	0,40	0,48		0,96	cad	422,00	405,12
		Infisso esterno fisso 50*40	anta fissa		Serramento di legno castagno, fisso in profilati tubolari completo di Vetrata isolante termoacustica spessore mm 4-9-4-9-4. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice, Davanzale di finestre in lastra di spessore cm 3, larghezza cm. 25, con piano passante, smusso agli spigoli di larghezza fino a 1 cm lisciato di mola e goccioloio, levigato nelle parti viste.	5	0,50	0,40	0,20		1,00	cad	422,00	422,00
<b>Totale serramenti</b>		<b>6733,5</b>												
Partizione interna	Partizione interna verticale	Divisorio interno in xlam	x-lam	A53002 j	Fornitura e posa in opera di parete di X-lam composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate (o collegate tramite spinotti) fra loro. Prima di essere incollate (o collegate con gli spinotti), le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine. Lunghezza 16000 - 30000 mm, larghezza 3000 - 4800 mm, spessore 150 mm	2	2,10	2,50	5,25	0,100	10,50	m <sup>2</sup>	70,00	735,00
		Porte	Porta interna	D.0013.0006.0241	PORTA INTERNA IN LEGNO MASSELLO DI CASTAGNO A DUE SPECCHIATURE AD ANTA CIECA cm 70- 80x210, avente: montanti e traverse dell'anta eseguiti in massello di Castagno. Cornici ferma pannello in massello ricavate sui montanti e sulle traverse, specchiatura in MDF impiallacciato e incastrato sui montanti e sulle traverse (spessore mm 22). Lati di battuta a zaino ricavati nell'anta. Telaio in listellare impiallacciato con apposite scanalature per l'aletta delle mostre e guarnizione antirumore della sezione di mm 105x40. Mostre in listellare impiallacciato con aletta ad incastro sul telaio della sezione di mm 70x10 circa. Cerniere tipo anuba in acciaio ottonato. Chiusura con serratura tipo patent e comando con maniglia in ottone lucido. Verniciatura al poliuretano trasparente o colorato con nitura opaca previa carteggiatura. La misura della porta riferita alla luce netta di passaggio. Data in opera completa di controtelaio in abete da ssare alle murature con zanche in acciaio zincato, compreso le opere murarie e la registrazione dell'in sso.	2	0,90	2,10	1,89		2,00	cad	1290,39	2580,78
Ballatoio esterno	Ballatoio	Ballatoio	Montanti in Legno		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	22	0,03	0,15	0,0045	5,45	0,54	m <sup>3</sup>	1104,20	595,77
			Correnti in legno		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	20	0,045	0,15	0,0068	0,55	0,07	m <sup>3</sup>	1104,20	81,99

			Cubotti di irrigidimento		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	22	0,20	0,15	0,0300	0,15	0,10	m <sup>3</sup>	1104,20	109,32
			tavolato di calpestio piano 1 e 2		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala o ballatoi, larghezza 2 / 0,70m, profondità variabile m, spessore 4 cm	2	1,00	8,26	8,26	0,04	0,66	m <sup>3</sup>	1304,27	861,86
			Correnti anticaduta in acciaio		Corrente anticaduta Diam 3 cm, in fili d'acciaio. 8 per ogni piano.	16	8,26				8,26	m	15,00	123,90
			Profili acciaio di appoggio struttura in legno	C13025 v	Profilatoa a L, 130 , 150*65, 100 mm, spessore 10 7 12 mm	2	7,28		0,006	0,030	14,56	m	28,00	407,68
Chiusura verticale scala esterna	Struttura esterna	struttura esterna di chiusura	Montanti in Legno		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	1	0,08	0,25	0,0200	50,02	1,00	m <sup>3</sup>	1104,20	1104,64
			tavole inchiodate (lamelle)		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala o ballatoi, larghezza 2 / 0,70m, profondità variabile m, spessore 4 cm	381	0,20	0,13	0,03	0,55	5,45	m <sup>3</sup>	1304,27	7106,05
	Infissi su chiusura esterna scala	Infisso esterno fisso 120*40	anta fissa		Serramento di legno castagno, fisso in profilati tubolari completo di Vetro singolo da 4 mm. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice.	2	0,55	1,30	0,72		1,43	m <sup>2</sup>	90,00	128,70
		Infisso esterno fisso 120*40	anta fissa		Serramento di legno castagno, fisso in profilati tubolari completo di Vetro singolo da 4 mm. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice.	2	1,20	0,60	0,72		1,44	m <sup>2</sup>	90,00	129,60
	Chiusura lato est		Montanti in Legno		Legname in tavolati: di castagno larghezza compresa tra 2,5 e 25 cm	3	0,08	0,25	0,0200	3,80	0,23	m <sup>3</sup>	1104,20	251,76
			tavole inchiodate (lamelle)		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala o ballatoi, larghezza 2 / 0,70m, profondità variabile m, spessore 4 cm	60	0,20	0,13	0,03	0,93	1,45	m <sup>3</sup>	1304,27	1892,23
			tavole inchiodate (lamelle)		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala o ballatoi, larghezza 2 / 0,70m, profondità variabile m, spessore 4 cm	38	0,20	0,13	0,03	0,30	0,30	m <sup>3</sup>	1304,27	386,59
			Traversi in legno		TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per struttura di sostegno scala	85	0,55	0,080		0,10	0,00	m <sup>3</sup>	254,19	95,07
	Infissi su chiusura esterna scala (lato est)	Infisso esterno fisso 120*40	anta mobile (porta vetro)		Serramento di legno castagno, fisso in profilati tubolari completo di Vetro singolo da 4 mm. Posa in opera di vetri su serramenti in profilati di legno di castagno, con fermavetro fissato con viti e sigillatura a mastice.	1	1,00	1,20	1,20		1,20	m <sup>2</sup>	280,00	336,00
	Struttura sostegno scala (gradini)	Travi			TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per struttura di sostegno scala	6	1,50	0,045		0,12	0,01	m <sup>3</sup>	254,19	12,35
					TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per struttura di sostegno scala	12	2,20	0,050		0,15	0,02	m <sup>3</sup>	254,19	50,33
					TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per struttura di sostegno scala	8	1,70	0,045		0,12	0,01	m <sup>3</sup>	254,19	18,67
					TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per struttura di sostegno scala	2	2,10	0,045		0,27	0,03	m <sup>3</sup>	254,19	12,97
					TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per struttura di sostegno scala	2	3,30	0,045		0,27	0,04	m <sup>3</sup>	254,19	20,38
					TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per struttura di sostegno scala	2	2,80	0,045		0,27	0,03	m <sup>3</sup>	254,19	17,30
					TRAVI ABETE U.T., compreso il trasporto ed il montaggio. Trave di abete per struttura di sostegno scala	2	2,50	0,045		0,27	0,03	m <sup>3</sup>	254,19	15,44
			tavole inchiodate per pedate		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala o ballatoi, larghezza 2 / 0,70m, profondità variabile m, spessore 4 cm	48	1,00	0,30	0,30	0,03	0,43	m <sup>3</sup>	1304,27	563,44
			tavole inchiodate per pianerottoli		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala o ballatoi, larghezza 2 / 0,70m, profondità variabile m, spessore 4 cm	3	1,40	2,00	2,80	0,03	0,25	m <sup>3</sup>	1304,27	328,68
			tavole inchiodate per pianerottoli		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala o ballatoi, larghezza 2 / 0,70m, profondità variabile m, spessore 4 cm	1	1,50	2,00	3,00	0,03	0,09	m <sup>3</sup>	1304,27	117,38
			tavole inchiodate per pianerottoli		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala o ballatoi, larghezza 2 / 0,70m, profondità variabile m, spessore 4 cm	1	1,00	2,00	2,00	0,03	0,06	m <sup>3</sup>	1304,27	78,26
			tavole inchiodate per pianerottoli		Legname in tavolati a pezzo unico di castagno o betulla, per predisposizione di pedata scala o ballatoi, larghezza 2 / 0,70m, profondità variabile m, spessore 4 cm	1	0,60	2,00	1,20	0,03	0,04	m <sup>3</sup>	1304,27	46,95
<b>Tot. ballat. e scale est</b>	<b>14893,3</b>													
Finiture esterne	Lamiera di chiusura edificio	lamiera di finitura	Lamiera in acciaio zincato di finitura		Fornitura in opera di lamiera di finitura da disporsi lungo muro, compresi i chiodi e/o bulloni necessari per l'ancoraggio; in lastra di acciaio zincato 8/10 mm , sviluppo 20 cm, spessore 2 mm. Compresa posa in opera, esclusa assistenza	2	7,4			0,2	14,80	m	15,78	233,54
		lamiera di finitura su muro	Lamiera in acciaio zincato di finitura		Fornitura in opera di lamiera di finitura da disporsi lungo muro, compresi i chiodi e/o bulloni necessari per l'ancoraggio; in lastra di acciaio zincato 8/10 mm , sviluppo 20 cm, spessore 2 mm. Compresa posa in opera, esclusa assistenza	2	13,15			0,1	26,30	m	9,78	257,21

Impianti	Riscaldamento	Impianto di riscaldamento autonomo (app.A)	Impianto di riscaldamento autonomo		Caldaia a condensazione con produzione combinata di tipo "C" a tiraggio forzato, con pannelli radianti a pavimento già installati cronotermostato digitale con regolazione della temperatura su due livelli e programmazione settimanale	1			50,00		50,00	n	58,00	2900,00	
		Assistenza muraria per riscaldamento (app. A)	Impianto di riscaldamento autonomo		Assistenza muraria	1				5,00	%	0,50		1450,00	
Impianto idrico sanitario	Impianto idrico sanitario, tubi	Tubazione in polietilene per condotte di scarico	Tubazione in polietilene per condotte di scarico		Tubazione in polietilene alta densità duro per condotte di scarico verticale diametro 110	5	13,00				65,00	m	4,32	280,80	
			Tubazione in polietilene per condotte di scarico		Tubazione in polietilene alta densità duro per condotte di scarico orizzontale diametro 160	7	10,00				70,00	m	10,33	723,10	
	Impianto idrico sanitario Bagno PT	Impianto tipo "A" signorile			Rete generale di distribuzione con tubazione in acciaio zincato, colonne montanti complete di saracinesche per bagni comprensivi di vaso, bidet, lavabo e vasca e cucine con lavello, prese per lavastoviglie e prese per caldaia esterna. Lavabo, Bidet, vaso da bagno, vasca, finiture varie come da disegni in allegato.	1					1,00	n	4500,00	4500,00	
	Impianto idrico sanitario Bagno P1	Impianto tipo "A" signorile			Rete generale di distribuzione con tubazione in acciaio zincato, colonne montanti complete di saracinesche per bagni comprensivi di vaso, bidet, lavabo e vasca e cucine con lavello, prese per lavastoviglie e prese per caldaia esterna. Lavabo, Bidet, vaso da bagno, vasca, finiture varie come da disegni in allegato.	1					1,00	n	4500,00	4500,00	
Impianto elettrico	Impianto elettrico	Tubazioni, cavi, comandi e prese			Dato di massima per impianto valutato sulla volumetria vuota per pieno di abitazioni semisignorili	1			24,55	10,00	245,50	m <sup>3</sup>	10,00	2455,00	
	Assistenza muraria per impianto elettrico	Assistenza muraria per impianto elettrico			Assistenze murarie per l'installazione di impianto elettrico, esclusa la manovalanza in aiuto ai montatori, in percentuale media sul prezzo dell'impianto	1					1,00	%	0,50	1227,50	
Impianto di smaltimento liquidi	Reti di scarico acque meteoriche	Grondaie	D.0013.0012.0003		CANALE DI GRONDA IN LAMIERA ZINCATA 10x10 cm, spessore 0,8 mm, a sezione rettangolare o semicircolare dello sviluppo di cm 50, dato in opera completo di testate, angoli, bocchelli di innesto al pluviale, sta e etc e compresi tagli, sfridi, tasselli, sigillanti etc	2	10,4				20,80	m	30,04	624,832	
		Scossaline			Fornitura in opera di scossaline per falde normali di tetto con giunti a sovrapposizione chiodata a doppia fila con rivetti di acciaio e saldatura a stagno; in lastra di acciaio zincato 8/10 mm, sviluppo 40 cm. Compresa posa in opera, esclusa	2	10,4				20,80	m	22,98	477,98	
		Assistenza muraria			Assistenza muraria alla posa in opera di canali, converse, scossaline in lastre di rame o acciaio zincato			7,2 Kg/ m <sup>2</sup>				1246,00	kg	1,45	1806,70
		Tubi pluviali			Fornitura in opera di tubi pluviali aggraffati compresi braccioli di sostegno per colonne normali con esclusione dei pezzi speciali e della posa in opera dei braccioli da murare, esclusa assistenza muraria alla posa in opera; in lastra di acciaio zincato di spessore 6/10 mm			11				11,00	m	31,08	341,88
		Assistenza muraria			Assistenza muraria alla posa in opera di pluviali in lastre di rame			1,38kg/m				15,18	kg	1,45	22,01
Impianto di smaltimento aeriformi	Reti di canalizzazioni riscaldamento	Canna fumaria			Canna fumaria prefabbricata per impianti canalizzati a sezione quadrata costituita da elementi in cls alleggeriti e camicia interna in materiale refrattario diametro cm 30.	1			7,40		7,40	m	127,82	945,87	
		Comignolo e piastra			Comignolo per canne fumarie in cls composto da tre anelli compreso di piastra di sottocomignolo in acciaio inox raccogli condensa e piastra cornice in cls	1					1,00	n.	127,05	127,05	
Impianto antincendio	Estintori a polvere	Estintore	A.0050.0005.0005		Estintore portatile a polvere per classi di fuoco A (combustibili solidi), B (combustibili liquidi), C (combustibili gassosi), di tipo omologato secondo la normativa vigente, completo di supporto metallico per saggio a muro, manichetta con ugello, manometro ed ogni altro accessorio necessario all'installazione e funzionamento. Estintore Kg 12 classe 55A 233BC. Fornito in conformità a alla vigente normativa di prevenzione incendi e corredato dalle previste certificazioni ed omologazioni	3					3,00	cad	98,00	294,00	
						Installazione estintori e trasporto	1					1,00	%	0,05	14,70
<b>Totale impianti</b>		<b>22691,4</b>													
													<b>Tot.</b>	<b>153647,1</b>	



### Dati proprietario

Nome e cognome **Enrico Mazzucotelli**  
Ragione sociale -  
Indirizzo **Via Virgiglio**  
N. civico **2**  
Comune **Lecco**  
Provincia **(LC)**  
C.A.P. **23900**  
Codice fiscale / Partita IVA **MZZNRC82T311470W**  
Telefono **3290085200**

### Catasto Energetico Edifici Regionale

Codice identificativo **97034 - 000006 / 12**  
Registrato il **03/07/2012**  
Valido fino al **03/07/2022**

### Dati Soggetto certificatore

Nome e cognome **Riccardo Celeprin**  
Numero di accreditamento **14649**

### Dati catastali

Comune catastale	ERVE		Sezione		Foglio		1	Particella		1
Subalterni	da	a	da	a	da	a	da	a		
<b>16</b>										

### Dati edificio

Provincia **Lecco**  
Comune **ERVE**  
Indirizzo **Via Per Nesolio NC**  
Periodo di attivazione dell'impianto **15 ottobre - 15 aprile**  
Gradi giorno **2863 [GG]**  
Categoria dell'edificio **E.1(2)**  
Anno di costruzione **Prima del 1930**  
Superficie utile **61.00 [m<sup>2</sup>]**  
Superficie disperdente (S) **289.02 [m<sup>2</sup>]**  
Volume lordo riscaldato (V) **308.08 [m<sup>3</sup>]**  
Rapporto S/V **0.94 [m<sup>2</sup>]**  
Progettista architettonico **CE&MA**  
Progettista impianto termico **CE&MA**  
Costruttore **CE&MA**

### Mappa



### Classe energetica - EP<sub>H</sub> Zona climatica E



Alto fabbisogno

Valore limite del fabbisogno per la climatizzazione invernale: **111.74 [kWh/m<sup>2</sup>a]**

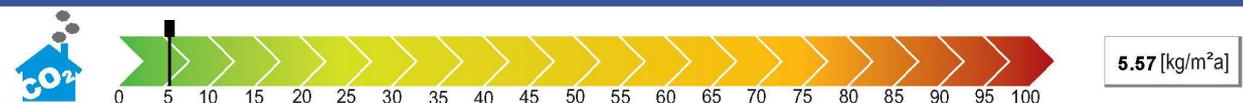
### Classe energetica - ET<sub>c</sub>



### Richiesta rilascio targa energetica

Secondo quanto sancito al punto 11 della DGR VIII/5018 e s.m.i., si richiede, all'Organismo di accreditamento, il rilascio della targa

### Emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera - Co<sub>2</sub> eq





Indicatori di prestazione energetica

Fabbisogno annuo di energia termica

Climatizzazione invernale $ET_H$	<b>43.42</b> [kWh/m <sup>2</sup> a]
Climatizzazione estiva $ET_C$	<b>16.57</b> [kWh/m <sup>2</sup> a]
Acqua calda sanitaria $ET_W$	<b>21.55</b> [kWh/m <sup>2</sup> a]

Fabbisogno di energia primaria

Climatizzazione invernale $EP_H$	<b>28.04</b> [kWh/m <sup>2</sup> a]
Climatizzazione estiva $EP_C$	[kWh/m <sup>2</sup> a]
Acqua calda sanitaria $EP_W$	<b>5.84</b> [kWh/m <sup>2</sup> a]

Contributi

Fonti rinnovabili $EP_{FER}$	<b>26.04</b> [kWh/m <sup>2</sup> a]
------------------------------	-------------------------------------

Efficienze medie

Riscaldamento $\epsilon_{gH,yr}$	<b>155.00</b> [%]
Acqua calda sanitaria $\epsilon_{gW,yr}$	<b>369.00</b> [%]
Riscaldamento + Acqua calda sanitaria $\epsilon_{gHW,yr}$	<b>192.00</b> [%]

<b>Totale per usi termici <math>EP_T</math></b>	<b>33.87</b> [kWh/m <sup>2</sup> a]
---	-------------------------------------

Altri usi energetici

Illuminazione $EP_L$	<b>0.00</b> [kWh/m <sup>2</sup> a]
----------------------	------------------------------------

Specifiche impianto termico

Tipologia impianto

- Sistema di generazione**
- tradizionale
  - multistadio o modulante
  - numero generatori
  - potenza termica nom. al focolare combustibile utilizzato
  - condensazione
  - multistadio o modulante
  - numero generatori
  - potenza termica nom. al focolare combustibile utilizzato
  - pompe di calore
  - numero generatori
  - C.O.P. / G.U.E.
  - combustibile utilizzato
  - teleriscaldamento
  - combustibile utilizzato
  - cogenerazione
  - consumo nom. di combustibile combustibile utilizzato
  - ad alimentazione elettrica
  - potenza elettrica assorbita
  - altro (si veda campo note)

Riscaldamento	ACS	Combinato
		<b>1</b> <b>27.85</b> <b>Biomassa</b>
		<b>1</b> <b>5.04</b> <b>Energia elettrica</b>

Possibili interventi migliorativi del sistema edificio impianto termico

Intervento		Superficie interessata [m <sup>2</sup> ]	Prestazioni U [W/m <sup>2</sup> K] η [%]	Risparmio EP <sub>n</sub> [%]	Priorità intervento	Classe energetica raggiunta	Riduzione CO <sub>2eq</sub> [%]
Involucro	Coibentazione delle strutture opache verticali rivolte verso l'esterno						
	Coibentazione delle strutture opache verticali rivolte verso ambienti non riscaldati						
	Coibentazione delle strutture opache orizzontali rivolte verso l'esterno						
	Coibentazione delle strutture opache orizzontali rivolte verso ambienti non riscaldati						
	Coibentazione della copertura						
	Sostituzione delle chiusure trasparenti comprensive di infissi rivolte verso l'esterno						
Impianto	Sostituzione generatore di calore						
	Sostituzione/adeguamento del sistema di distribuzione						
	Sostituzione del sistema di emissione						
	Installazione/sostituzione VMC						
FER	Installazione impianto solare termico						
	Installazione impianto solare fotovoltaico						
TOT.	Sommatoria di tutti gli interventi ipotizzati						
Note	La priorità degli interventi relativi alle caselle non compilate è trascurabile.						

Note

Firma

Il Soggetto certificatore dichiara sotto la propria responsabilità - a norma degli artt. 46 e 47 del d.p.r. N. 445/2000 - e nella consapevolezza che le dichiarazioni mendaci e la falsità in atti sono punite ai sensi del codice penale e delle leggi speciali in materia, di aver redatto il presente attestato in conformità alla DGR n.VIII/5018 e s.m.i..

Soggetto certificatore  
**Riccardo Celeprin**

Il presente attestato documenta l'avvenuto pagamento, da parte del Soggetto certificatore incaricato, del contributo di euro 10,00 dovuto all'Organismo regionale di accreditamento e ha stesso valore di ricevuta del Catasto Energetico Edifici Regionale.



Dati proprietario

Nome e cognome **Enrico Mazzucotelli**  
Ragione sociale -  
Indirizzo **Via Virgiglio**  
N. civico **2**  
Comune **Lecco**  
Provincia **(LC)**  
C.A.P. **23900**  
Codice fiscale / Partita IVA **MZZNRC82T311470W**  
Telefono **3290085200**

Catasto Energetico Edifici Regionale

Codice identificativo **97034 - 000007 / 12**  
Registrato il **03/07/2012**  
Valido fino al **03/07/2022**

Dati Soggetto certificatore

Nome e cognome **Riccardo Celeprin**  
Numero di accreditamento **14649**

Dati catastali

Comune catastale	ERVE		Sezione	Foglio		1	Particella		1
Subalterni	da	a	da	a	da	a	da	a	
17									

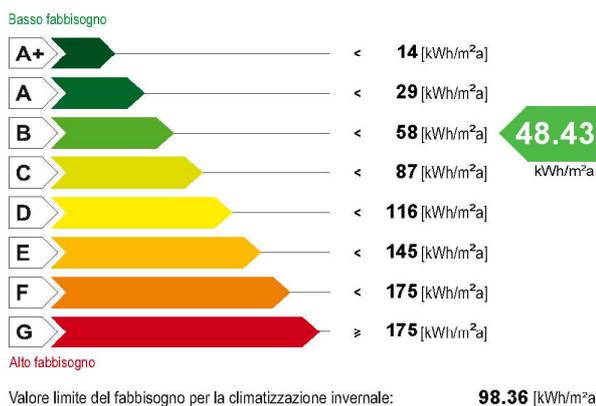
Dati edificio

Provincia **Lecco**  
Comune **ERVE**  
Indirizzo **Via Per Nesolio nc**  
Periodo di attivazione dell'impianto **15 ottobre - 15 aprile**  
Gradi giorno **2863**[GG]  
Categoria dell'edificio **E.1(1)**  
Anno di costruzione **Prima del 1930**  
Superficie utile **67.53** [m<sup>2</sup>]  
Superficie disperdente (S) **297.91** [m<sup>2</sup>]  
Volume lordo riscaldato (V) **389.50** [m<sup>3</sup>]  
Rapporto S/V **0.76** [m<sup>2</sup>]  
Progettista architettonico **CE&MA**  
Progettista impianto termico **CE&MA**  
Costruttore **CE&MA**

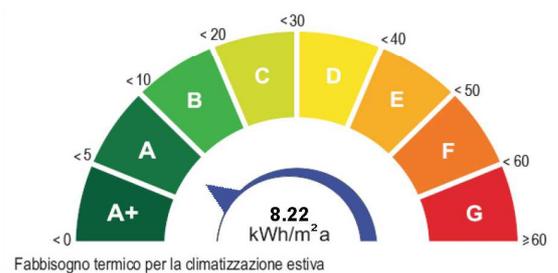
Mappa



Classe energetica - EP<sub>H</sub> Zona climatica E



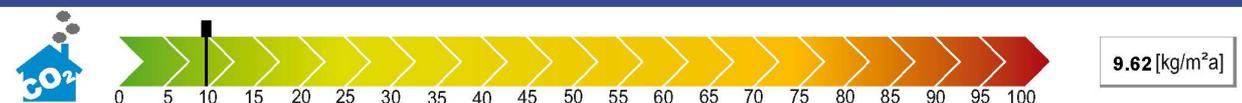
Classe energetica - ET<sub>c</sub>



Richiesta rilascio targa energetica

Secondo quanto sancito al punto 11 della DGR VIII/5018 e s.m.i., si richiede, all'Organismo di accreditamento, il rilascio della targa

Emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera - Co<sub>2</sub>eq



## Indicatori di prestazione energetica

### Fabbisogno annuo di energia termica

Climatizzazione invernale  $ET_H$  **68.36** [kWh/m<sup>2</sup>a]

Climatizzazione estiva  $ET_C$  **8.22** [kWh/m<sup>2</sup>a]

Acqua calda sanitaria  $ET_w$  **21.04** [kWh/m<sup>2</sup>a]

### Fabbisogno di energia primaria

Climatizzazione invernale  $EP_H$  **48.43** [kWh/m<sup>2</sup>a]

Climatizzazione estiva  $EP_C$  [kWh/m<sup>2</sup>a]

Acqua calda sanitaria  $EP_w$  **7.27** [kWh/m<sup>2</sup>a]

### Contributi

Fonti rinnovabili  $EP_{FER}$  **24.49** [kWh/m<sup>2</sup>a]

### Efficienze medie

Riscaldamento  $\epsilon_{gH,yr}$  **141.00** [%]

Acqua calda sanitaria  $\epsilon_{gW,yr}$  **290.00** [%]

Riscaldamento + Acqua calda sanitaria  $\epsilon_{gHW,yr}$  **161.00** [%]

**Totale per usi termici  $EP_T$  55.70** [kWh/m<sup>2</sup>a]

### Altri usi energetici

Illuminazione  $EP_L$  **0.00** [kWh/m<sup>2</sup>a]

## Specifiche impianto termico

### Tipologia impianto

#### Sistema di generazione

- tradizionale  
 multistadio o modulante  
 numero generatori  
 potenza termica nom. al focolare  
 combustibile utilizzato
- condensazione  
 multistadio o modulante  
 numero generatori  
 potenza termica nom. al focolare  
 combustibile utilizzato
- pompe di calore  
 numero generatori  
 C.O.P. / G.U.E.  
 combustibile utilizzato
- teleriscaldamento  
 combustibile utilizzato
- cogenerazione  
 consumo nom. di combustibile  
 combustibile utilizzato
- ad alimentazione elettrica  
 potenza elettrica assorbita
- altro (si veda campo note)

Riscaldamento	ACS	Combinato
		1 27.85 Biomassa
		1 5.05 Energia elettrica

## Possibili interventi migliorativi del sistema edificio impianto termico

Intervento		Superficie interessata [m <sup>2</sup> ]	Prestazioni U [W/m <sup>2</sup> K] η [%]	Risparmio EP <sub>H</sub> [%]	Priorità intervento	Classe energetica raggiunta	Riduzione CO <sub>2eq</sub> [%]
Involucro	Coibentazione delle strutture opache verticali rivolte verso l'esterno						
	Coibentazione delle strutture opache verticali rivolte verso ambienti non riscaldati						
	Coibentazione delle strutture opache orizzontali rivolte verso l'esterno						
	Coibentazione delle strutture opache orizzontali rivolte verso ambienti non riscaldati						
	Coibentazione della copertura						
	Sostituzione delle chiusure trasparenti comprensive di infissi rivolte verso l'esterno						
Impianto	Sostituzione generatore di calore						
	Sostituzione/adeguamento del sistema di distribuzione						
	Sostituzione del sistema di emissione						
	Installazione/sostituzione VMC						
FER	Installazione impianto solare termico						
	Installazione impianto solare fotovoltaico						
TOT.	Sommatoria di tutti gli interventi ipotizzati						

**Note** La priorità degli interventi relativi alle caselle non compilate è trascurabile.

### Note

### Firma

Il Soggetto certificatore dichiara sotto la propria responsabilità - a norma degli artt. 46 e 47 del d.p.r. N. 445/2000 - e nella consapevolezza che le dichiarazioni mendaci e la falsità in atti sono punite ai sensi del codice penale e delle leggi speciali in materia, di aver redatto il presente attestato in conformità alla DGR n.VIII/5018 e s.m.i..

Soggetto certificatore  
**Riccardo Celeprini**

Il presente attestato documenta l'avvenuto pagamento, da parte del Soggetto certificatore incaricato, del contributo di euro 10,00 dovuto all'Organismo regionale di accreditamento e ha stesso valore di ricevuta del Catasto Energetico Edifici Regionale.

### Tabella verifica R.A.I. in progetto

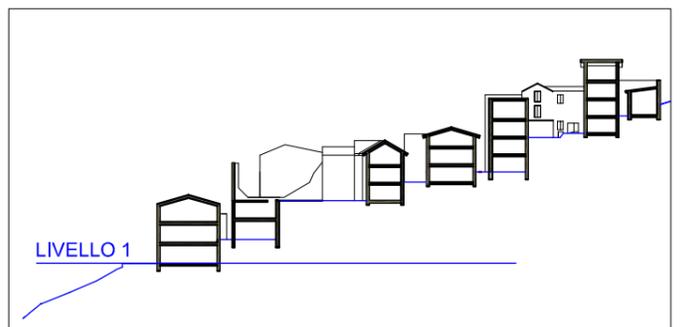
#### edificio 2 - piano terra

Locale	Sup. loc	Sup. fin			
Bancone - cucina	26,38	3,15	1	/	8,37
Deposito esterno	16,90	3,15	1	/	5,37
Bagno	11,80	1,12	>		0,50

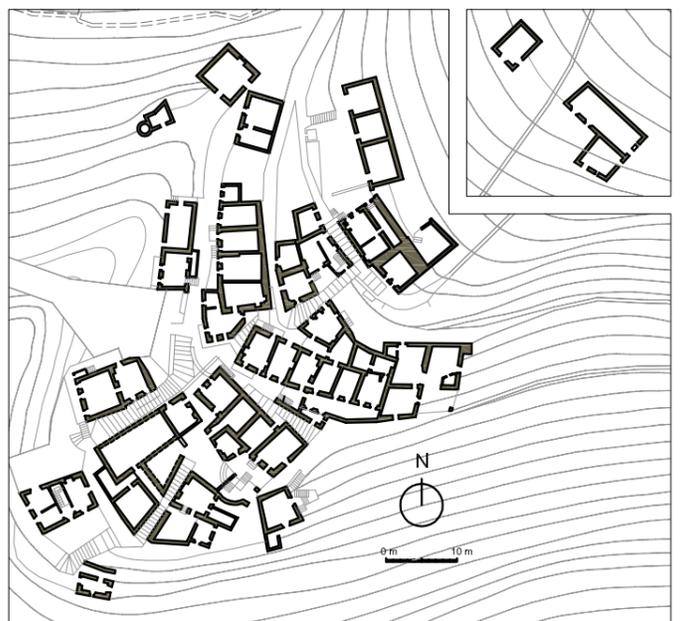
#### edificio 1 - piano terra

Deposito	4,25	1,56	1	/	2,72
----------	------	------	---	---	------

#### LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI

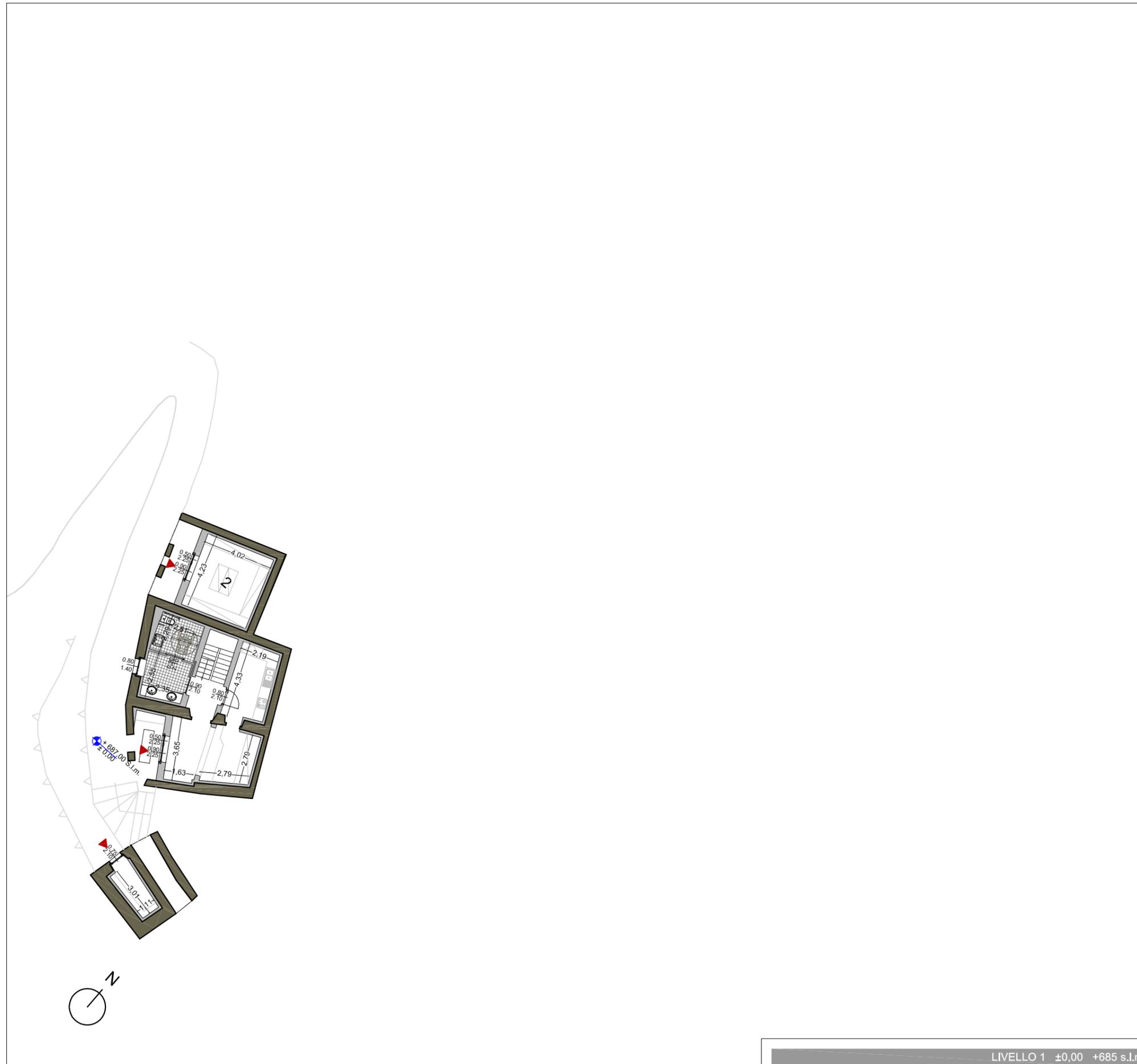


#### KEYSECTION SCALA 1:1000



#### KEYPLAN SCALA 1:1000

LIVELLO 1 ±0,00 +685 s.l.m.

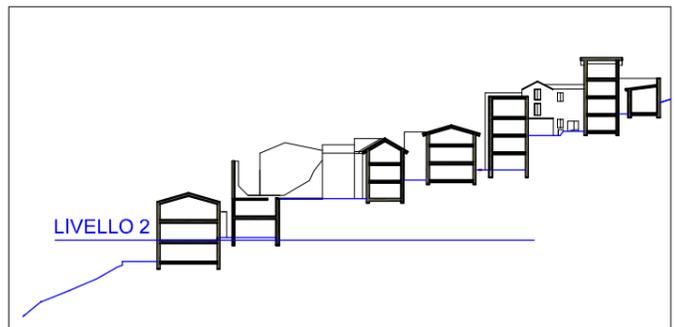




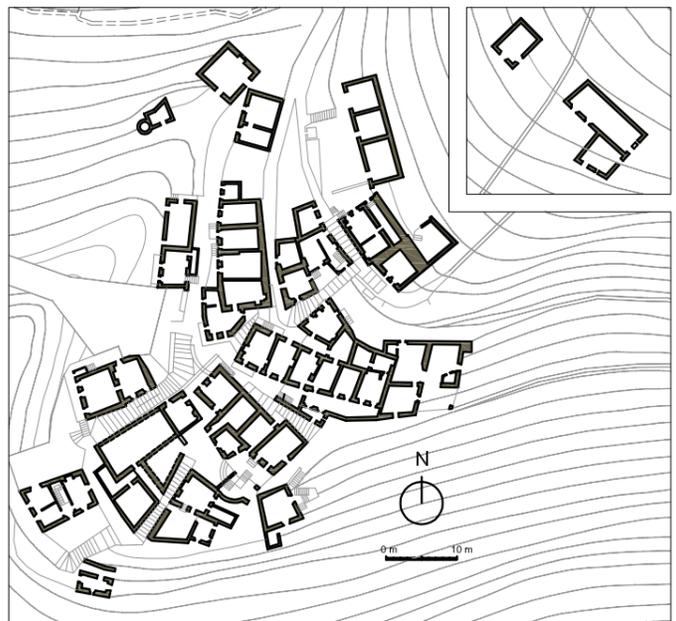
### Tabella verifica R.A.I. in progetto

edificio 11 - piano terra				
Locale	Sup. loc	Sup. fin	Verifica R.A.I.	
Deposito	32,45	5,03	1	/ 6,45
edificio 6 - piano terra				
Ufficio	22,70	6,00	1	/ 3,78
WC	3,30	0,84	>	0,50
edificio 2 - piano primo				
Locale	Sup. loc	Sup. fin		
Salone	29,60	8,72	1	/ 3,39
edificio 1 - piano primo				
Ufficio teleferica	9,35	3,42	1	/ 2,73

#### LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI



#### KEYSECTION SCALA 1:1000



#### KEYPLAN SCALA 1:1000

D - PROGETTO

6. PROGETTO DI RECUPERO

SCALA: 1:200

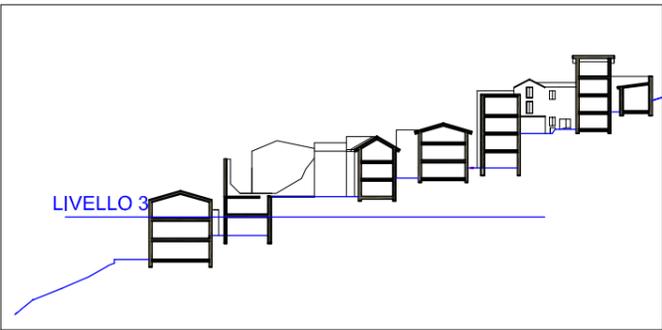
PROGETTO ARCHITETTONICO - 6.02



### Tabella verifica R.A.I. in progetto

edificio 28 - piano terra					
Locale	Sup. loc	Sup. fin	Verifica R.A.I.		
Cucina - Self	57,75	9,46	1	/	6,10
Bagni	13,38	2,85	1	/	4,69
WC - Spogliatoio	5,80	-	12 vol/h		
edificio 13 - piano terra					
Negozi 1	10,68	3,15	1	/	3,39
Negozi 2	17,16	5,35	1	/	3,21
edificio 11 - piano primo					
Laboratorio	33,25	5,57	1	/	5,97
edificio 6 - piano primo					
Ufficio	26,90	7,05	1	/	3,82
edificio 4 - piano terra					
Ufficio rifugio	23,60	5,50	1	/	4,29
WC	5,30	1,06	>		0,50
edificio 2 - piano secondo					
Salone	27,45	5,61	1	/	4,89

#### LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI



KEYSECTION SCALA 1:1000



KEYPLAN SCALA 1:1000

LIVELLO 3 +6,00 +691 s.l.m.



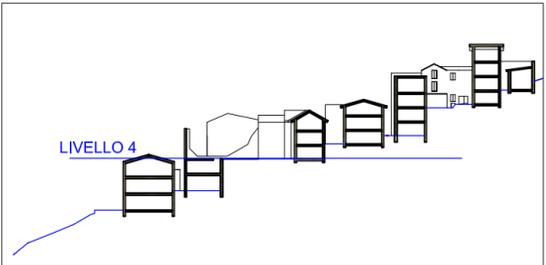
edificio 5 - piano terra					
1	33,70	4,56	1	/	7,39
2	17,96	3,26	1	/	5,51
3	17,73	3,95	1	/	4,49

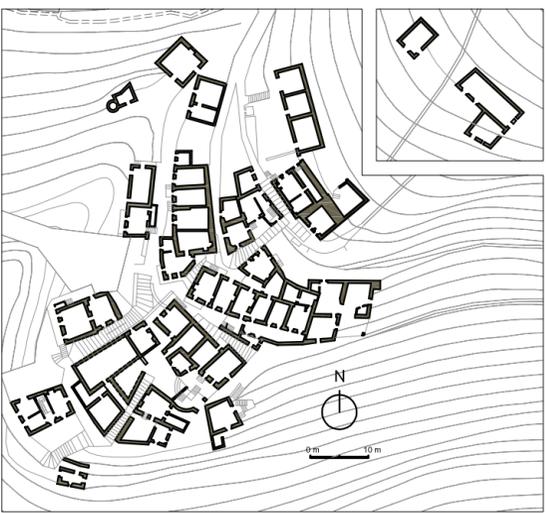
edificio 4 - piano primo					
Ufficio rifugio	32,00	10,84	1	/	2,95

Tabella verifica R.A.I. in progetto					
edificio 28 - piano primo					
Locale	Sup. loc	Sup. fin	Verifica R.A.I.		
Menssa	96,75	27,12	1	/	3,57
edificio 17 - piano terra					
Ufficio accoglienza	17,58	2,43	1	/	7,23
WC	4,08	-	12 vol/h		
edificio 16 - piano terra					
Cottura	13,10	1,54	1	/	8,51
Bagno	5,25	-	12 vol/h		
edificio 13 - piano primo					
Soggiorno - cucina	18,26	4,36	1	/	4,19
Bagno	4,50	1,76	>	0,50	
edificio 11 - piano secondo					
Laboratorio	33,70	9,02	1	/	3,74
edificio 10 - 12 - piano terra					
Laboratorio	39,88	6,35	1	/	6,28

LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI



KEYSECTION SCALA 1:1000



KEYPLAN SCALA 1:1000

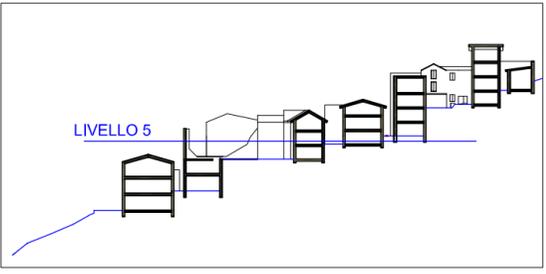
LIVELLO 4 +9,00 +694 s.l.m.



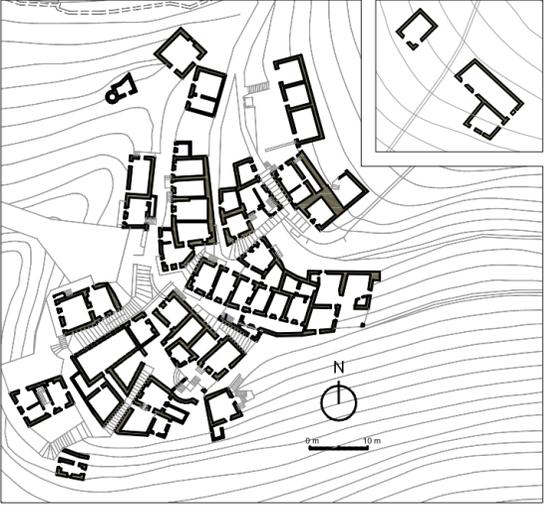
edificio 7 - 8 - piano primo					
Sala museale	84,65	16,58	1	/	5,11
edificio 5 - piano terra					
Soggiomo	14,57	3,36	1	/	4,34
Cottura	9,03	1,44	1	/	6,27
Camera M.	16,85	5,30	1	/	3,18
Camera S.	9,00	1,56	1	/	5,77
Bagno	7,00	0,56	>		0,50
edificio 4 - piano secondo					
Ufficio rifugio	26,35	15,84	1	/	1,66

Tabella verifica R.A.I. in progetto					
edificio 28 - piano primo					
Locale	Sup. loc	Sup. fin	Verifica R.A.I.		
Mensa	80,42	30,71	1	/	2,62
WC	3,30	0,70	>		0,50
edificio 17 - piano terra					
Ufficio accoglienza	16,80	3,90	1	/	4,31
WC	2,85	-			12 vol/h
edificio 16 - piano terra					
Soggiomo	17,10	3,04	1	/	5,63
edificio 13 - piano secondo					
Camera D.	13,71	4,13	1	/	3,32
Bagno	4,50	1,76	>		0,50
edificio 11 - piano terzo					
Laboratorio	16,12	3,90	1	/	4,13
edificio 10 - 12 - piano primo					
Laboratorio 2	34,70	4,49	1	/	7,73
WC	4,90	-			12 vol/h

LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI



KEYSECTION SCALA 1:1000



KEYPLAN SCALA 1:1000

LIVELLO 5 +12,00 +697 s.l.m.



**edificio 7- 8 - piano secondo**

Sala comune	17,90	2,60	1	/	6,88
Camerone	54,12	12,21	1	/	4,43
Camera M.	16,87	2,70	1	/	6,25
Camera M.	15,46	3,90	1	/	3,96
Bagno	9,03	-			12 vol/h

**edificio 5 - piano secondo**

Soggiorno - cucina	18,33	5,78	1	/	3,17
Camera doppia	16,69	2,85	1	/	5,86
Camera singola	9,00	1,43	1	/	6,29
Bagno	6,00	0,90	>		0,50

**Tabella verifica R.A.I. in progetto**

**edificio 28 - piano terra**

Locale	Sup. loc	Sup. fin			
Ufficio mensa	9,02	3,65	1	/	2,47

**edificio 20 - piano terra**

Deposito	9,30	2,36	1	/	3,94
----------	------	------	---	---	------

**edificio 17 - piano secondo**

Sala riunioni	23,50	4,67	1	/	5,03
---------------	-------	------	---	---	------

**edificio 16 - piano secondo**

Camera D.	17,45	3,08	1	/	5,67
-----------	-------	------	---	---	------

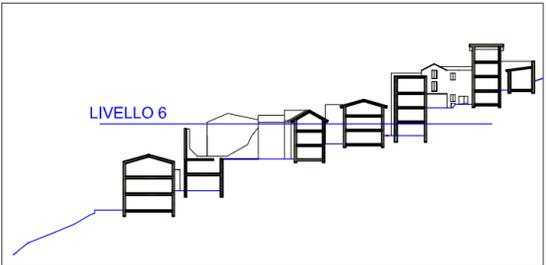
**edificio 13 - piano terzo**

Camera M.	19,80	4,66	1	/	4,25
Bagno	4,50	1,76	>		0,50

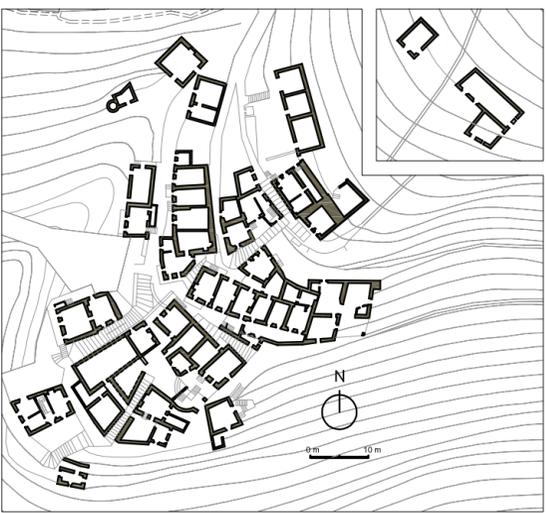
**edificio 12 - piano secondo**

Sala multifunzione	48,28	13,40	1	/	3,60
Bagno	7,70	0,84	>		0,50

LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI



KEYSECTION SCALA 1:1000



KEYPLAN SCALA 1:1000

LIVELLO 6 +15,00 +70.00 s.l.m.



**edificio 7 - piano secondo**

Soggiorno	18,91	3,54	1	/	5,34
Cucina	16,97	5,17	1	/	3,28
Camera M.	21,42	5,94	1	/	3,61
Camera D.	16,78	2,88	1	/	5,83
Bagno	7,35	1,76	>		0,50

**Tabella verifica R.A.I. in progetto**

**edificio 23 - piano seminterrato**

Locale	Sup. loc	Sup. fin			
Ufficio	11,95	3,78	1	/	3,16

**edificio 22 - piano terra**

Pranzo	12,85	2,52	1	/	5,10
Cucina	13,15	2,40	1	/	5,48
Lavanderia comune	4,27	1,40	1	/	3,05

**edificio 21 - piano terra**

Deposito	7,96	2,00	1	/	3,98
----------	------	------	---	---	------

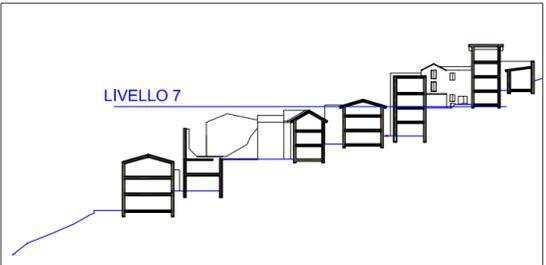
**edificio 20 - piano terra**

Ingresso	16,30	6,24	1	/	2,61
Soggiorno	18,90	3,64	1	/	5,19
WC	3,64	-			12 vol/h

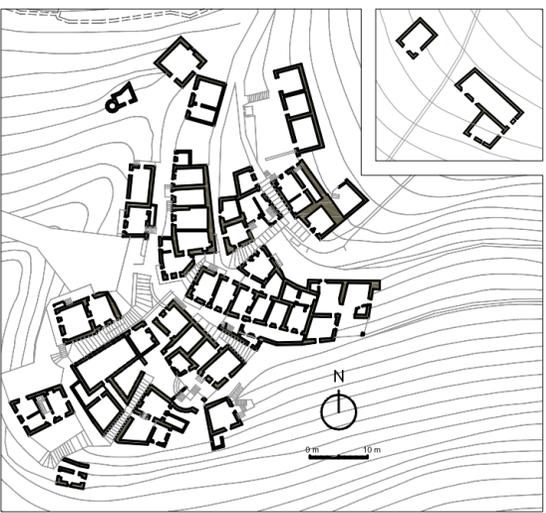
**edificio 8 - piano secondo**

Soggiorno	19,90	5,98	1	/	3,33
Cucina	7,35	2,09	1	/	3,52
Camera M.	14,00	2,42	1	/	5,79
Camera D.	18,06	5,94	1	/	3,04
Bagno	8,04	1,44	>		0,50

**LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI**

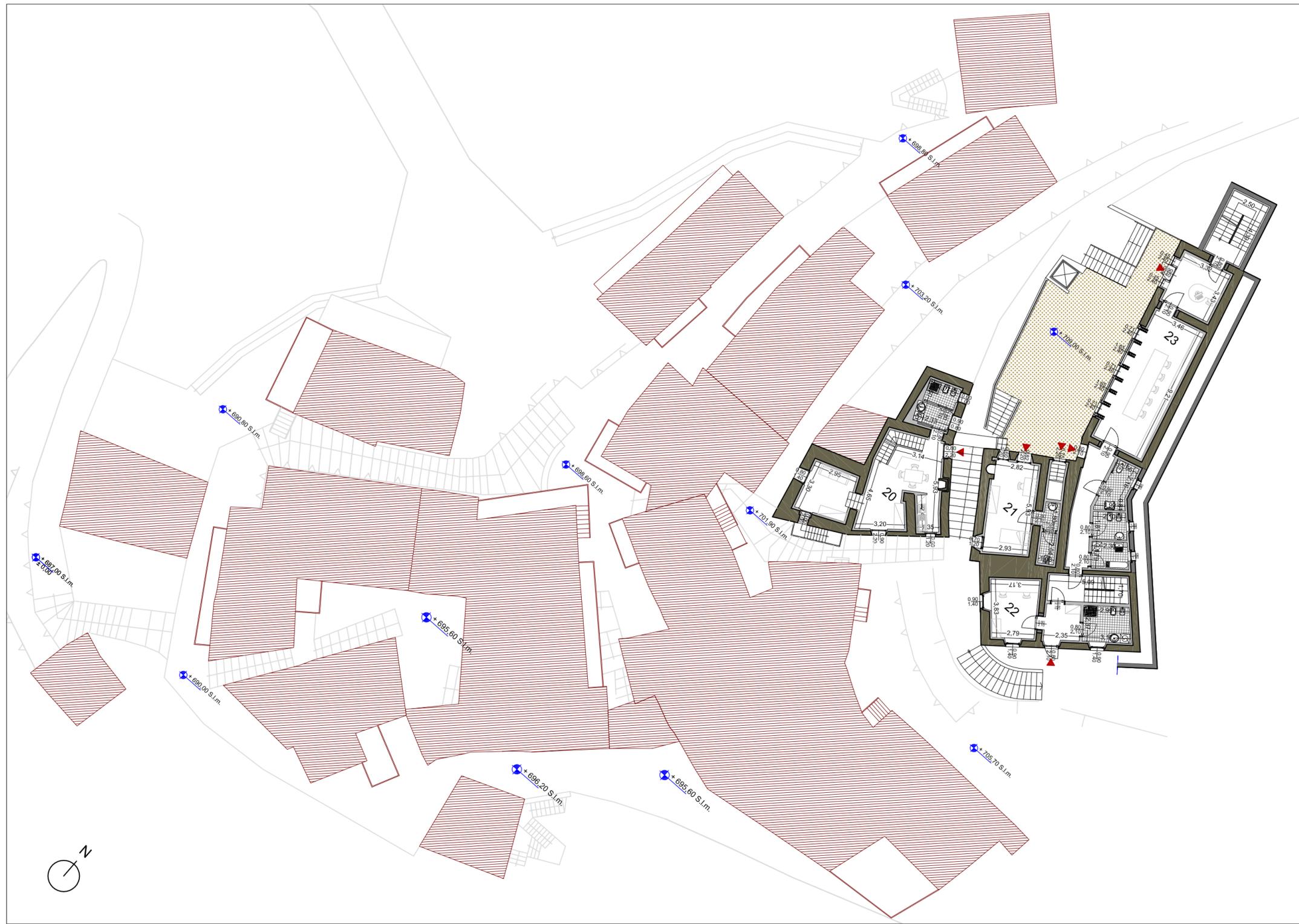


**KEYSECTION SCALA 1:1000**



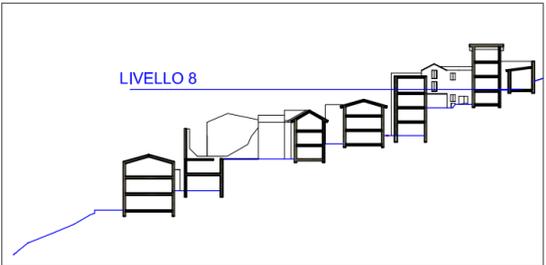
**KEYPLAN SCALA 1:1000**

LIVELLO 7 +18,00 +703 s.l.m.

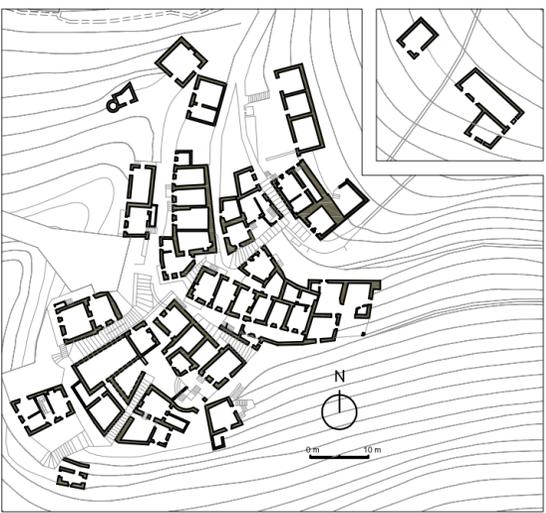


Bagno 1	3,97	1,40
<b>edificio 22 - piano primo</b>		
Stanza internet	11,42	2,52
Bagno	7,31	1,26
Lavanderia comune	4,27	1,40
<b>edificio 21 - piano terra</b>		
Stanza Letto	17,60	3,36
WC	2,37	-
<b>edificio 20 - piano primo</b>		
Soggiorno cottura	33,62	7,18
Bagno	5,24	1,32

LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI

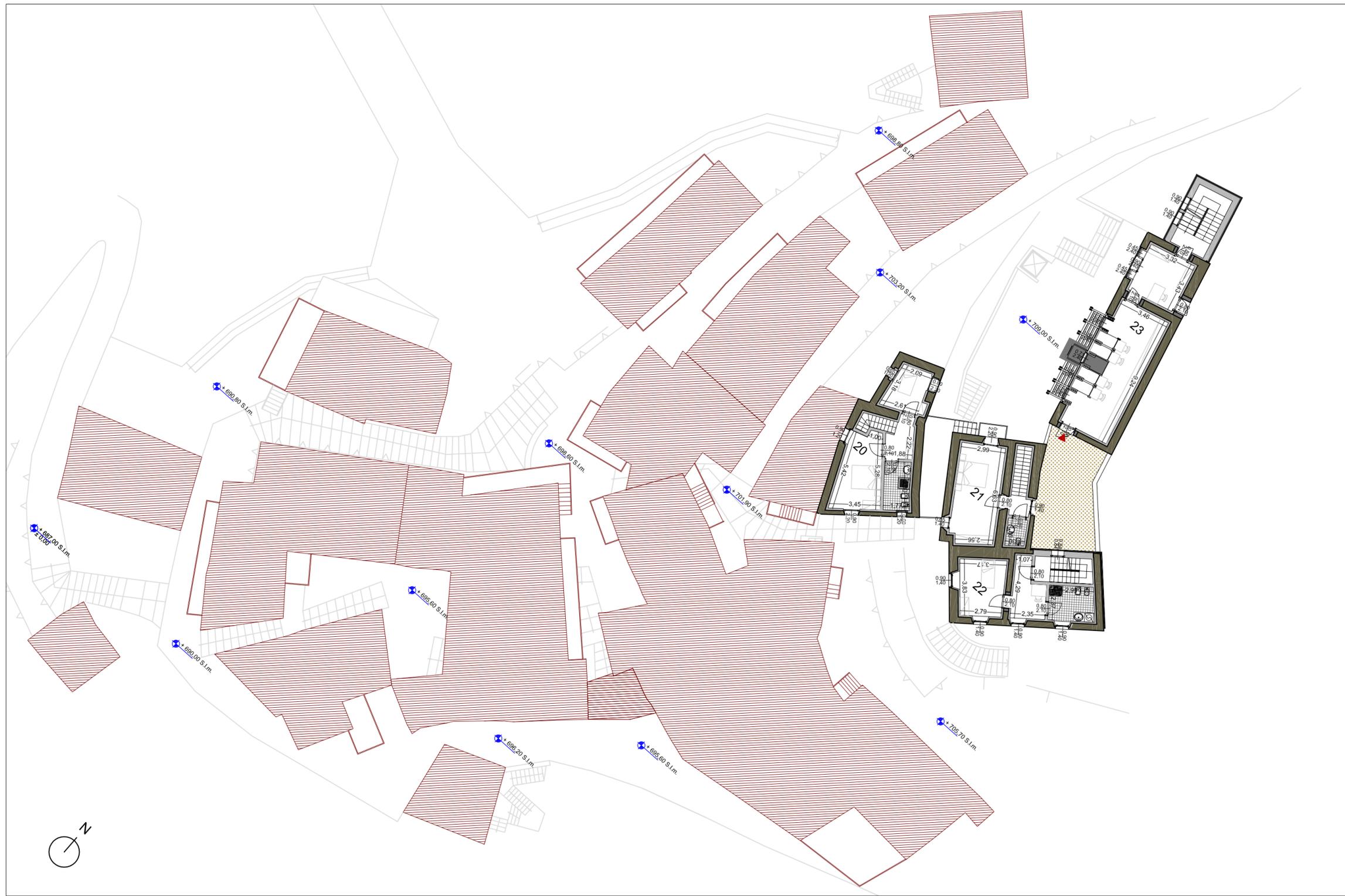


KEYSECTION SCALA 1:1000



KEYPLAN SCALA 1:1000

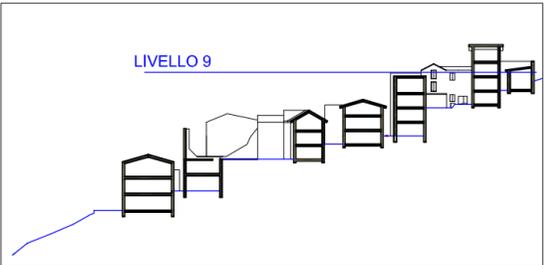
LIVELLO 8 +21,00 +706 s.l.m.



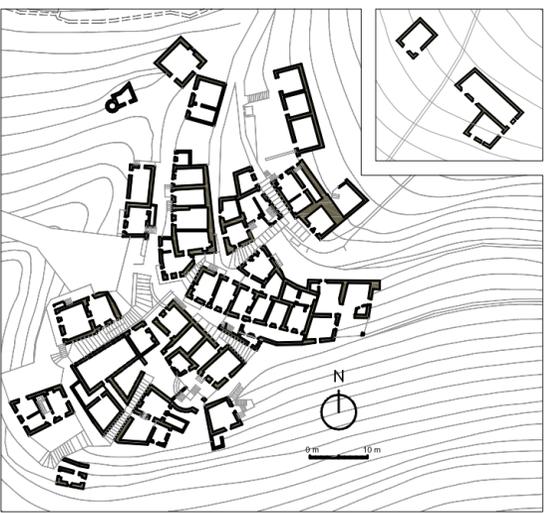
### Tabella verifica R.A.I. in progetto

edificio 23 - piano primo					
Locale	Sup. loc	Sup. fin			
Ufficio 1	12,13	4,32	1	/	2,81
Sala lettura 1	29,70	13,03	1	/	2,28
edificio 22 - piano secondo					
Stanza Letto	29,77	3,78	1	/	7,88
Bagno	7,31	1,26	>		0,50
edificio 21 - piano primo					
Stanza Letto doppia	20,10	2,89	1	/	6,96
WC	2,37	-			12 vol/h
edificio 20 - piano secondo					
Stanza Letto doppia	14,65	3,06	1	/	4,79
Stanza Letto sing.	8,20	2,54	1	/	3,23
Bagno	5,81	0,72	>		0,50

LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI

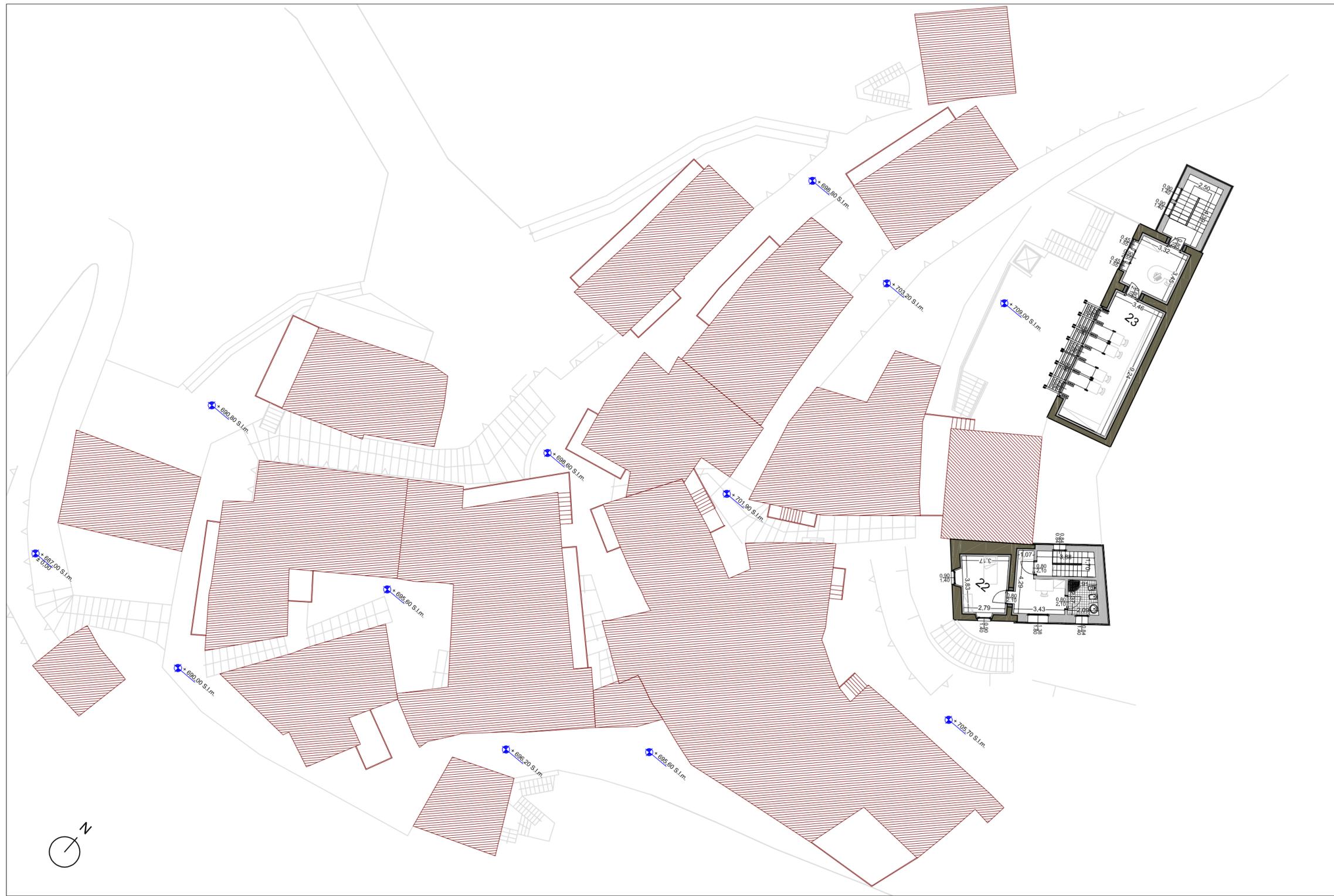


KEYSECTION SCALA 1:1000



KEYPLAN SCALA 1:1000

LIVELLO 9 +24,00 +709 s.l.m.



**Tabella verifica R.A.I. in progetto**

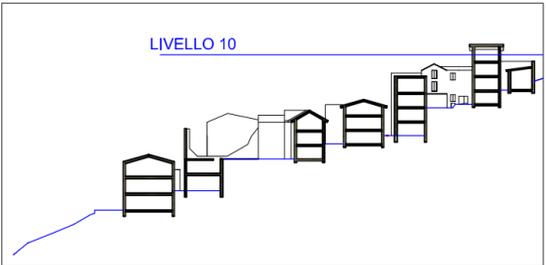
**edificio 23 - piano secondo**

Locale	Sup. loc	Sup. fin			
Ufficio	12,13	3,69	1	/	3,29
Sala lettura	29,63	5,30	1	/	5,59

**edificio 22 - piano terzo**

Stanza Letto	22,32	5,00	1	/	4,46
Bagno	4,70	1,18	>		0,50

LEGENDA E CALCOLO SUPERFICI DISPONIBILI



KEYSECTION SCALA 1:1000



LIVELLO 10 +27,00 +712 s.l.m.

KEYPLAN SCALA 1:1000

Tabella verifica R.A.I. Ed. 17 - Piano terra		
Ufficio accoglienza		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 17,58
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	= 2,43
Aspirazione forzata	1	/ 7,23
Bagno al piano terra		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 4,08
Aspirazione forzata		12 vol / h

Tabella verifica R.A.I. Ed. 16 - Piano terra		
Zona servizi		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 13,10
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	= 1,54
Rapporto aerilluminante	1	/ 8,51
Bagno al piano terra		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 5,25
Aspirazione forzata		12 vol / h

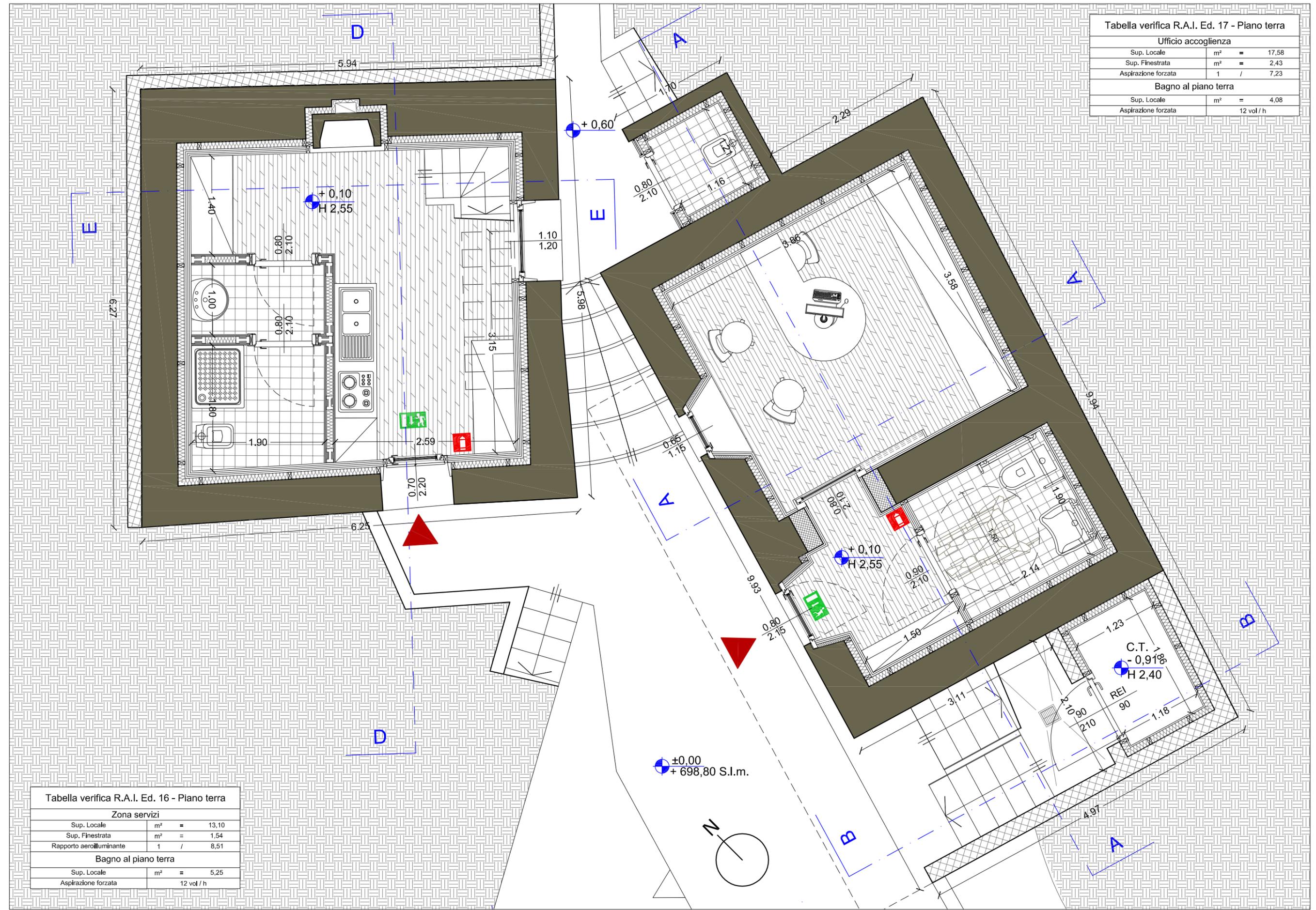


Tabella verifica R.A.I. Ed. 17 - Piano primo

Ufficio comunità montana			
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	=	11,50
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	=	0,75
Aspirazione forzata	1	/	15,33
Artificiale			

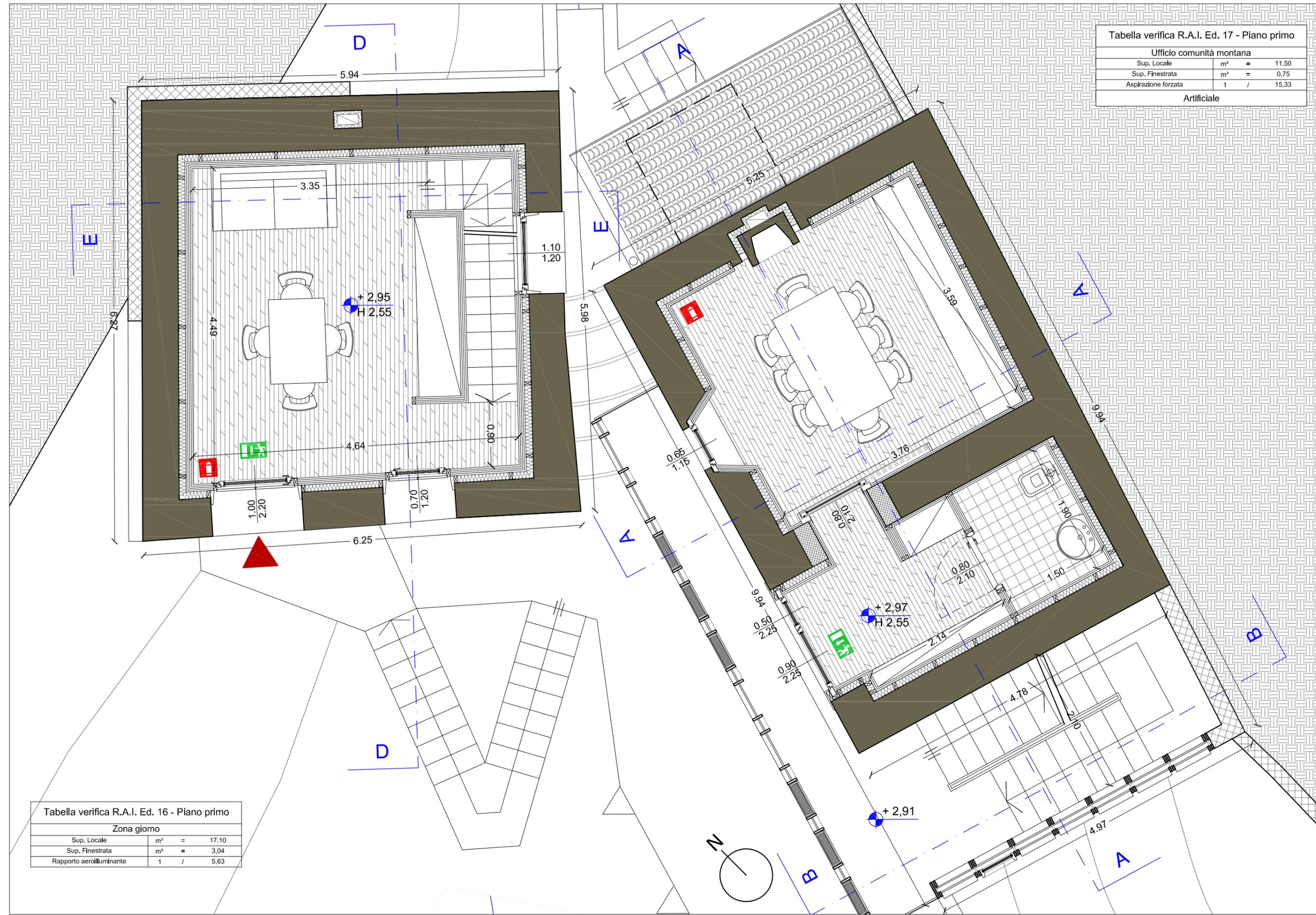


Tabella verifica R.A.I. Ed. 16 - Piano primo

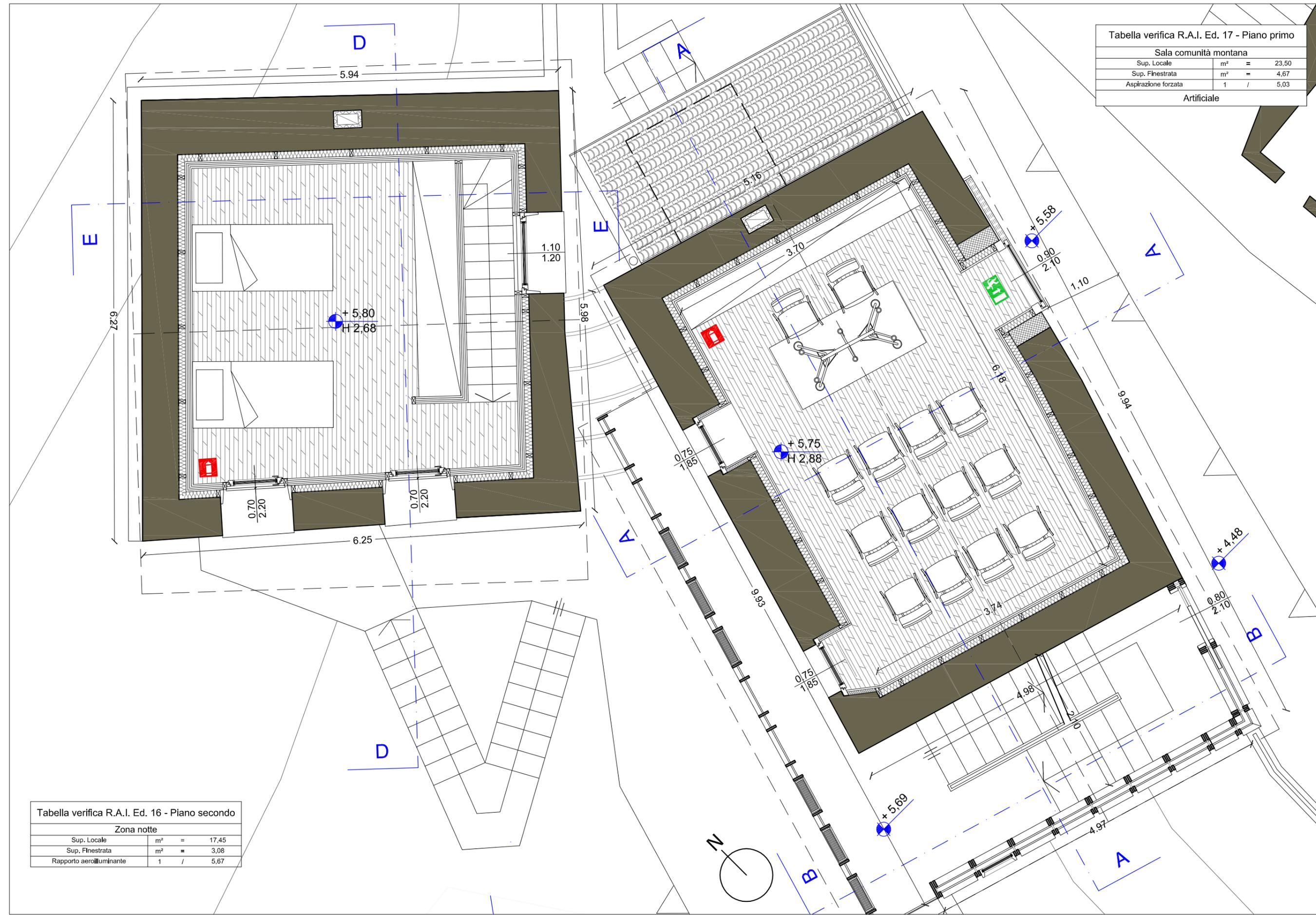
Zona giorno			
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	=	17,10
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	=	3,04
Rapporto aerilluminante	1	/	5,63

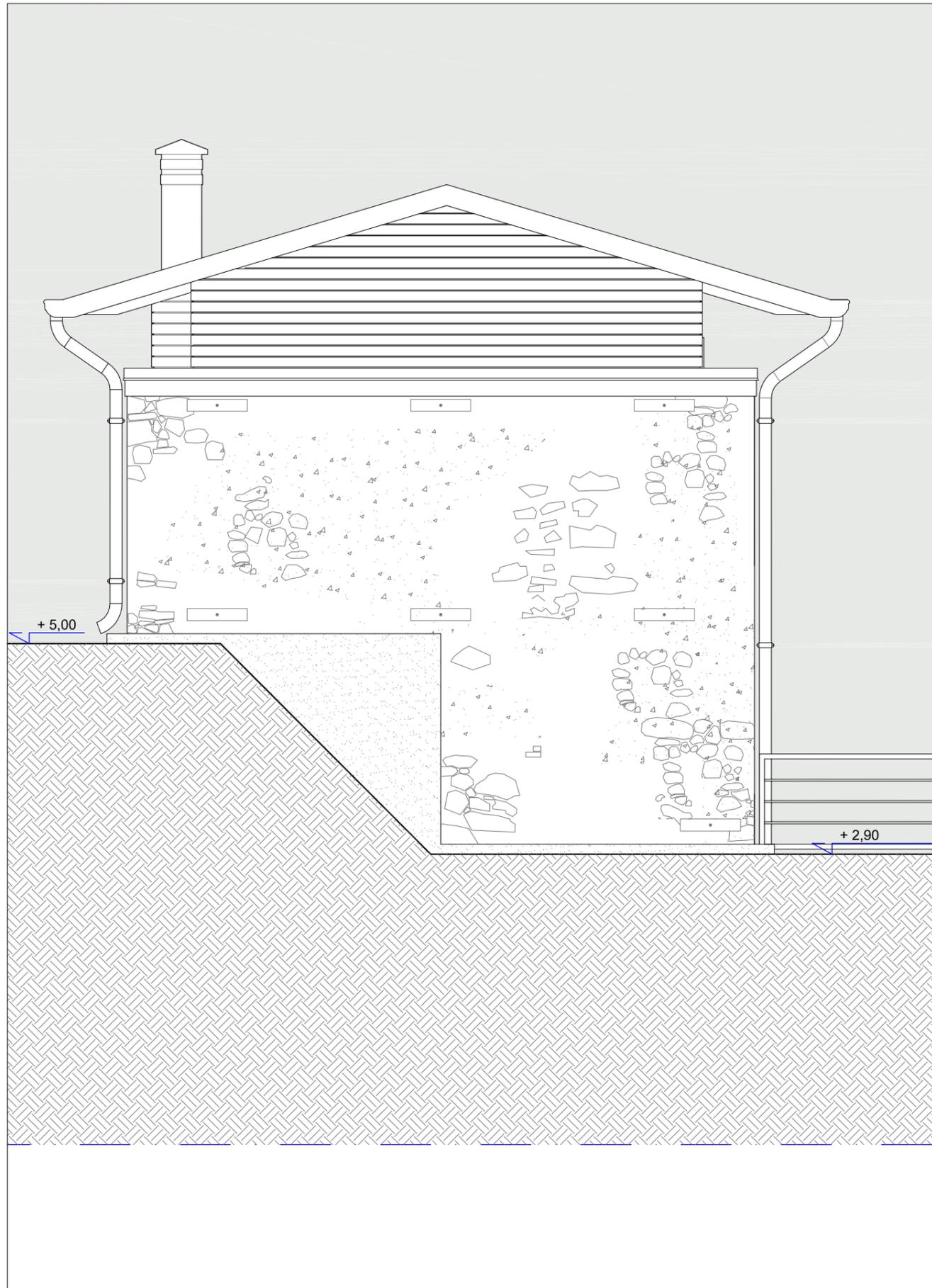
Tabella verifica R.A.I. Ed. 17 - Piano primo

Sala comunità montana			
Sup. Locale	m²	=	23,50
Sup. Finestrata	m²	=	4,67
Aspirazione forzata	1	/	5,03
Artificiale			

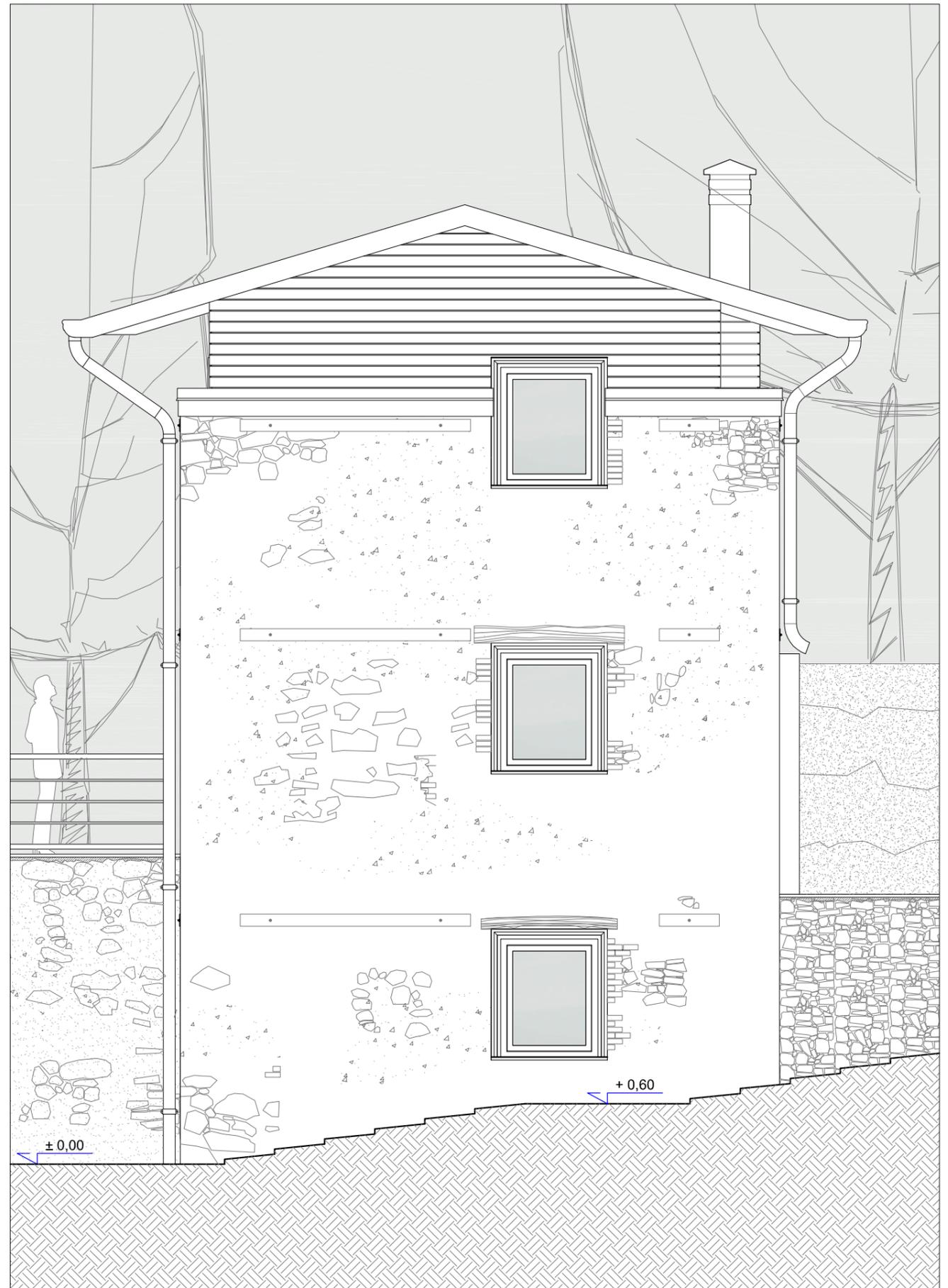
Tabella verifica R.A.I. Ed. 16 - Piano secondo

Zona notte			
Sup. Locale	m²	=	17,45
Sup. Finestrata	m²	=	3,08
Rapporto aerilluminante	1	/	5,67

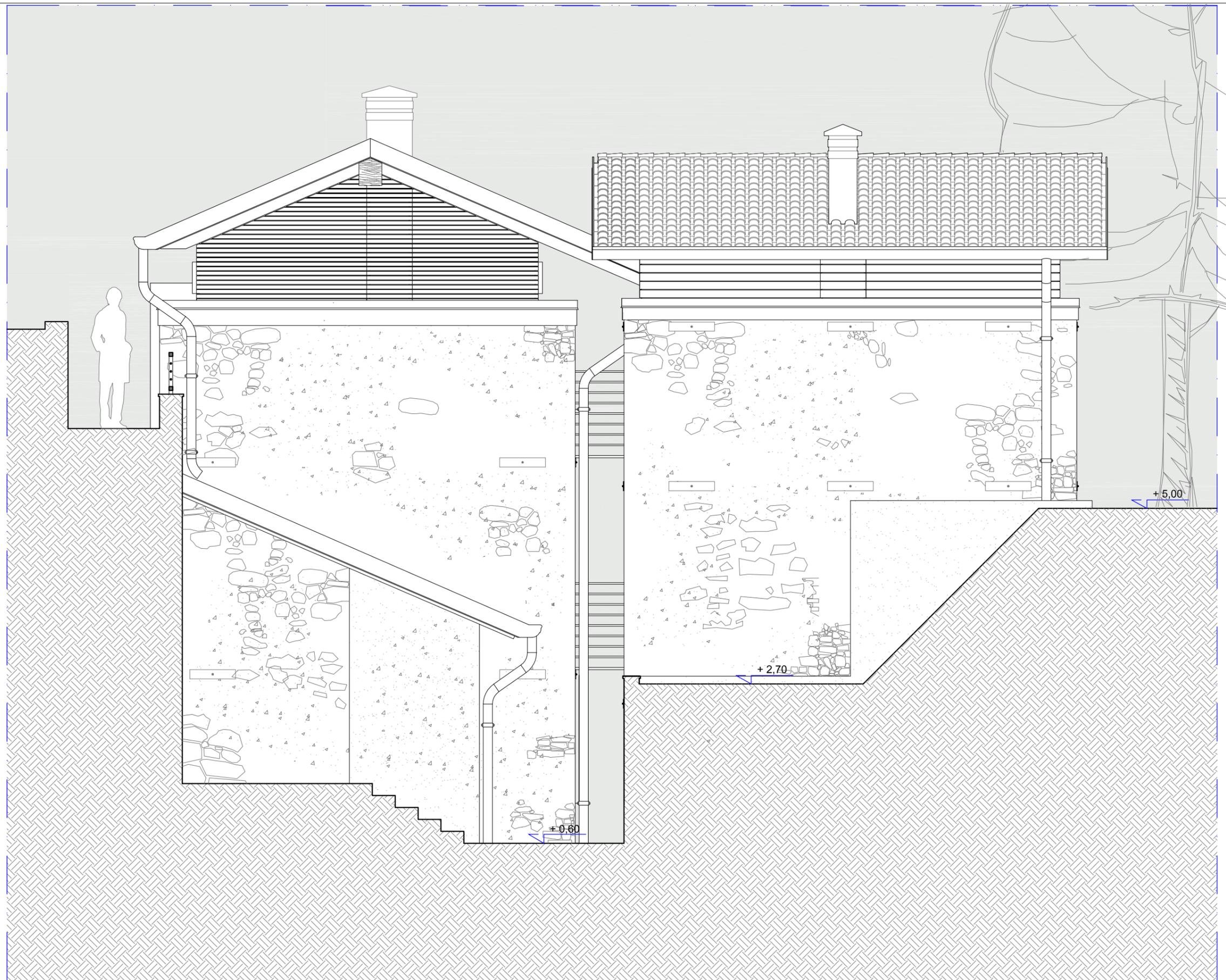




PROSPETTO NORD - OVEST



PROSPETTO SUD - EST



PROSPETTO NORD - EST

D - PROGETTO

6 - PROGETTO DI RECUPERO

SCALA 1:50

PROSPETTI ED.16, 17 - 6.15



PROSPETTO SUD - EST

D - PROGETTO

6 - PROGETTO DI RECUPERO

SCALA 1:50

PROSPETTI ED.16, 17 - 6.16



PROSPETTO OVEST

D - PROGETTO

6 - PROGETTO DI RECUPERO

SCALA 1:50

PROSPETTI ED. 17 - 6.17



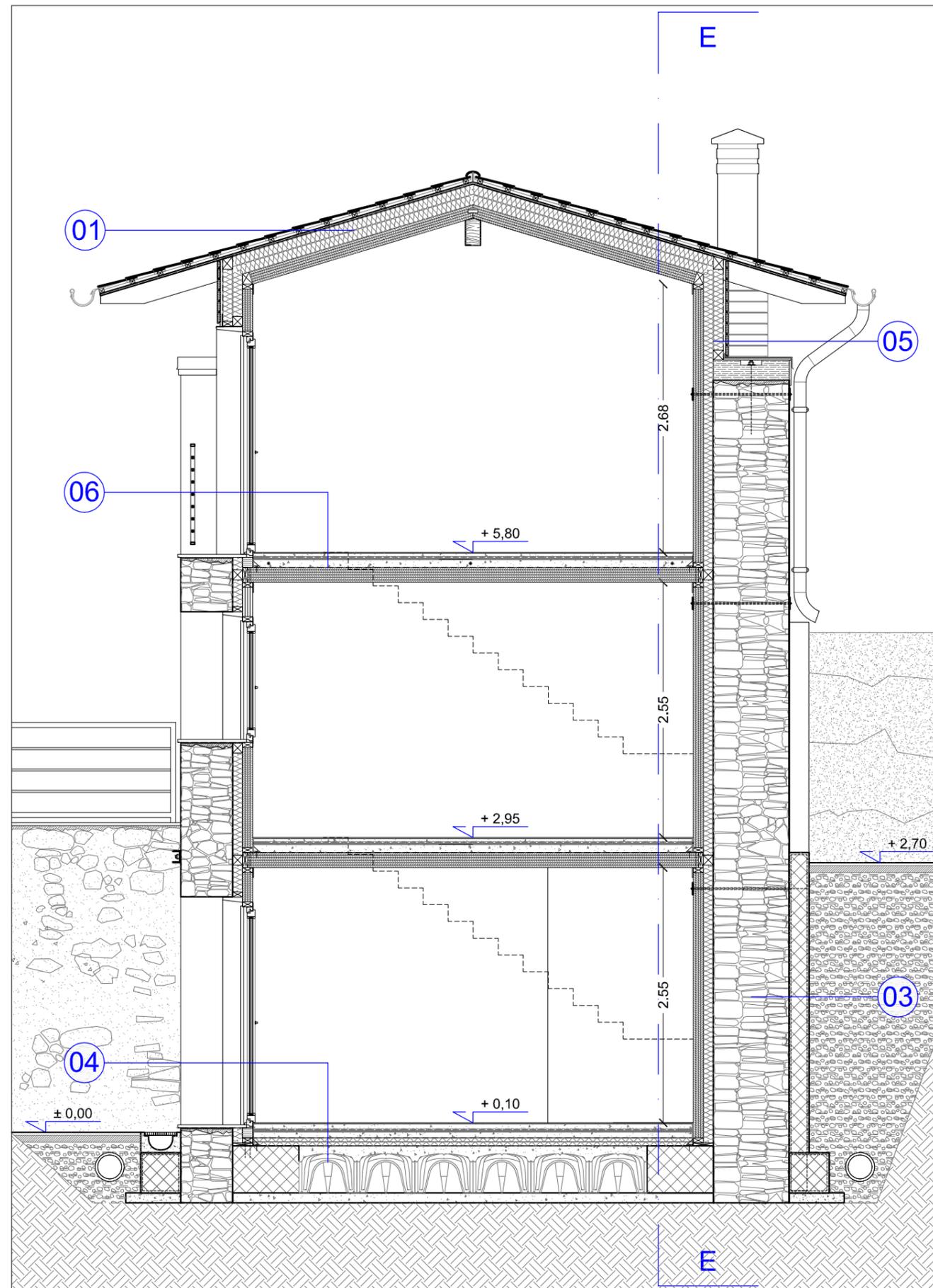
PROSPETTO EST

D - PROGETTO

6 - PROGETTO DI RECUPERO

SCALA 1:50

PROSPETTI ED.16, 17 - 6.18

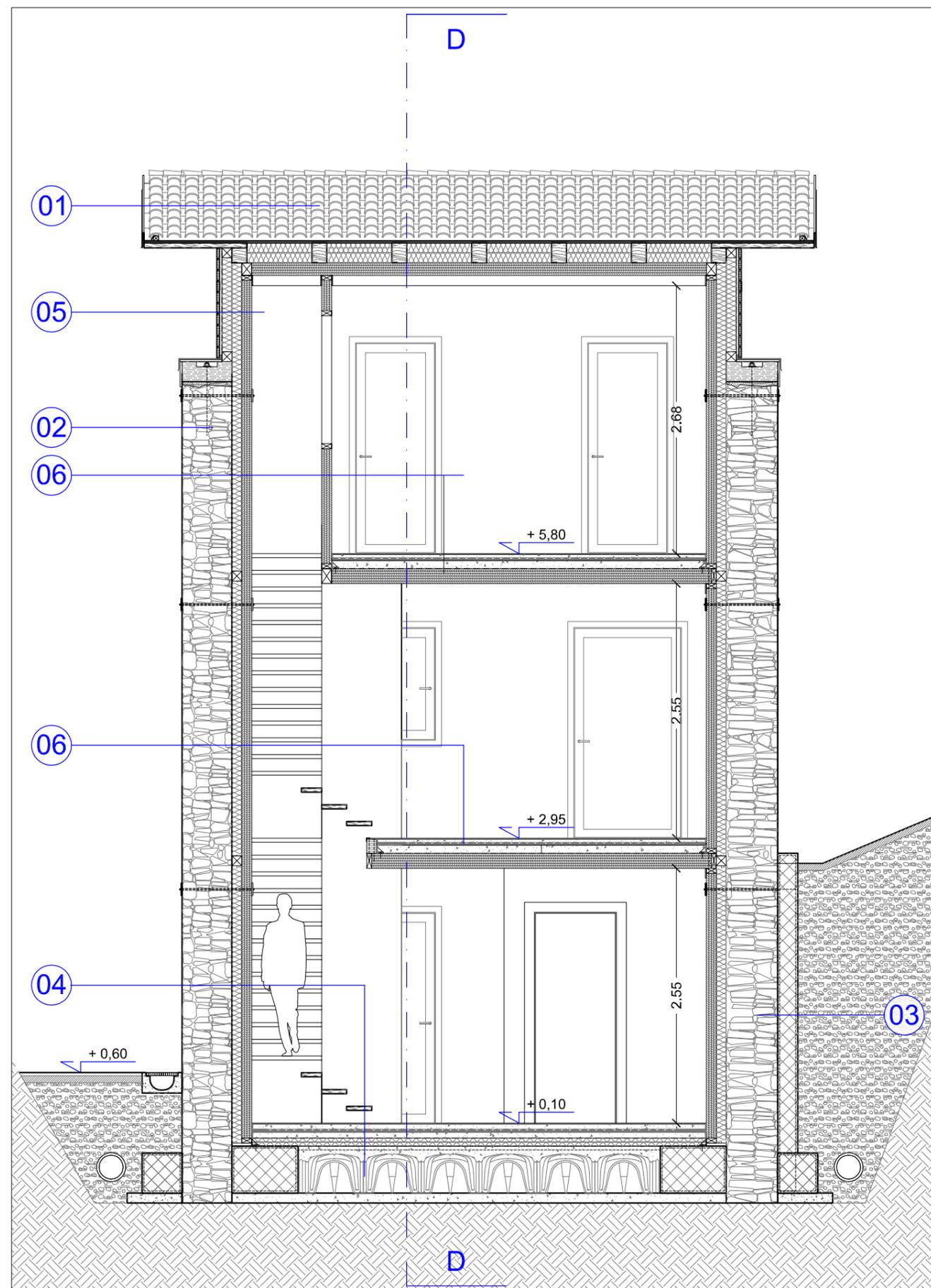


SEZIONE D - D'

- 01** Chiusura superiore inclinata (CS 3) riferimento scheda (SLPA 08)
- coppi in laterizio con sistema integrato elettrocoppo
  - listelli in legno ferma coppo 50 x 50 mm
  - guaina traspirante, resistente all'acqua, antistrappo, in fibre naturali tipo carta kraft oleata
  - pannello sottotegola in fibre di legno idrofobizzato 20 mm
  - isolante morbido in fibra di canapa 200 mm
  - lastra in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 125 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale : 0,14 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
  - sfasamento: 14h 00'
- 02** Chiusura verticale (CV 6) riferimento scheda (SLPA 07)
- muratura esistente in roccia calcarea spessore variabile (> 500 mm)
  - rasatura in calce-canapulo in rapporto 1:8, 30 mm
  - isolante morbido in fibra di canapa 100 mm interposto tra montanti in legno 60x100 mm
  - freno al vapore con carta kraft oleata
  - parete in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 100 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale : 0,24 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
  - sfasamento: 14h 00'
- 03** Chiusura verticale contro terra (CV 7) riferimento scheda (SLPA 07)
- strato protettivo impermeabilizzante con guaina in bentonite di sodio
  - setto in cemento armato 200 mm
  - strato protettivo impermeabilizzante con guaina in bentonite di sodio
  - muratura esistente in roccia calcarea spessore variabile (> 500 mm)
  - rasatura in calce-canapulo rapporto 1:8 30 mm
  - isolante morbido in fibra di canapa 100 mm interposto tra montanti in legno 60x100 mm
  - freno al vapore in carta kraft oleata
  - parete in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 100 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale : 0,22 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
  - sfasamento: 16h 00'

- 04** Chiusura inferiore contro terra (CI 3) riferimento scheda (SLPA 09)
- vespaio aerato con igloo con paratie per la canalizzazione dei flussi d'aria 450 mm posati su magrone di spessore 10 mm
  - soletta collaborante in cemento armato 80 mm con rete elettrosaldata Ø 5 mm 100 x 100 mm
  - isolante rigido in fibra di legno ad alta densità idrofobizzato 80 mm
  - massetto per impianti in calce-canapulo rapporto 1:2, 60 mm
  - pannello presagomato in fibra di legno per impianto di riscaldamento 30 mm
  - massetto posato a secco di sabbia finissima 35 mm interposta a listelli in legno per fissaggio dei listoni del pavimento
  - carta craft oleata con funzione contenitiva del elemento sabbia
  - listoni di pavimento in legno di betulla tratto 15 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale : 0,27 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
- 05** Chiusura verticale (CV 8) riferimento scheda (SLPA 08)
- doghe in legno di larice 25 mm
  - camera d'aria ventilata 25 mm
  - carta kraft oleata con funzione antivento e pioggia
  - isolante morbido in fibra di canapa 100 + 100 mm interposto tra montanti in legno 60 x 100
  - carta kraft oleata con funzione di freno a vapore
  - parete in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 100 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale: 0,16 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
  - sfasamento: 11h 00'
- 06** Partizione orizzontale
- lastra in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 150 mm
  - carton feltro bitumato
  - massetto per impianti in calce-canapulo rapporto 1:2, 80 mm
  - pannello presagomato in fibra di legno per impianto di riscaldamento 30 mm
  - massetto posato a secco di sabbia finissima 35 mm interposta a listelli in legno per fissaggio dei listoni del pavimento
  - carta craft oleata con funzione contenitiva del elemento sabbia
  - listoni di pavimento in legno di betulla tratto 15 mm

LEGENDA

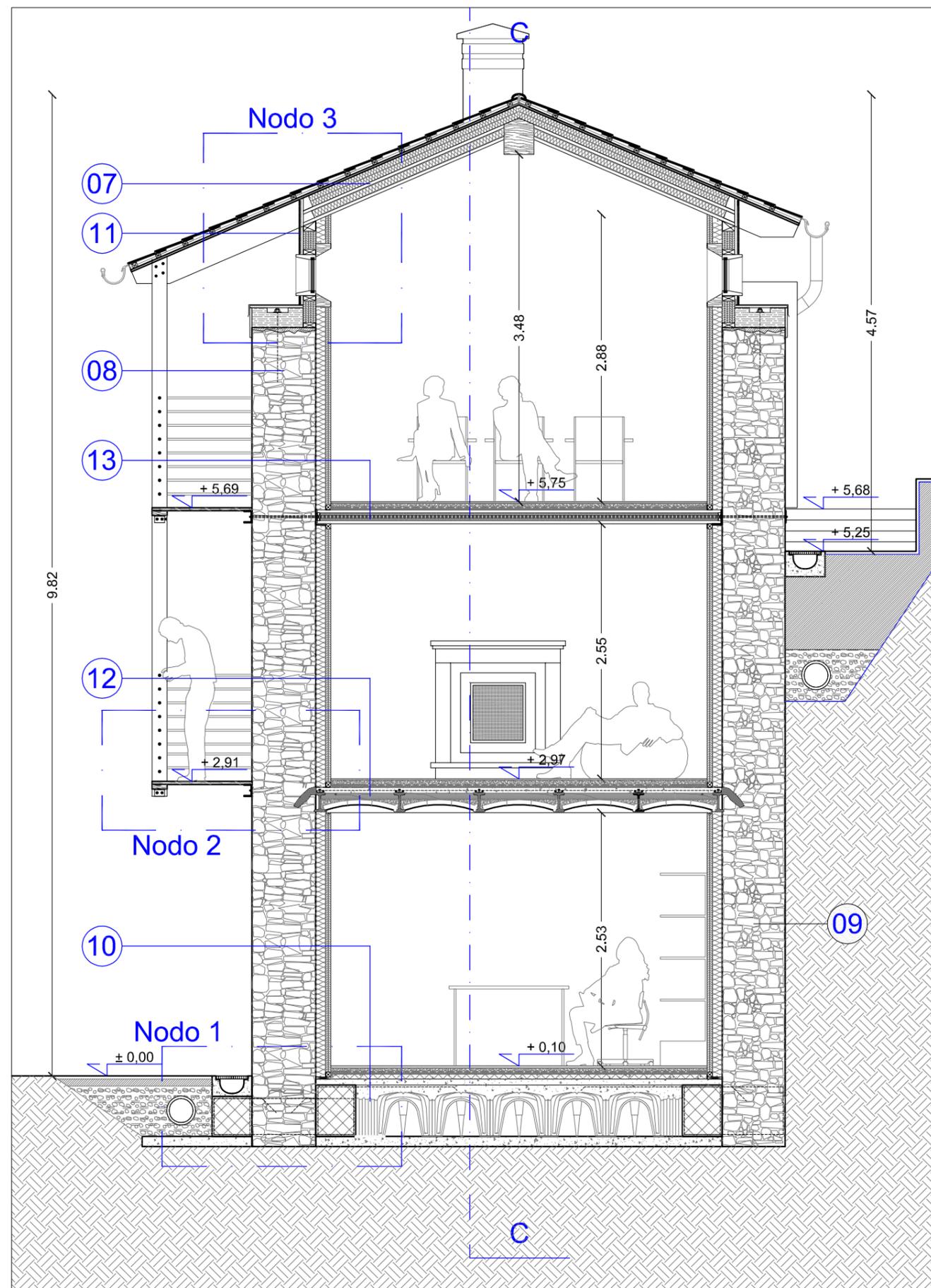


SEZIONE E - E'

- 01** Chiusura superiore inclinata (CS 3) riferimento scheda (SLPA 08)
- coppi in laterizio con sistema integrato elettrocoppo
  - listelli in legno ferma coppo 50 x 50 mm
  - guaina traspirante, resistente all'acqua, antistrappo, in fibre naturali tipo carta kraft oleata
  - pannello sottotegola in fibre di legno idrofobizzato 20 mm
  - isolante morbido in fibra di canapa 200 mm
  - lastra in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 125 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale : 0,14 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
  - sfasamento: 14h 00'
- 02** Chiusura verticale (CV 6) riferimento scheda (SLPA 07)
- muratura esistente in roccia calcarea spessore variabile (> 500 mm)
  - rasatura in calce-canapulo in rapporto 1:8, 30 mm
  - isolante morbido in fibra di canapa 100 mm interposto tra montanti in legno 60x100 mm
  - freno al vapore con carta kraft oleata
  - parete in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 100 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale : 0,24 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
  - sfasamento: 14h 00'
- 03** Chiusura verticale contro terra (CV 7) riferimento scheda (SLPA 07)
- strato protettivo impermeabilizzante con guaina in bentonite di sodio
  - setto in cemento armato 200 mm
  - strato protettivo impermeabilizzante con guaina in bentonite di sodio
  - muratura esistente in roccia calcarea spessore variabile (> 500 mm)
  - rasatura in calce-canapulo rapporto 1:8 30 mm
  - isolante morbido in fibra di canapa 100 mm interposto tra montanti in legno 60x100 mm
  - freno al vapore in carta kraft oleata
  - parete in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 100 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale : 0,22 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
  - sfasamento: 16h 00'

- 04** Chiusura inferiore contro terra (CI 3) riferimento scheda (SLPA 09)
- vespaio aerato con igloo con paratie per la canalizzazione dei flussi d'aria 450 mm posati su magrone di spessore 10 mm
  - soletta collaborante in cemento armato 80 mm con rete elettrosaldata Ø 5 mm 100 x 100 mm
  - isolante rigido in fibra di legno ad alta densità idrofobizzato 80 mm
  - massetto per impianti in calce-canapulo rapporto 1:2, 60 mm
  - pannello presagomato in fibra di legno per impianto di riscaldamento 30 mm
  - massetto posato a secco di sabbia finissima 35 mm interposta a listelli in legno per fissaggio dei listoni del pavimento
  - carta craft oleata con funzione contenitiva del elemento sabbia
  - listoni di pavimento in legno di betulla tratto 15 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale : 0,27 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
- 05** Chiusura verticale (CV 8) riferimento scheda (SLPA 08)
- doghe in legno di larice 25 mm
  - camera d'aria ventilata 25 mm
  - carta kraft oleata con funzione antivento e pioggia
  - isolante morbido in fibra di canapa 100 + 100 mm interposto tra montanti in legno 60 x 100
  - carta kraft oleata con funzione di freno a vapore
  - parete in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 100 mm
- prestazioni:**
- trasmittanza termica totale: 0,16 W/m<sup>2</sup>k
  - condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
  - sfasamento: 11h 00'
- 06** Partizione orizzontale
- lastra in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 150 mm
  - carton feltro bitumato
  - massetto per impianti in calce-canapulo rapporto 1:2, 80 mm
  - pannello presagomato in fibra di legno per impianto di riscaldamento 30 mm
  - massetto posato a secco di sabbia finissima 35 mm interposta a listelli in legno per fissaggio dei listoni del pavimento
  - carta craft oleata con funzione contenitiva del elemento sabbia
  - listoni di pavimento in legno di betulla tratto 15 mm

LEGENDA



SEZIONE A - A'

**07 Chiusura superiore inclinata (CS 2) riferimento scheda (SLPA 05)**

- coppi in laterizio con sistema integrato per il solare termico
- listelli in legno ferma coppo 50 x 50 mm
- guaina traspirante, resistente all'acqua, antistrappo, in fibre naturali tipo carta kraft oleata
- pannello sottotegola in fibre di legno idrofobizzato 20 mm
- isolante morbido in fibra di canapa 130 mm interposto tra le travi in legno
- elemento a guscio portante isolato tipo lignatur LKE 140 mm

**prestazioni:**

- trasmittanza termica totale : 0,18 W/m<sup>2</sup>k
- condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
- sfasamento: 14h 00'

**08 Chiusura verticale (CV 3) riferimento scheda (SLPA 04)**

- muratura esistente in roccia calcarea spessore variabile (> 500 mm)
- consolidata con iniezioni di miscele leganti (vedi scheda intervento SI 10)
- rasatura in calce-canapulo in rapporto 1:8, 30 mm
- isolante morbido in fibra di canapa 120 mm interposto tra montanti in legno 80x120 mm
- doppio tavolato in legno di betulla ad orditura incrociata 25+25 mm

**prestazioni:**

- trasmittanza termica totale: 0,26 W/m<sup>2</sup>k
- condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
- sfasamento: 12h 00'

**09 Chiusura verticale contro terra (CV 4) riferimento scheda (SLPA 04)**

- muratura esistente in roccia calcarea spessore variabile (> 500 mm)
- consolidata con iniezioni di miscele leganti (vedi scheda intervento SI 10)
- rasatura in calce-bentonitica 30 mm con funzione impermeabilizzante (vedi scheda intervento SI 14)
- isolante morbido in fibra di canapa 120 mm interposto tra montanti in legno 80x120 mm
- freno al vapore in carta kraft oleata
- doppio tavolato in legno di betulla ad orditura incrociata 25+25 mm

**prestazioni:**

- trasmittanza termica totale : 0,26 W/m<sup>2</sup>k
- condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
- sfasamento: 12h 00'

**10 Chiusura inferiore contro terra (CI 2) riferimento scheda (SLPA 06)**

- vespaio aerato con igloo con paratie per la canalizzazione dei flussi d'aria 450 mm posati su magrone di spessore 100 mm
- soletta collaborante in cemento armato 80 mm con rete elettrosaldata Ø 5 mm 100 x100
- massetto per impianti in calce-canapulo rapporto 1:2, 60 mm
- isolante rigido in fibra di legno ad alta densità idrofobizzato 50 mm

- pannello presagomato in fibra di legno per impianto di riscaldamento 30 mm
- massetto posato a secco di sabbia finissima 35 mm interposta a listelli in legno per fissaggio dei listoni del pavimento
- carta craft oleata con funzione contenitiva del elemento sabbia
- listoni di pavimento in legno di betulla trattato 15 mm

**prestazioni:**

- trasmittanza termica totale : 0,30 W/m<sup>2</sup>k
- condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>

**11 Chiusura verticale (CV 5) riferimento scheda (SLPA 06)**

- doghe in legno di larice 10 mm
- camera d'aria ventilata 30 mm
- carta kraft oleata con funzione anti vento e pioggia
- parete in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 125 mm
- isolante morbido in fibra di canapa 120 interposto tra montanti in legno 80 x 120
- doppio tavolato in legno di betulla ad orditura incrociata 25+25 mm

**prestazioni:**

- trasmittanza termica totale: 0,20 W/m<sup>2</sup>k
- condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
- sfasamento: 11h 00'

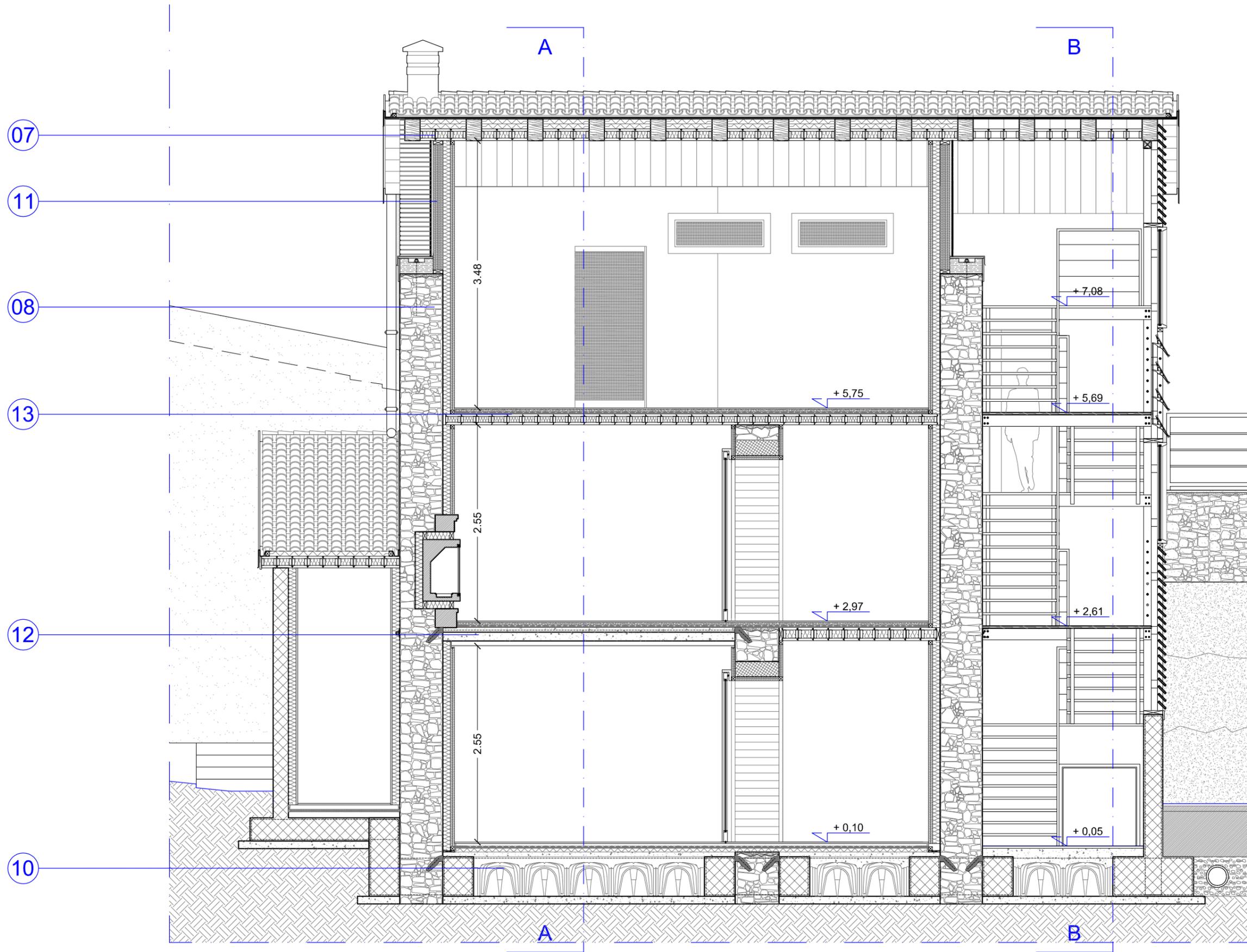
**12 Partizione orizzontale consolidamento solaio esistente**

- soletta in volterrane con travi in ferro e volte in laterizio con alleggerimento in calce canapulo 180 mm
- soletta in cemento armato con rete elettrosaldata Ø 5 mm 100 x100 80 mm, resa collaborante con connettori a piolo e perfori armati lungo le pareti (vedi scheda di intervento SI 18)
- pannello presagomato in fibra di legno per impianto di riscaldamento 30 mm
- massetto posato a secco di sabbia finissima 35 mm interposta a listelli in legno per fissaggio dei listoni del pavimento
- carta craft oleata con funzione contenitiva del elemento sabbia
- listoni di pavimento in legno di betulla trattato 15 mm

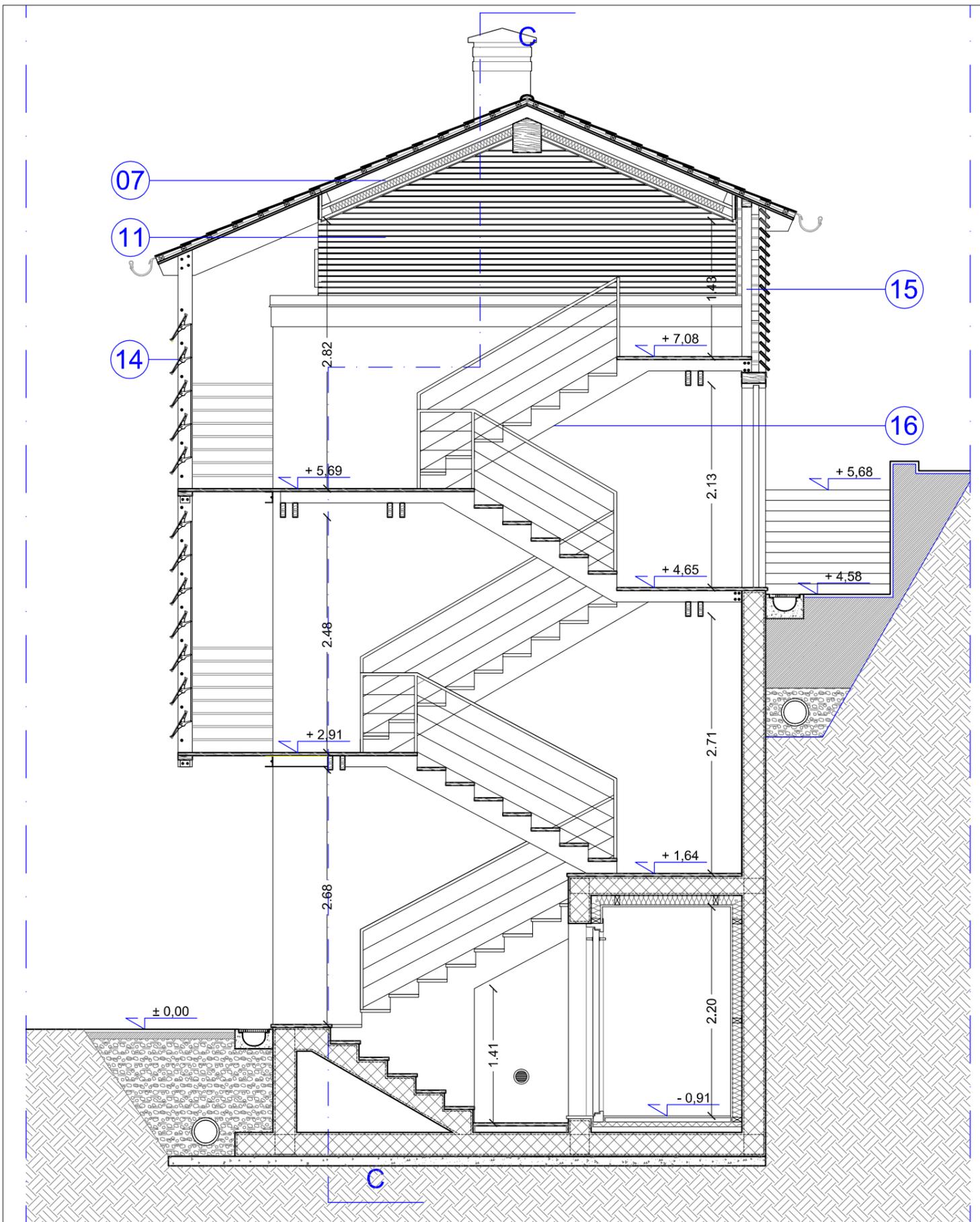
**13 Partizione orizzontale solaio di nuova costruzione**

- elemento a guscio portante isolato tipo lignatur LKE 140 mm (possibilità di posare gli impianti all suo interno)
- pannello presagomato in fibra di legno per impianto di riscaldamento 30 mm
- massetto posato a secco di sabbia finissima 35 mm interposta a listelli in legno per fissaggio dei listoni del pavimento
- carta craft oleata con funzione contenitiva del elemento sabbia
- listoni di pavimento in legno di betulla trattato 15 mm

LEGENDA



SEZIONE C-C'



SEZIONE B-B'

LEGENDA

**07 Chiusura superiore inclinata (CS 2) riferimento scheda (SLPA 05)**

- coppi in laterizio con sistema integrato per il solare termico
- listelli in legno ferma coppo 50 x 50 mm
- guaina traspirante, resistente all'acqua, antistrappo, in fibre naturali tipo carta kraft oleata
- pannello sottotegola in fibre di legno idrofobizzato 20 mm
- isolante morbido in fibra di canapa 130 mm interposto tra le travi in legno
- elemento a guscio portante isolato tipo lignatur LKE 140 mm

**prestazioni:**

- trasmittanza termica totale : 0,18 W/m<sup>2</sup>k
- condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
- sfasamento: 14h 00'

**11 Chiusura verticale (CV 5) riferimento scheda (SLPA 06)**

- doghe in legno di larice 10 mm
- camera d'aria ventilata 30 mm
- carta kraft oleata con funzione anti vento e pioggia
- parete in legno massiccio a strati incrociati X-Lam tipo MHM 125 mm
- isolante morbido in fibra di canapa 120 mm interposto tra montanti in legno 80 x 120
- doppio tavolato in legno di betulla ad orditura incrociata 25+25 mm

**prestazioni:**

- trasmittanza termica totale: 0,20 W/m<sup>2</sup>k
- condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
- sfasamento: 11h 00'

**14 Ballatoio**

- montanti in legno di laconsolidata con iniezioni di miscele leganti (vedi scheda intervento SI 10)
- rasatura in calce-bentonitica 30 mm con funzione impermeabilizzante (vedi scheda intervento SI 14)
- isolante morbido in fibra di canapa 120 mm interposto tra montanti in legno 80x120 mm
- freno al vapore in carta kraft oleata
- doppio tavolato in legno di betulla ad orditura incrociata 25+25 mm

**prestazioni:**

- trasmittanza termica totale : 0,26 W/m<sup>2</sup>k
- condensa presente ma inferiore al limite 500 g/m<sup>2</sup>
- sfasamento: 12h 00'

**15 Chiusura aperta verticale scala**

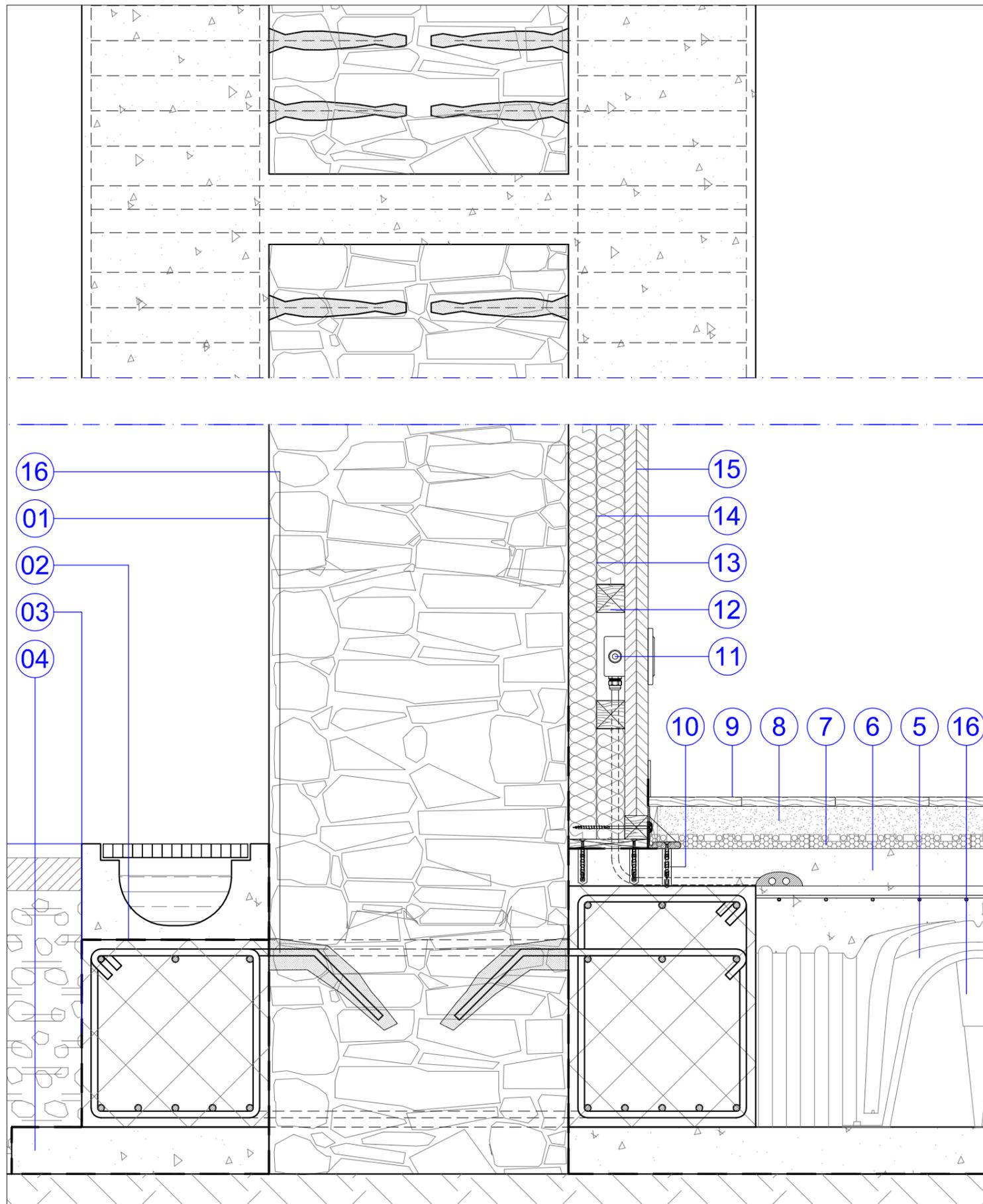
- rivestimento con doghe di legno di castagno chiodate a dei listelli in legno a semplice orditura.
- montanti con sistema Upsi fissati alla muratura e alla soletta di copertura tramite una trave di coronamento in legno e

**squadrette**

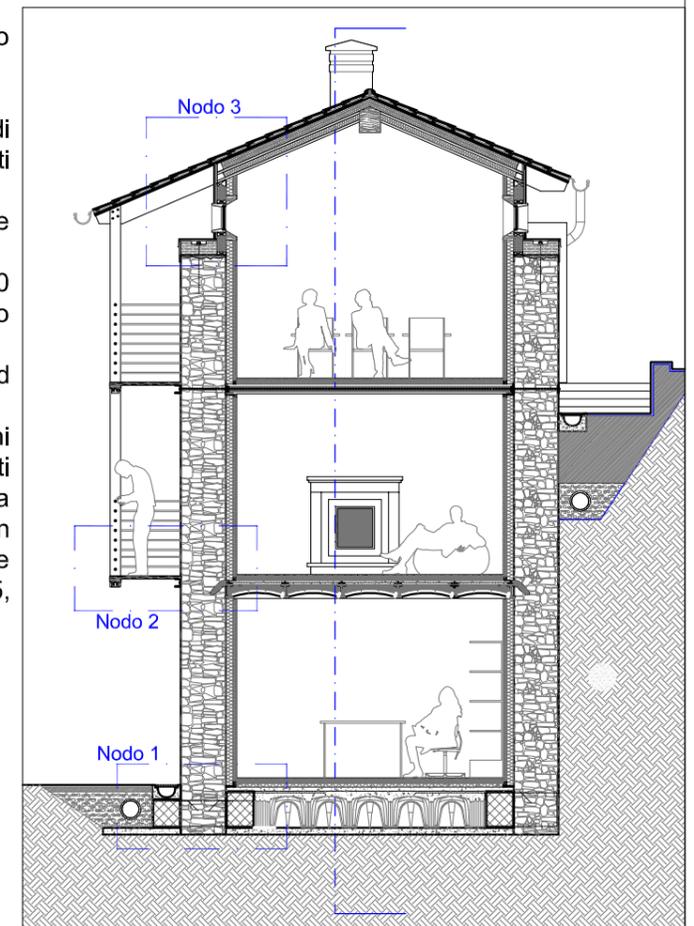
- i correnti sono in acciaio zincato e hanno funzione di parapetto e di legatura dei vari montanti 0'

**16 Scala leggera in legno**

- doppia travatura portante in legno 50x100 mm fissate al muro e montanti mediate elementi in acciaio e imbullonate
- cosciale in legno preformato con sezione 45x120 mm appoggiate sopra le travi e fissate mediante imbullonatura
- pedate e pianerottoli in legno sp 30 mm fissati ai cosciali mediante viti HBS
- parapetto in legno fissato mediante viti HBS



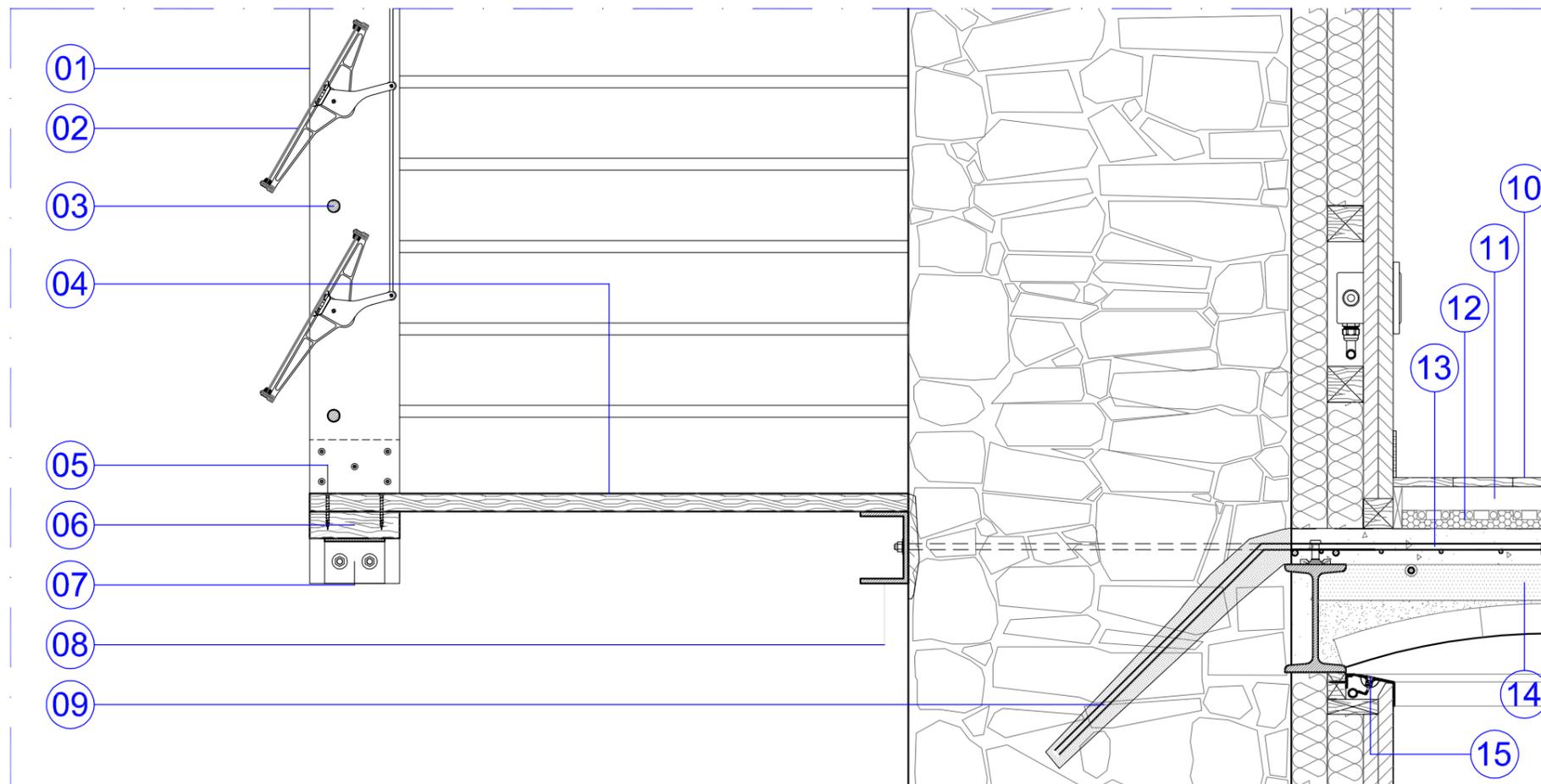
1. -Muratura esistente risanata e consolidata: bonifica (SI 07), ristilatura dei giunti (SI 05 - 06), consolidamento con iniezioni (SI 10), rasatura interna con calce-canapulo 1:8
2. -Membrana in bentonite di sodio in teli per il getto diretto del cemento armato sopra di essa
3. -Cordoli di fondazione in cemento armato per il consolidamento della muratura esistente, con disposizione delle staffe come da disegno in pianta
4. -Magrone 100 mm
5. -Vespaio areato con Igloo con paratie per la canalizzazione dei flussi d'aria 450 mm posati su magrone di spessore 100 mm, e con massetto collaborante in cemento armato 80 mm con rete elettrosaldata Ø 5 mm 100x100
6. -Massetto per impianti in calce-canapulo rapporto 1:2, 80 mm
7. -Pannello presagomato in fibra di legno per impianto di riscaldamento 30 mm
8. -Massetto posato a secco di sabbia finissima 35 mm interposta a listelli in legno per il fissaggio dei listoni del pavimento
9. -Listoni di pavimento in legno di betulla trattato 15 mm
10. -Telaio di fissaggio corrente il legno sacrificale e contro parete
11. -Impianto elettrico
12. -Listelli il legno 60x60 per formazione di canalina per il passaggio dei corrugati degli impianti
13. -Montanti collaboranti in legno di abete 80x120 mm
14. -Isolante morbido in fibra di canapa 120 mm interposto tra i montanti in legno 80x120 mm
15. -Doppio tavolato in legno di betulla ad orditura incrociata 25+25 mm
16. -Consolidamento delle fondazioni tramite costruzione di due cordoli armati a fianco della vecchia muratura esistente e collegati tramite spinotti in c.a. a interasse 65 cm e iniezioni armate con ferri piegati a 45° ad interasse 0,15, vedi scheda intervento SI 12



NODO 1

LEGENDA

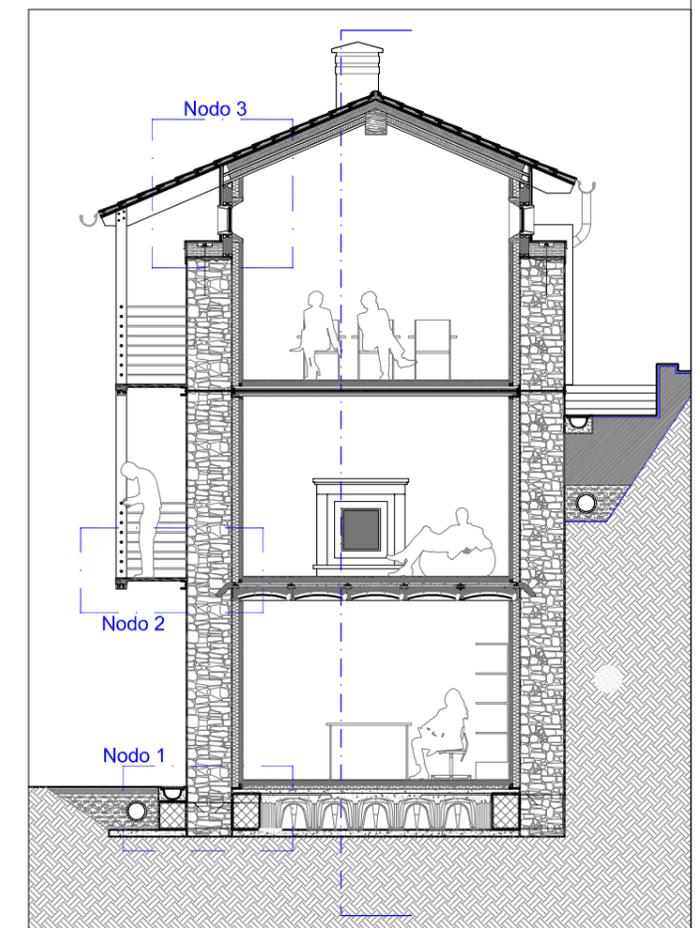
KEYSECTION A-A' SCALA 1:100



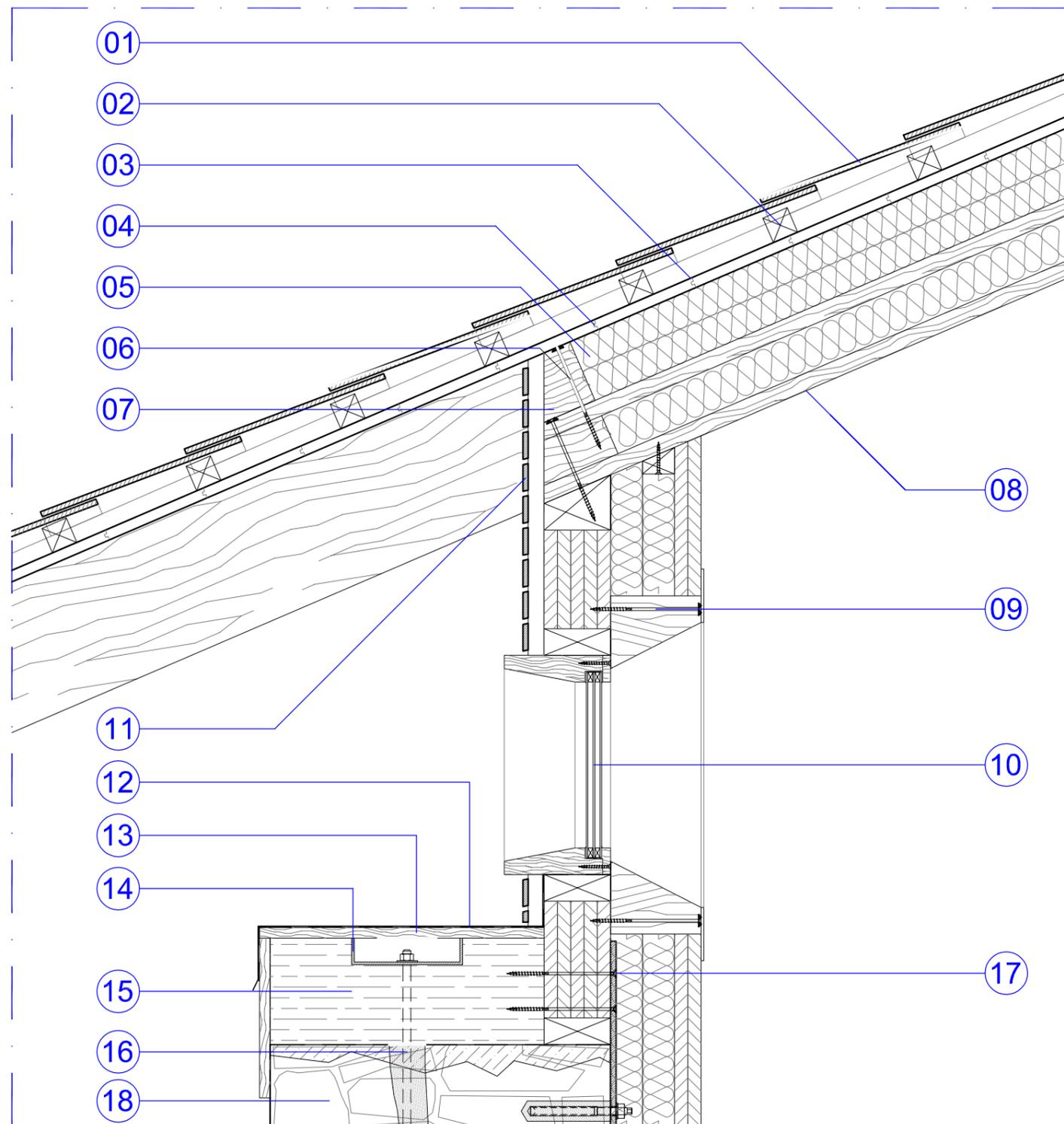
NODO 2

1. -Montante composto da due correnti in legno 30x150 mm con interposti ad altezza del ballatoio elemento in legno per unire la struttura mediante viti HBS e bulloni
2. -Pannello fotovoltaico mono cristallino semi trasparente (con la possibilità di cambio inclinazione in base alle stagioni)
3. -Corrente in acciaio zincato con funzioni di parapetto ed irrigidimento della struttura del ballatoio
4. -Tavole in legno di larice trattato per agenti atmosferici e con spessore 30 mm fissate mediante viti
5. -HBS auto perforanti
6. -Travetto in legno di larice 150x45
7. trattato per agenti atmosferici
7. -Profilo ad L sp 5 mm in acciaio zincato imbullonato ai montanti per sostenere il ballatoio
8. -Profilo a C sp 8 mm in acciaio zincato corrente per tutta la lunghezza di facciata con doppia funzione di chiave e appoggio struttura di ballatoio
9. -Iniezione armata con ferri Ø 18 mm inclinati ed inseriti per una lunghezza di 2/3 dell spessore del muro
10. -Listoni di pavimento in legno di betulla trattato 15 mm
11. -Massetto posato a secco di sabbia finissima 35 mm interposta a listelli in legno per il fissaggio dei listoni del pavimento
12. -Pannello presagomato in fibra di legno per impianto di riscaldamento 30 mm
13. -Consolidamento solaio esistente in volterrane con soletta in cemento armato con rete elettrosaldata Ø 5 mm 100 x100 80 mm, resa collaborante con connettori a piolo e perfori armati lungo le pareti, vedi scheda intervento SI 18
14. -Soletta in volterrane con travi in ferro e volte in laterizio con alleggerimento in calce canapulo 180 mm
15. -Sistema illuminate a faretto led. inseriti in una lamiera zincata preformata per il semplice appoggio sulle pareti il legno

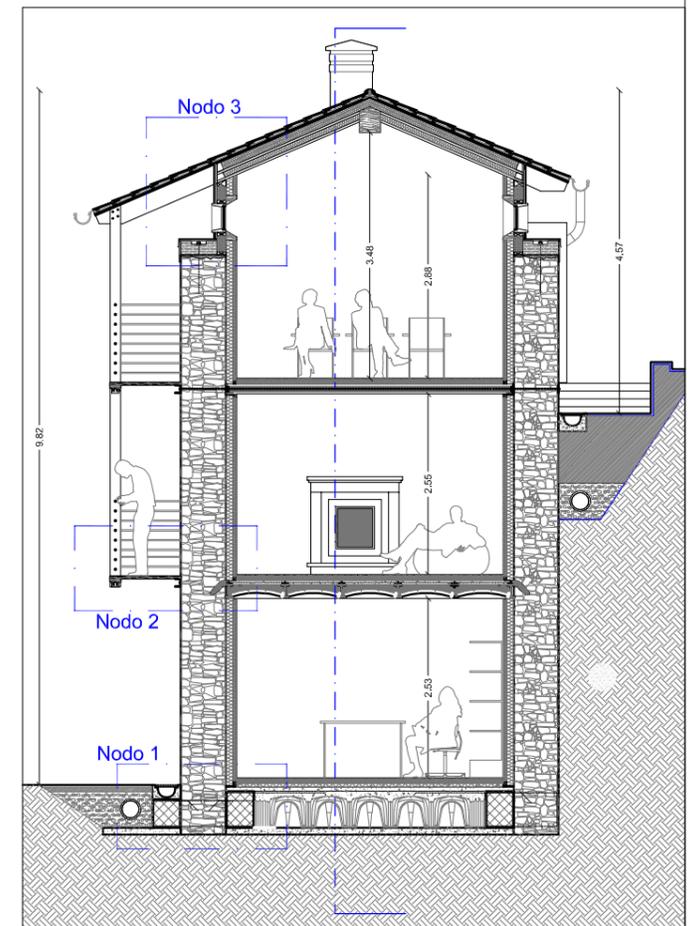
LEGENDA



KEYSECTION A-A' SCALA 1:100



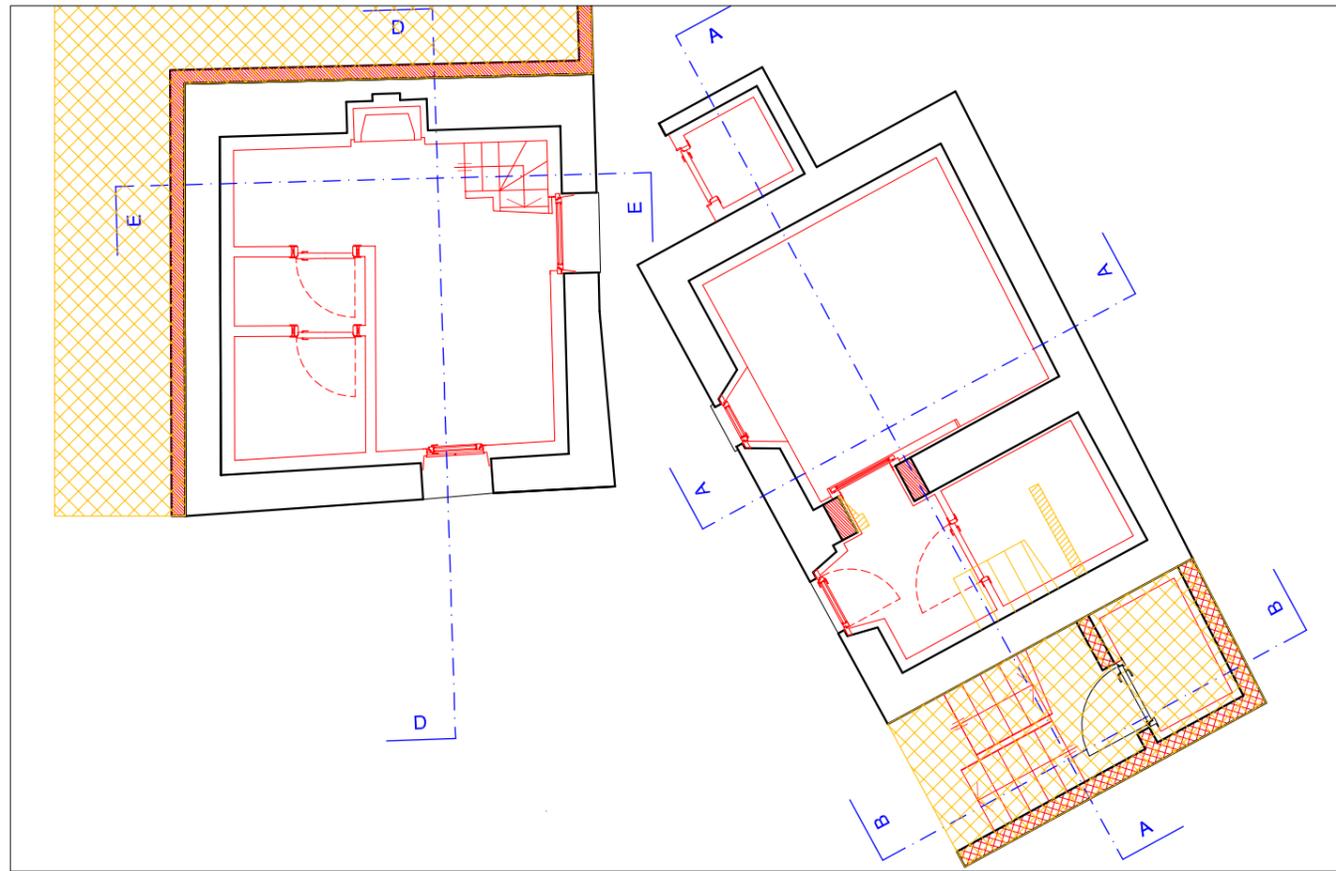
1. -Coppo di copertura con recupero di quelli esistenti (vedi scheda intervento SI 01)
2. -Listelli in legno fermacoppo 50X50 mm carta oleata con funzione
3. -Impermeabilizzante e antivento
4. -Pannello sotto tegola in fibra di legno idrofobizzato, con incastro maschio e femmina
5. - Isolante morbido in fibra di canapa 60 + 70 mm
6. -Viti HBS auto perforanti
7. -Profilo il legno
8. -Elemento scatolare portante lignatur LKE con interposto isolamento in fibra vegetale
9. -Profili in legno sagomato per bloccaggio serramento
10. -Serramento in legno con doppia vetro camera 4+12+4+12+4
11. -Doghe 10 mm e camera ventilata 25 mm
12. -Scossalina in acciaio zincato
13. -Assi in legno a protezione della trave
14. -Profilo a C in acciaio zincato
15. -Trave di coronamento in legno massiccio
16. -Ancoraggio: perfori Ø30/75 L=60/100 cm, barre Ø20/75 L=60/100 cm, iniezioni con miscele antiritiro, scheda intervento di riferimento SI 16
17. -Piastra di fissaggio dell'elemento parete X-Lam
18. -Muratura esistente risanata e consolidata: bonifica (SI 07), ristilatura dei giunti (SI 05 - 06), consolidamento con iniezioni (SI 10), rasatura interna con calce-canapulo 1:8



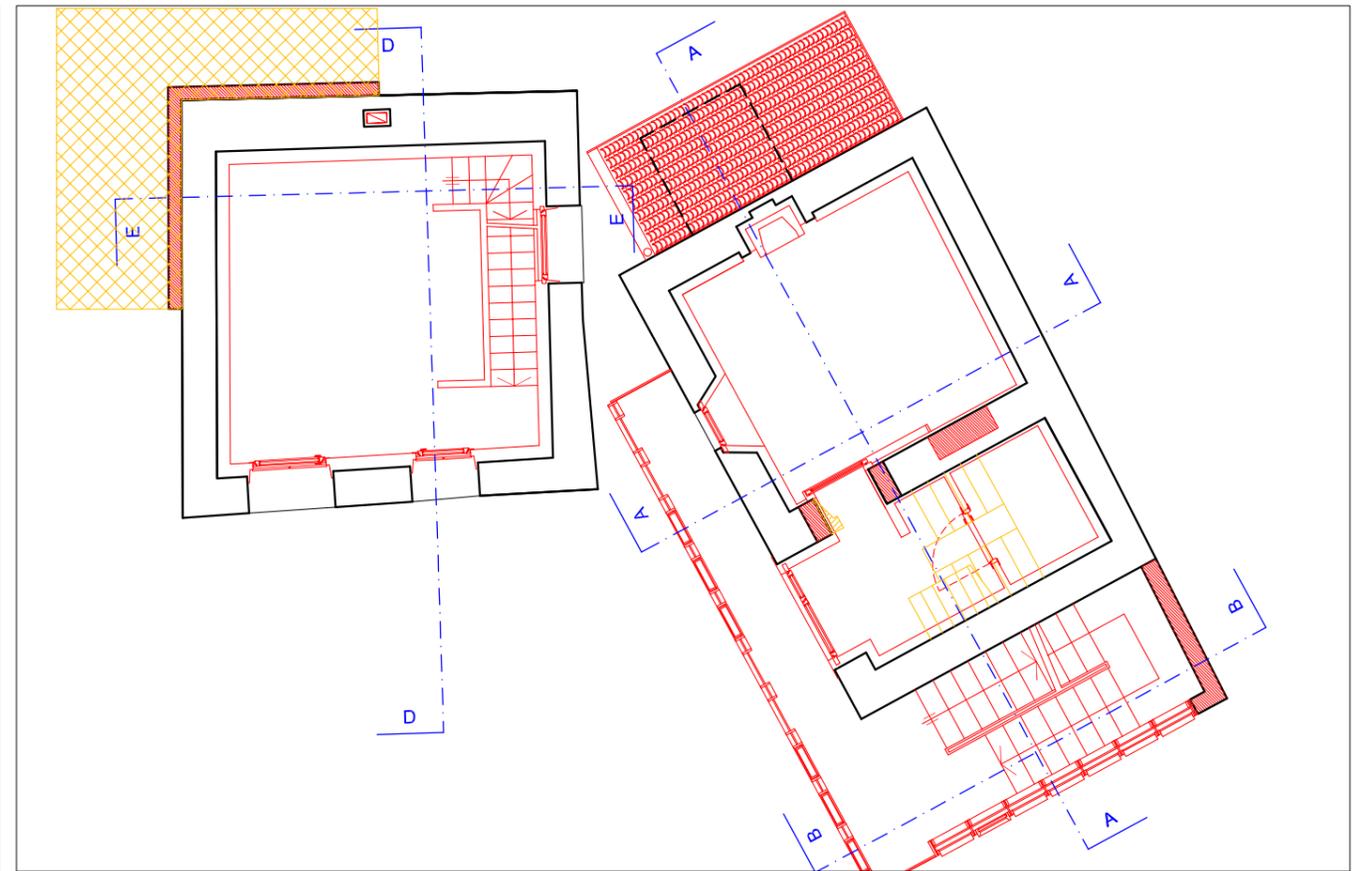
NODO 3

LEGENDA

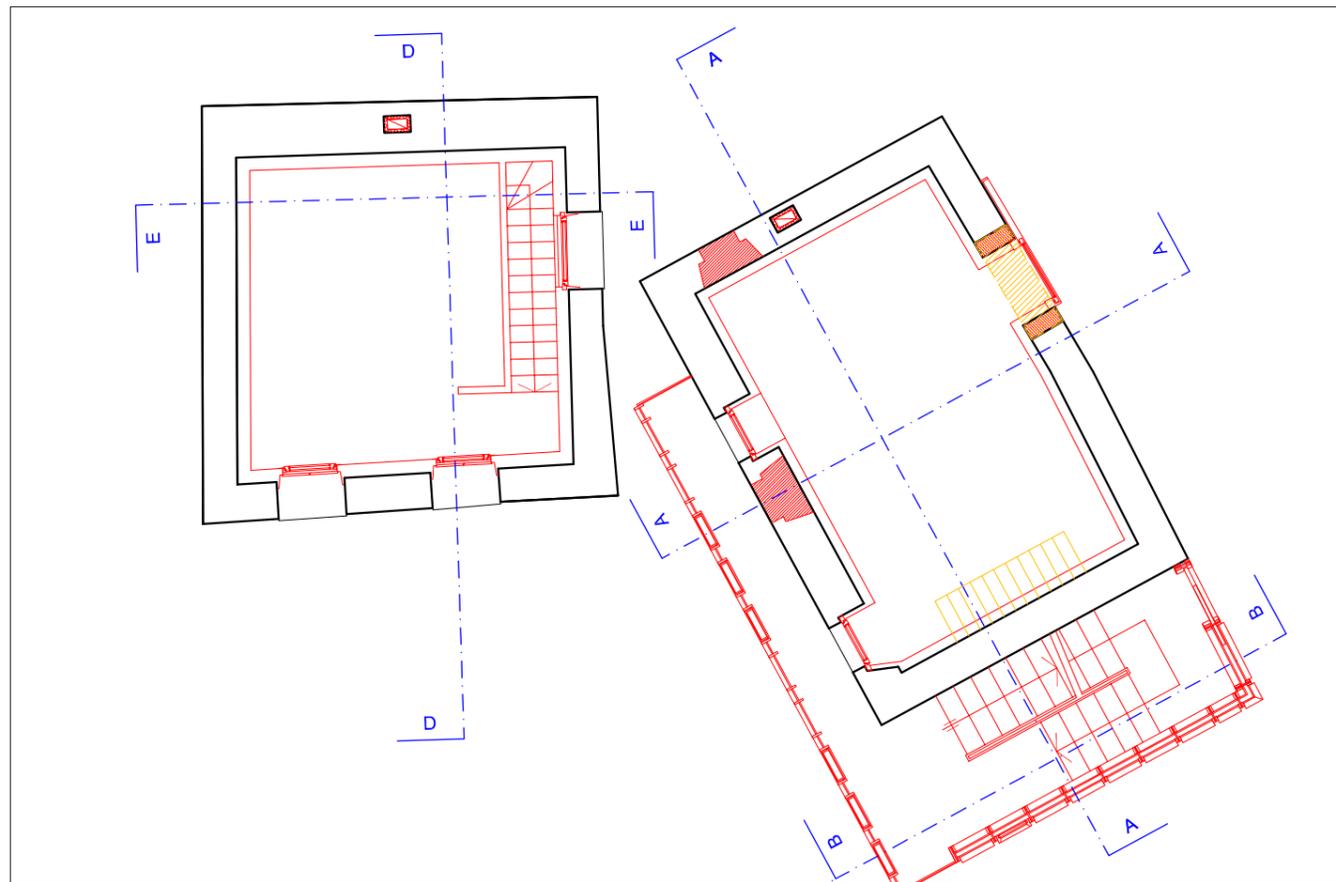
KEYSECTION A-A' SCALA 1:100



PIANTA LIVELLO 0



PIANTA LIVELLO 1



PIANTA LIVELLO 2

	- Sbancamento terreno
	- Demolizioni
	- Costruzioni
	- Demolizioni e ricostruzioni

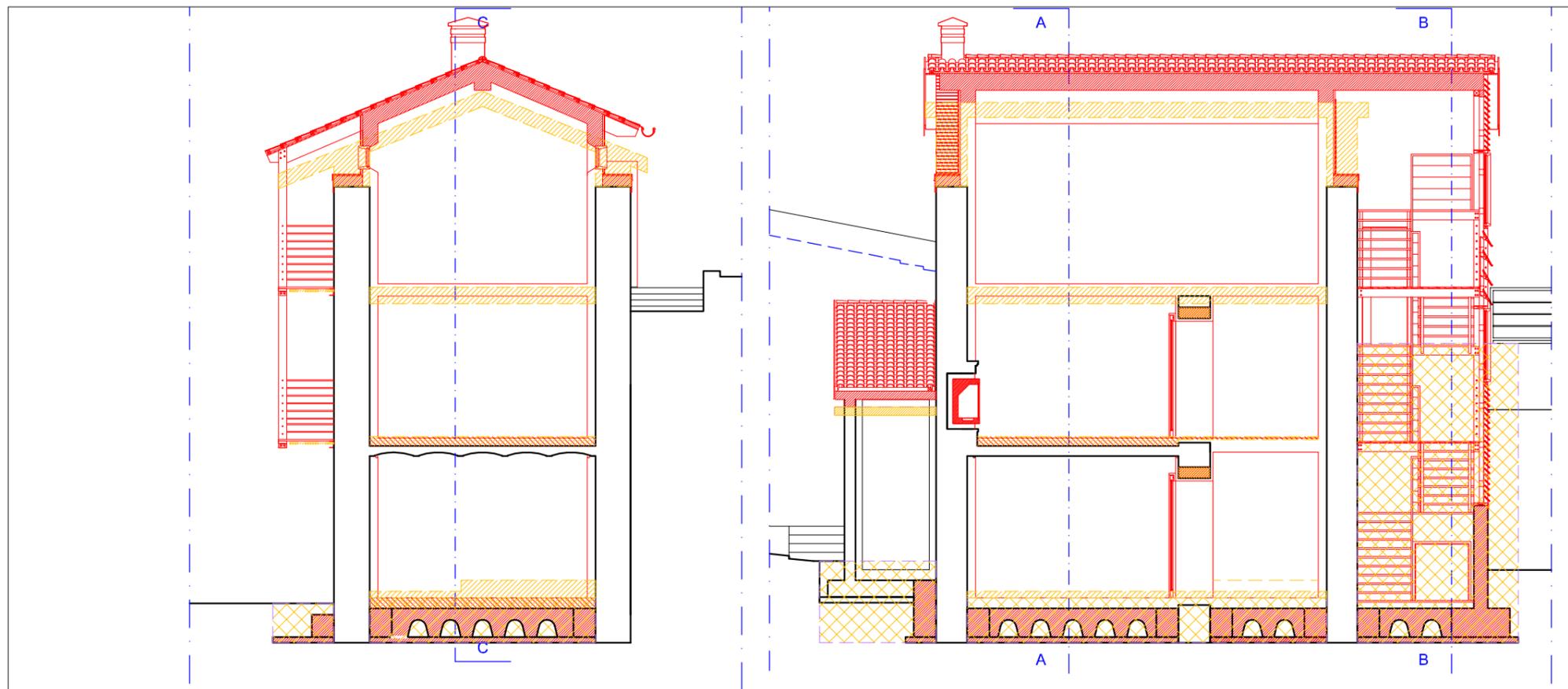
LEGENDA



PROSPETTO EST

PROSPETTO OVEST

SEZIONE B-B'

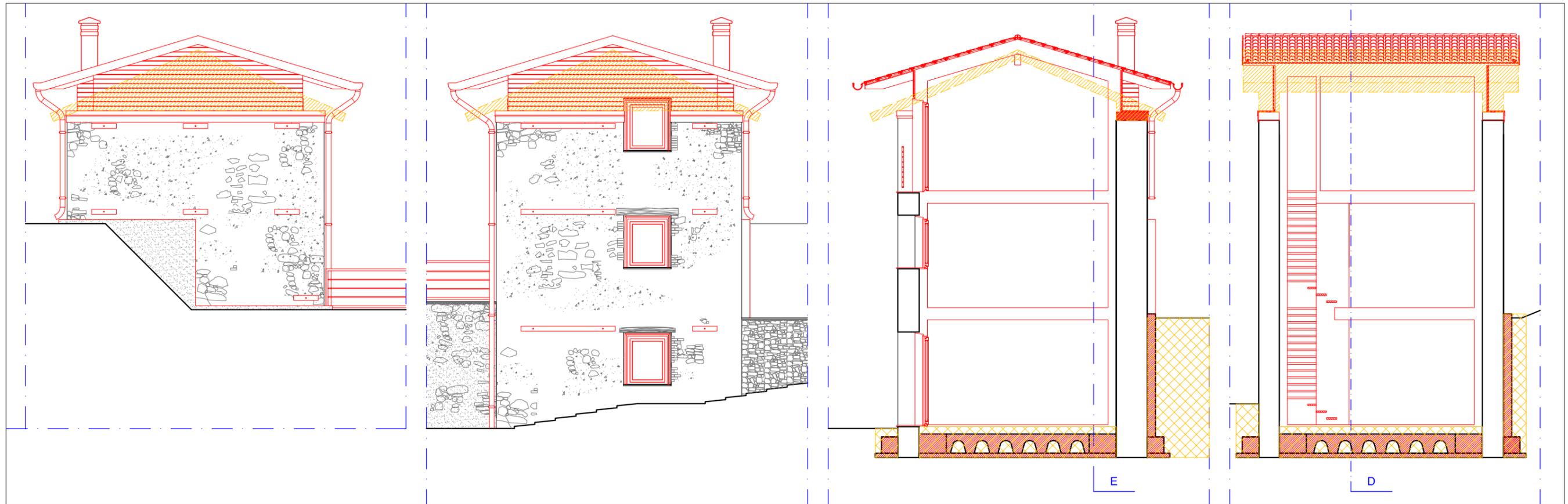


SEZIONE A-A'

SEZIONE C-C'

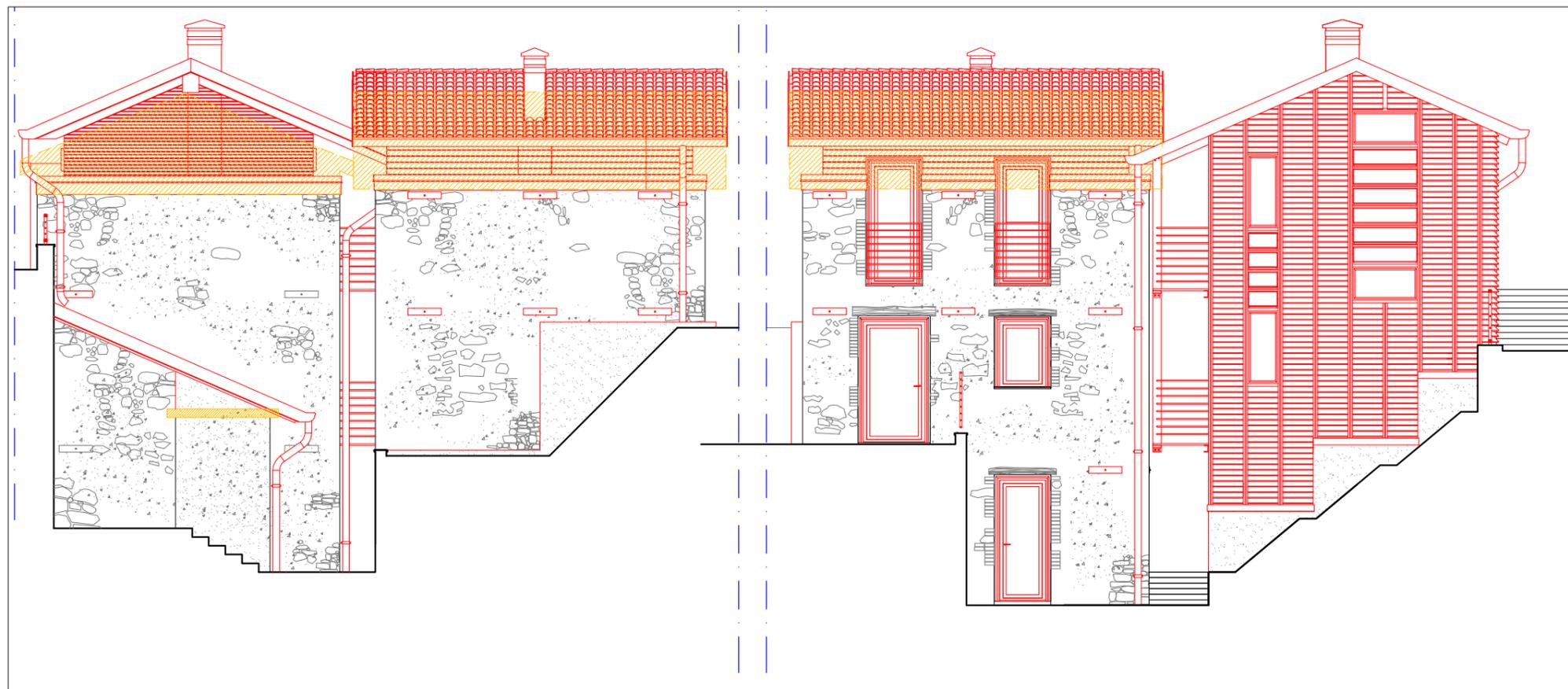
	- Sbancamento terreno
	- Demolizioni
	- Costruzioni
	- Demolizioni e ricostruzioni

LEGENDA



PROSPETTI NORD - OVEST E SUD EST ED.16

SEZIONE D-D', E-E', ED. 16

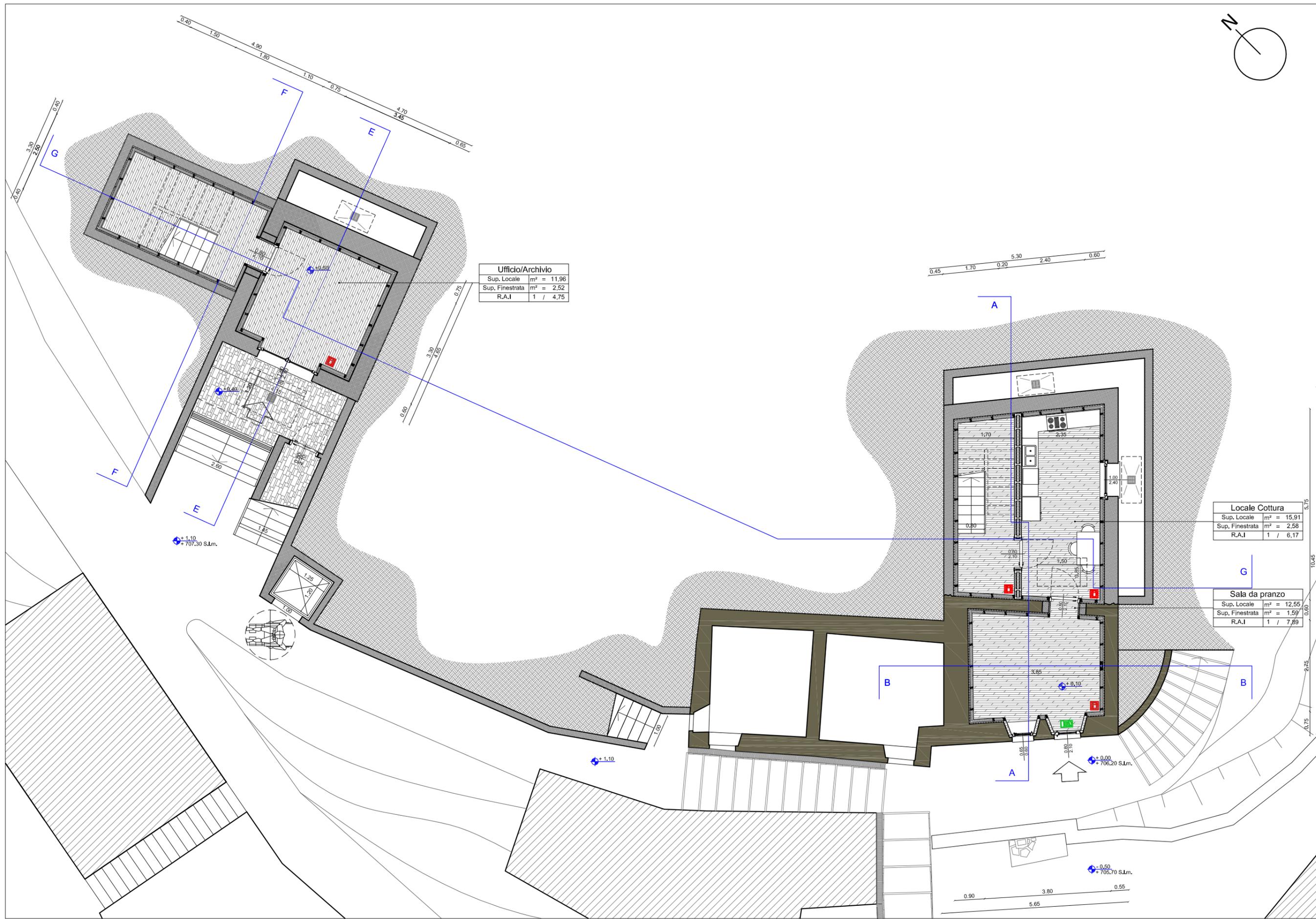
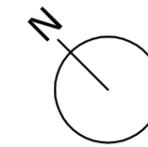


PROSPETTO NORD - EST ED. 16, 17

PROSPETTO SUD - EST ED. 16, 17

LEGENDA

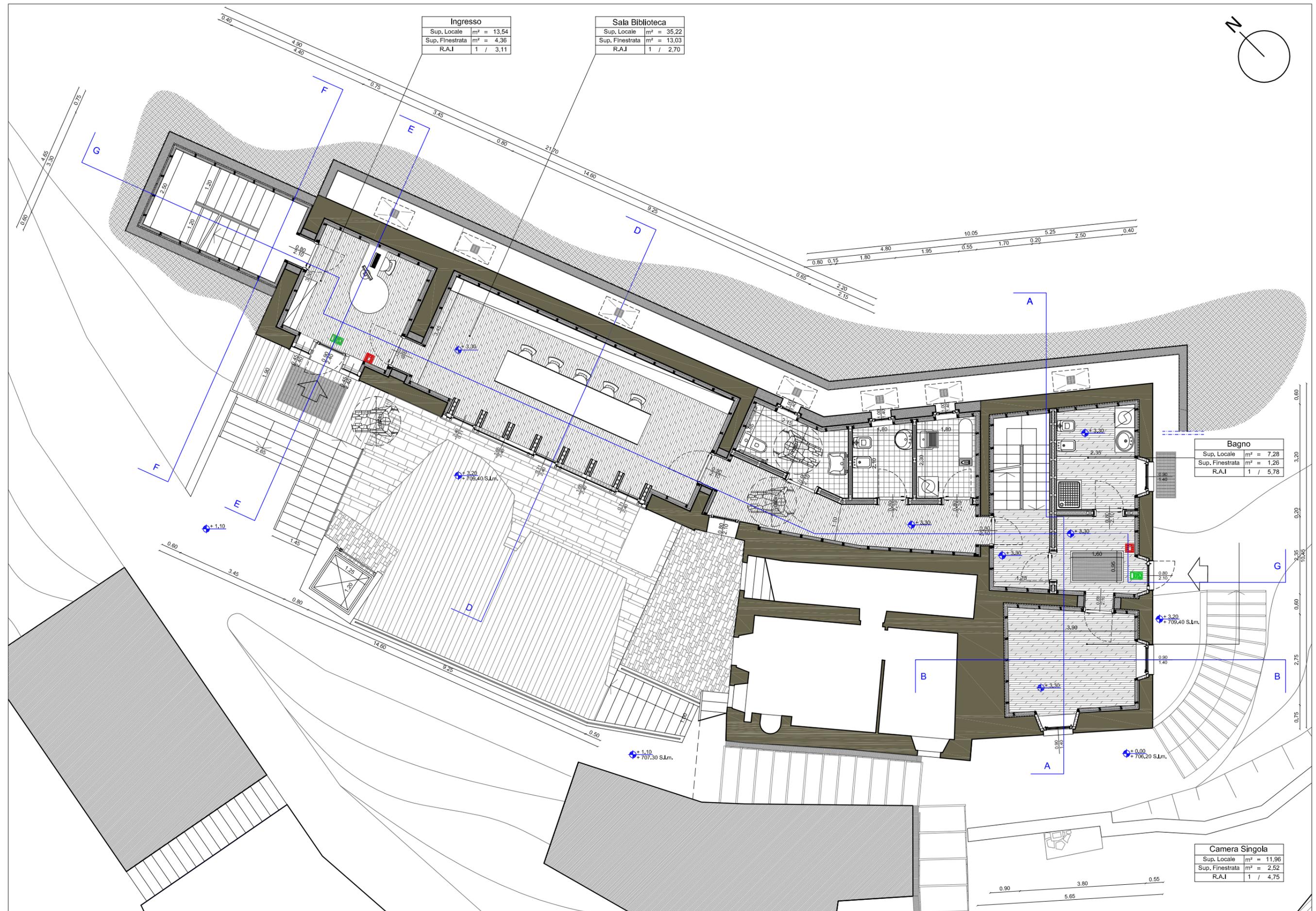
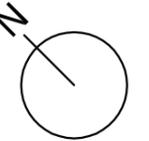
-  - Sbancamento terreno
-  - Demolizioni
-  - Costruzioni
-  - Demolizioni e ricostruzioni



Ufficio/Archivio	
Sup. Locale	m <sup>2</sup> = 11,96
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup> = 2,52
R.A.I	1 / 4,75

Locale Cottura	
Sup. Locale	m <sup>2</sup> = 15,91
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup> = 2,58
R.A.I	1 / 6,17

Sala da pranzo	
Sup. Locale	m <sup>2</sup> = 12,55
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup> = 1,59
R.A.I	1 / 7,89

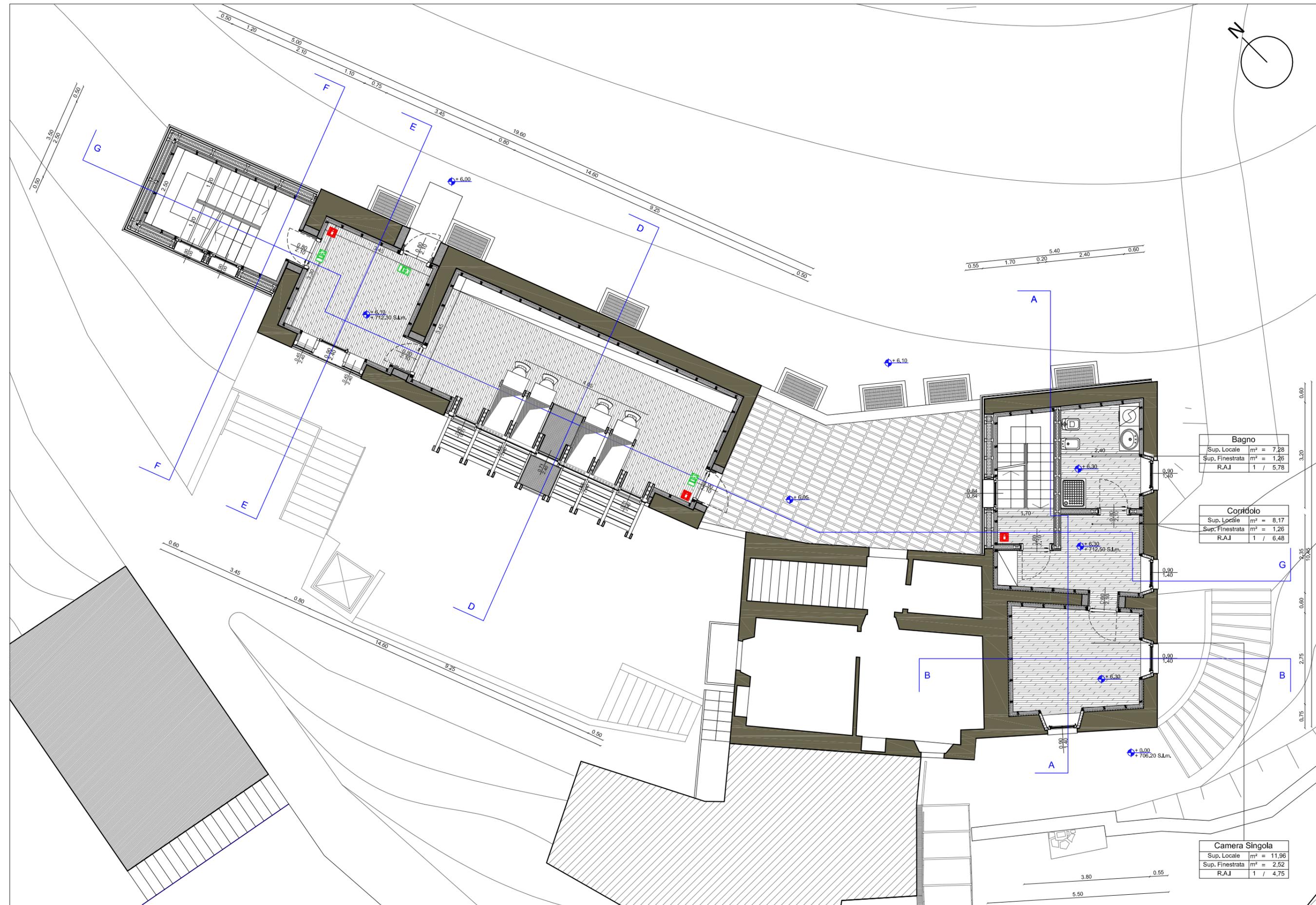


Ingresso	
Sup. Locale	m <sup>2</sup> = 13,54
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup> = 4,36
R.A.I	1 / 3,11

Sala Biblioteca	
Sup. Locale	m <sup>2</sup> = 35,22
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup> = 13,03
R.A.I	1 / 2,70

Bagno	
Sup. Locale	m <sup>2</sup> = 7,28
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup> = 1,26
R.A.I	1 / 5,78

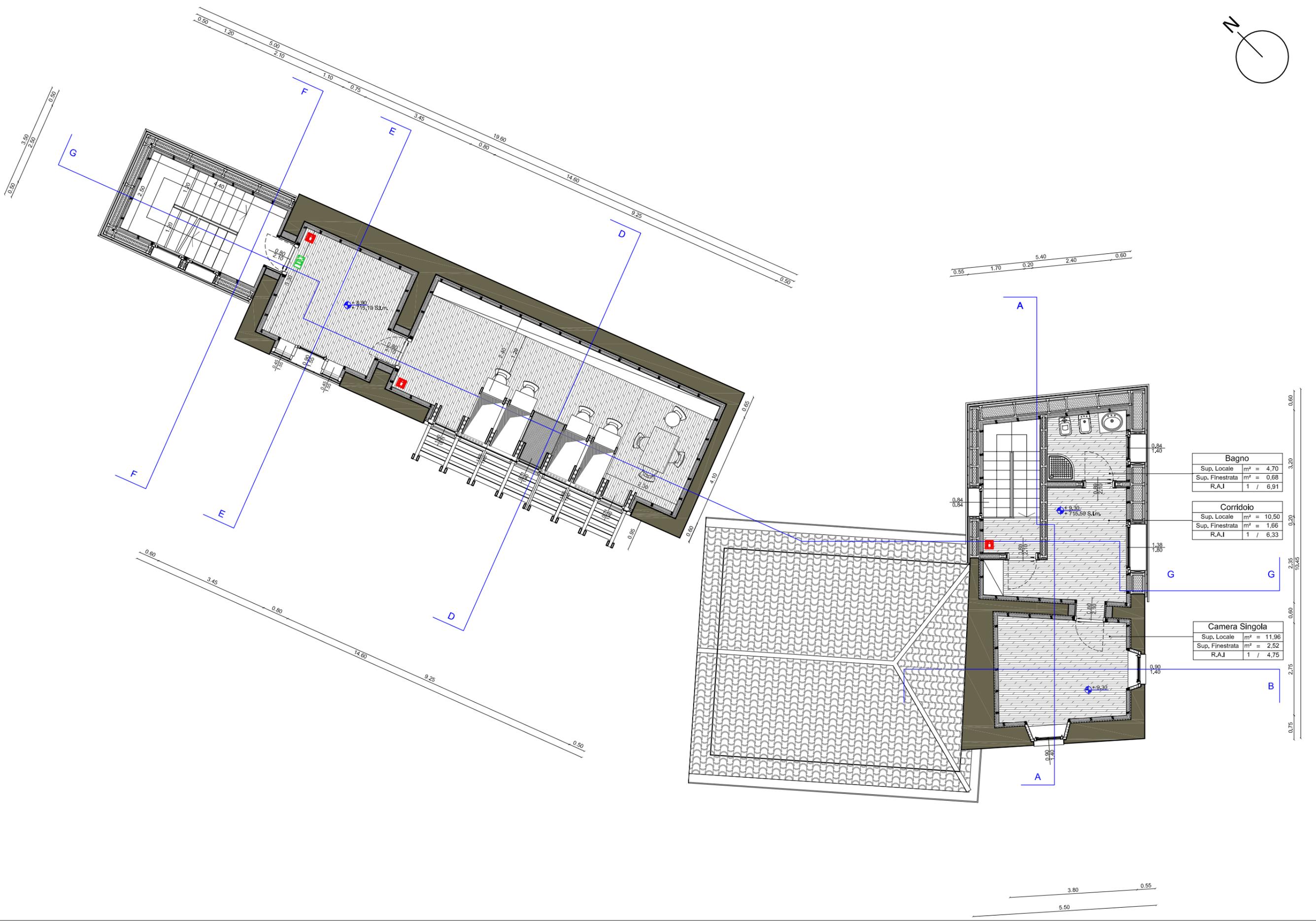
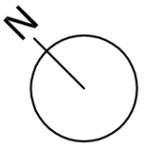
Camera Singola	
Sup. Locale	m <sup>2</sup> = 11,96
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup> = 2,52
R.A.I	1 / 4,75



Bagno		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 7,28
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	= 1,26
R.A.J	1 /	5,78

Corridoio		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 8,17
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	= 1,26
R.A.J	1 /	6,48

Camera Singola		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 11,96
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	= 2,52
R.A.J	1 /	4,75



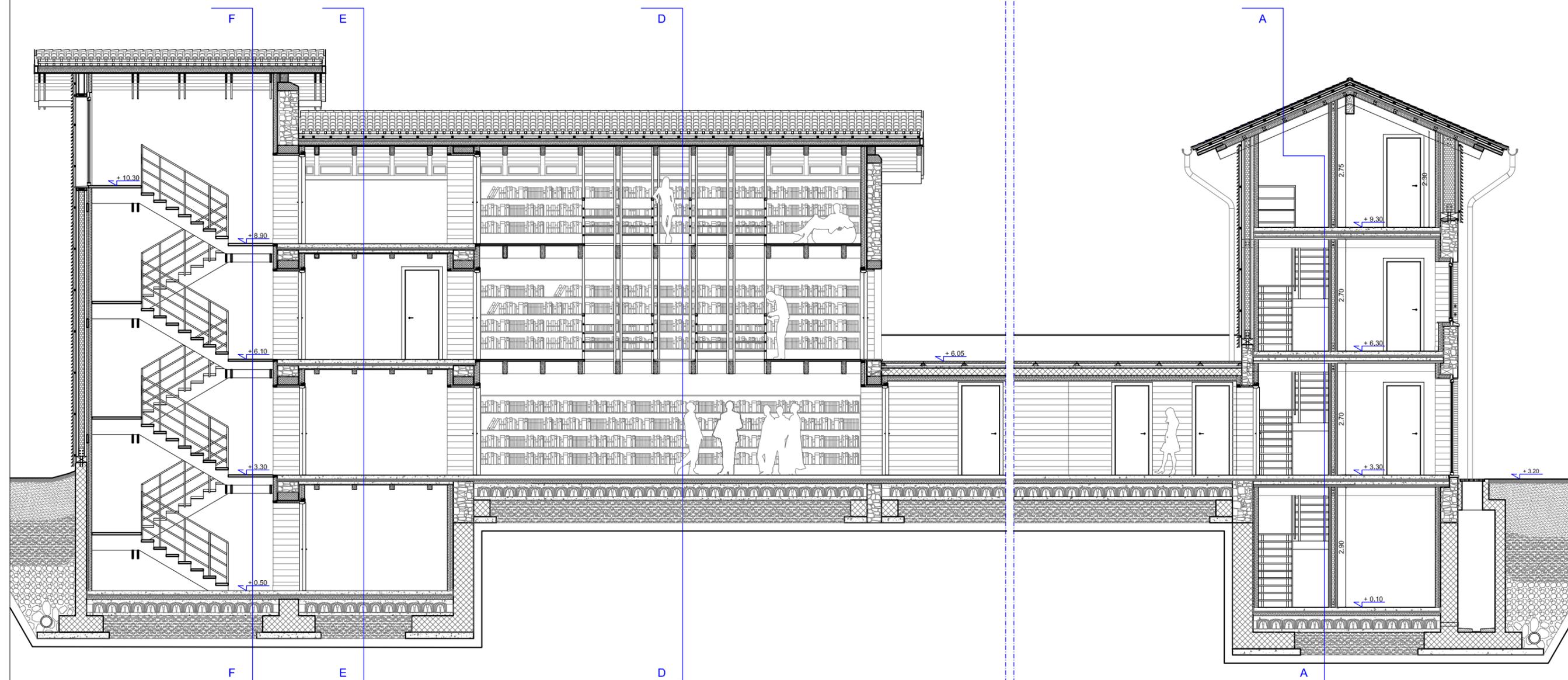
Bagno		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 4,70
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	= 0,68
R.A.I	1 /	6,91

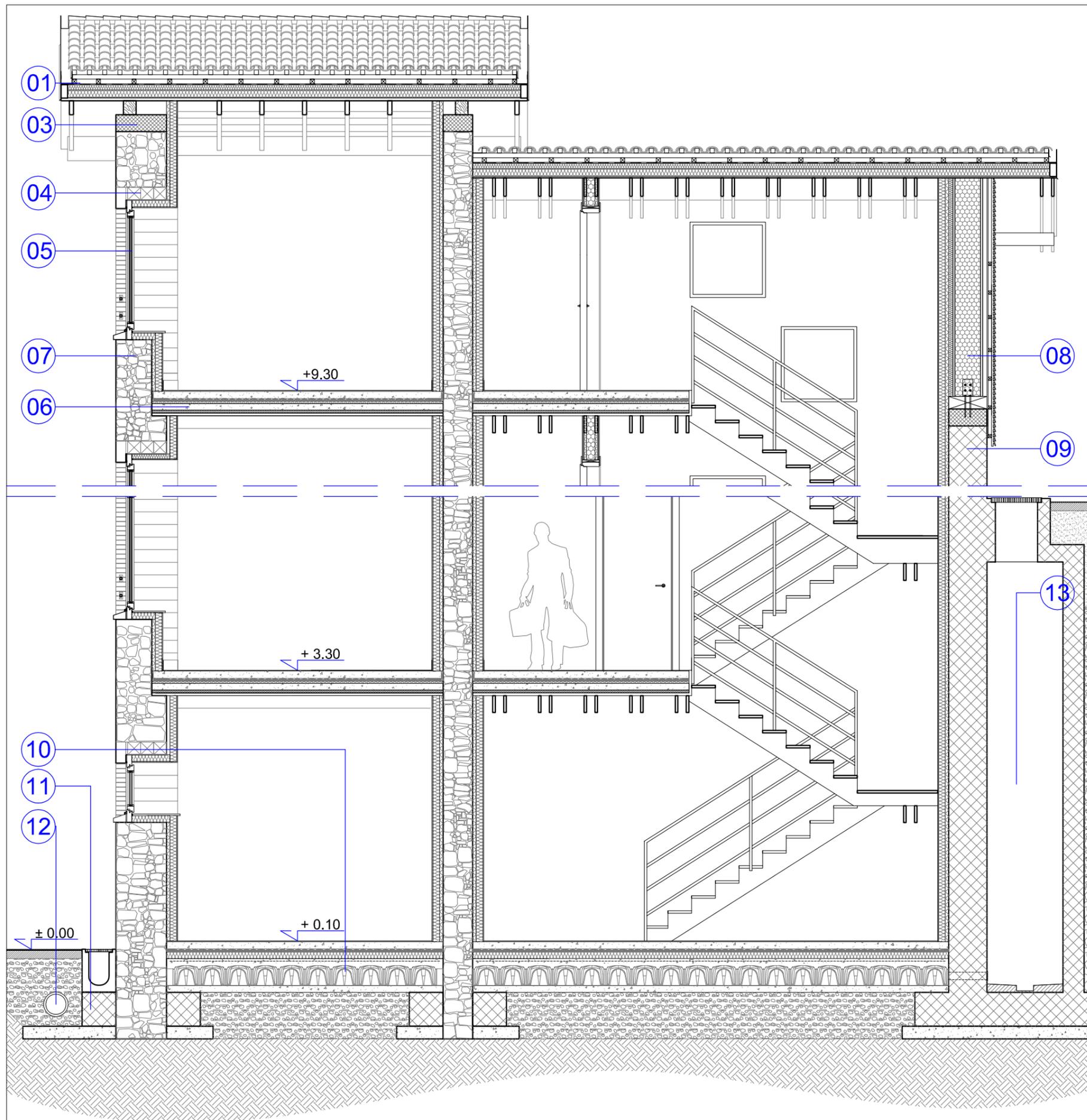
Corridoio		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 10,50
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	= 1,66
R.A.I	1 /	6,33

Camera Singola		
Sup. Locale	m <sup>2</sup>	= 11,96
Sup. Finestrata	m <sup>2</sup>	= 2,52
R.A.I	1 /	4,75









**01 Copertura ventilata (vedi SLPA 01):**

- coppi in laterizio con recupero di quelli esistenti. riferimento scheda (SI 01)
- listelli di castagno 50X50mm
- controlistelli 50x50mm
- listelli di castagno 50X50mm
- guaina traspirante, resistente all'acqua, antistrappo, composta da un materassino di fibre libere di polietilene (HDPE) compresse fra di loro
- isolante in pannelli rigidi in fibre di legno biocompatibile densità 60 mm (250 kg/m<sup>3</sup>) + 80mm (150 kg/m<sup>3</sup>) composti da fibre di legno pressate (il legno di cui sono composti proviene da boschi a gestione sostenibile).
- pannelli in legno di castagno riciclato 35 mm
- perline in legno di castagno"maschio e femmina"20 mm
- travetti a vista con funzione portante in legno di castagno 150X50 mm con interasse 500 mm
- griglia parapasseri in zinco-titanio.

**prestazioni:**

- trasmittanza termica totale: 0.24 W/m<sup>2</sup>k
- condensa non presente
- sfasamento: 12h 29'

**02 Nuova gronda in acciaio zincato ( vedi SI 03) :**

- canale di gronda di forma semicircolare sviluppo 330 mm munito di due riccioli anteriore e posteriore per maggiore stabilità della barra
  - giunto a pezzo unico, spessore di 9/10 mm con guarnizione interna in EPDM a garanzia di tenuta nel tempo. Sarà fissato a scatto con un gancio di sicurezza.
  - testata di spessore di 7/10 mm con guarnizione in EPDM, simmetrica destra e sinistra montata ad incastro
  - staffa di sezione di 4 x 24 mm sostiene il canale su tutta la circonferenza e munita di due alette per il giusto posizionamento del canale
  - scossalina completa composta da barra sottotegola e barra frontale in un elemento unico
  - bochello di raccordo a forma d'imbuto agganciato all'esterno del canale senza necessita di saldature o guarnizioni
  - pluviale circolare elettrosaldato senza aggraffatura
  - elemento terminale di pluviale spessore 10/10 mm
- Il canale di gronda sarà sostenuto da staffe dello stesso materiale ogni 90 cm. Il fissaggio alla struttura deve essere eseguito tramite chiodi o viti. Gli elementi di tenuta e giunti saranno attrezzati con un sistema di bloccaggio meccanico.

- 03 Cordolo in calcestruzzo armato alleggerito 1400kg/m<sup>3</sup> con funzione di collegamento delle murature perimetrali esistenti con ancoraggi in acciaio con lunghezza variabile in resina epossidica**

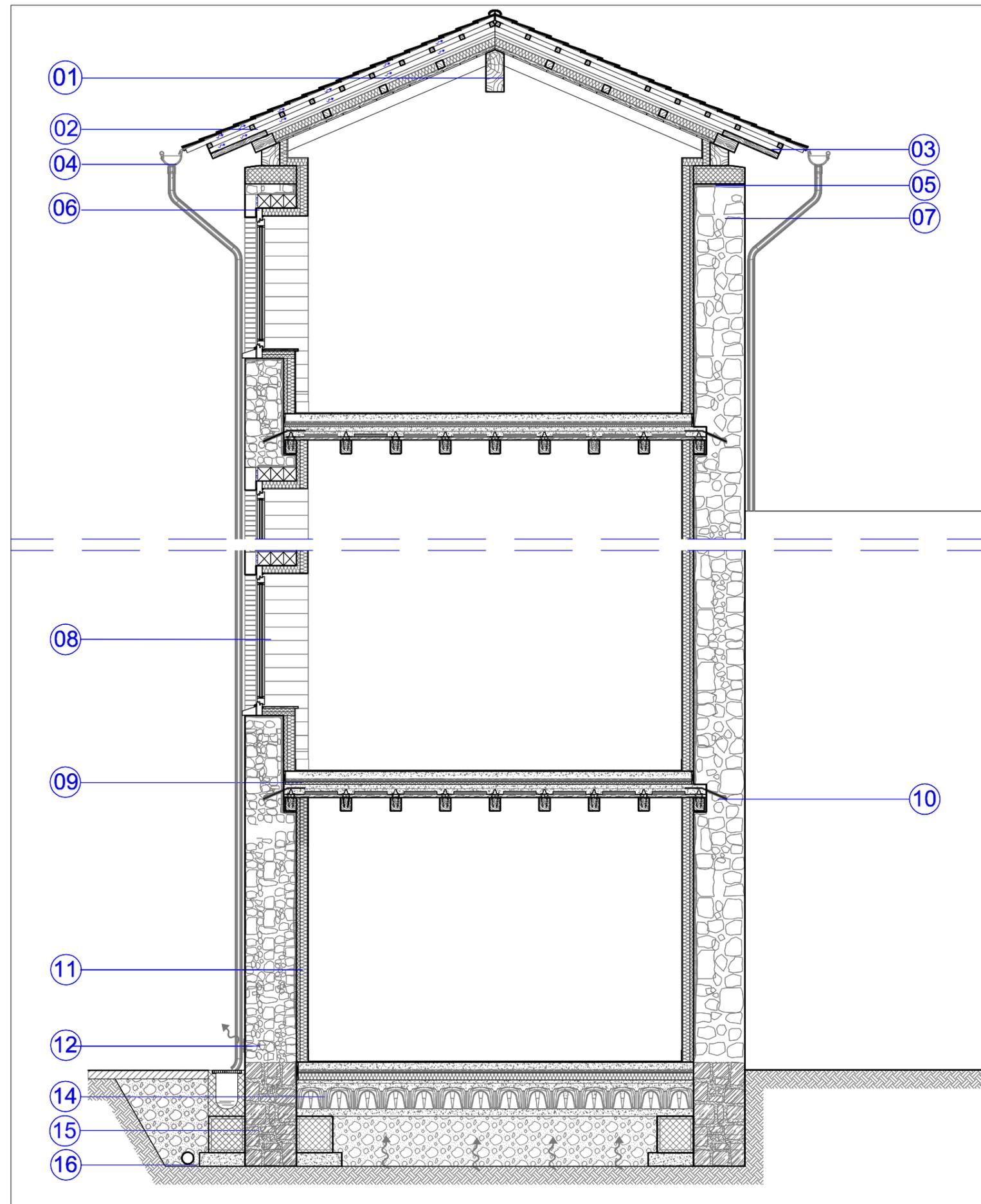
**04 Recupero dell'imbotte in laterizi pieni faccia a vista con pulizia e integrazione dei giunti di malta (vedi scheda SI05)**

- architrave sostituito con elemento scatolare in legno

- 05 Infissi in legno di castagno** abbinati a sughero vaporizzato, vetrocamera 10-16-10 con interposto gas argon. Verniciatura all'acqua Sayerlack: 4 mani oltre 350 micron. Posa in opera con banda autoespandente ILLMOD per la traspirazione del vapore acqueo.

**prestazioni:**

- trasmittanza media dei telai: U<sub>f</sub>= fino a 0,80 W/m<sup>2</sup>K
- trasmittanza media della finestra: U<sub>w</sub>= 1,0 W/m<sup>2</sup>K
- tre guarnizioni Deventer in elastomero termoplastico per valori di permeabilità all'aria. (UNI EN 12207) < di 1 mc/h con vento a 120 Km/h – Classe 4



#### 06 Solai intermedio:

- finitura in parquet 10mm
- sottofondo in cls 80mm
- tubi per riscaldamento a pavimento con isolamento preaccoppiato in polistirene espanso sinterizzato ad alto abbattimento acustico e resistenza termica  $0,75 \text{ m}^2\text{k/W}$
- isolante acustico dei rumori di calpestio costituito da una lamina fonoimpedente rivestita con un velo di fibre polipropilene accoppiata ad un tessuto non tessuto di poliestere fonoresiliente, con cimosa laterale minimo 50mm
- soletta armata 110 mm in cls alleggerito
- pannelli isolanti fonoassorbenti in lana di legno con cemento portland ad alta resistenza con funzione di alleggerimento
- telo impermeabile e traspirante (ad evitare percolamenti di boiaccia e imbibizioni d'acqua delle strutture lignee)
- tavelloni a vista in legno di castagno con funzione cassero 30mm
- travetti in legno di castagno 150x120 mm con recupero di quelli esistenti (riferimento scheda SI02) ancora integri e prestanti con accoppiamento di un profilo metallico LPR (tipo petercox) posato direttamente sulle tavole in corrispondenza delle travi da rinforzare, e fissato a pressione con viti mordenti.

#### prestazioni:

- trasmittanza termica:  $0,33 \text{ W/m}^2\text{k}$
- senza condensa interstiziale
- sfasamento 10h 31'
- indice di valutazione del potere fonoisolante del divisorio: 56 dB

#### 07 Parete esterna recupero:

- muratura in pietra calcarea esistente  $\approx 400 \text{ mm}$
- scarnitura superficiale dell'intonaco esistente, idropulizia a pressione e rinazzo con malta di calce con funzione di regolarizzazione
- inserimento di una barriera chimica nelle pareti soggette a risalita capillare (riferimento scheda SI 08)
- isolante in pannelli rigidi in fibre di legno biocompatibile, densità  $40 \text{ mm}$  ( $250 \text{ kg/m}^3$ ) +  $80 \text{ mm}$  ( $50 \text{ kg/m}^3$ ) composti da fibre di legno pressate (il legno di cui sono composti proviene da boschi a gestione sostenibile)
- freno al vapore a tre strati PP-PO-PP
- finitura interna con assito in legno di castagno 15mm

#### prestazioni:

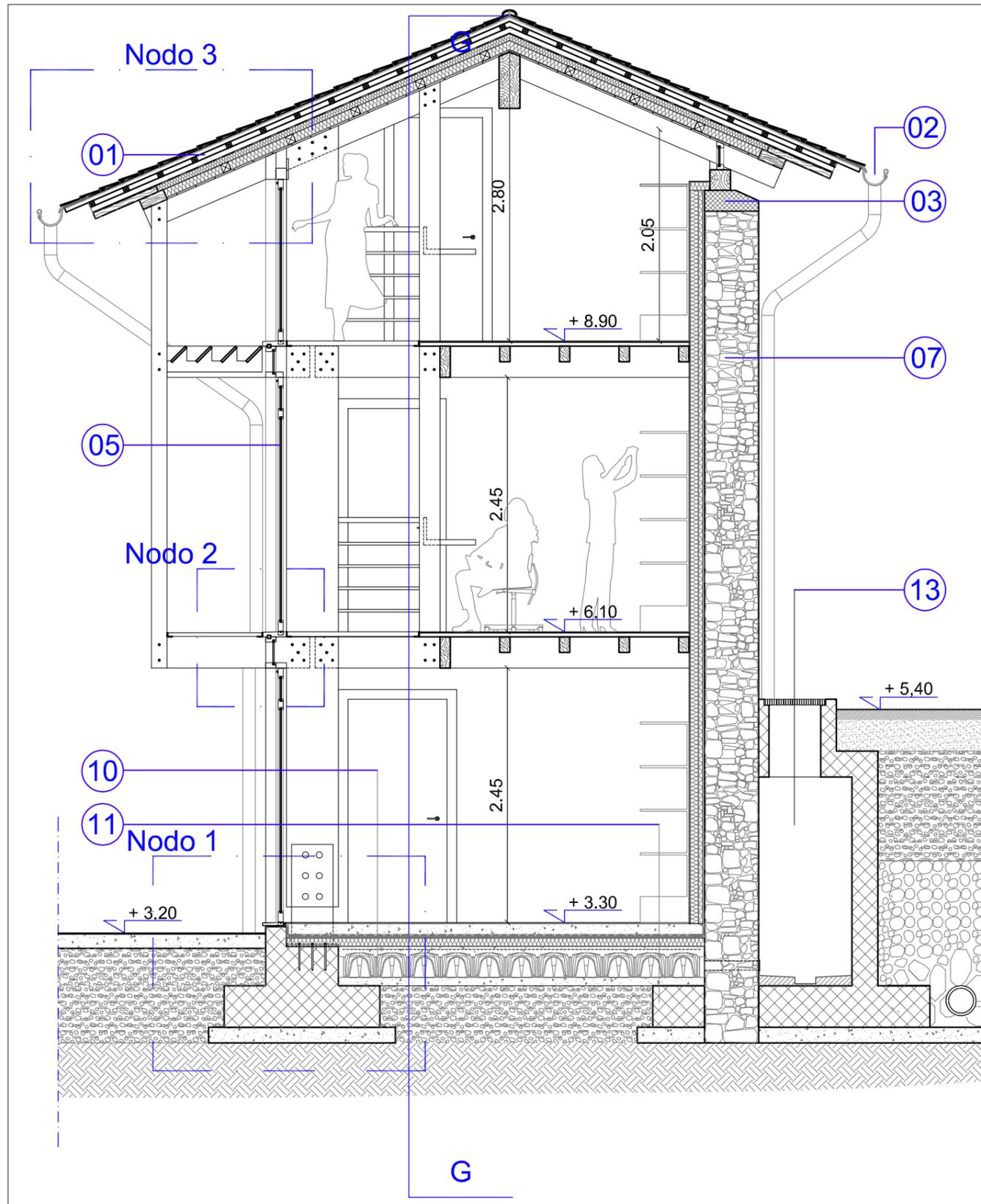
- trasmittanza termica:  $0,30 \text{ W/m}^2\text{k}$
- condensa interstiziale presente ma inferiore al valore limite  $500 \text{ g/m}^2$
- sfasamento 13h 37'
- indice di valutazione del potere fonoisolante del divisorio: 70 dB

#### 08 Parete controterra (elemento nuovo) riferimento scheda (SLPA02):

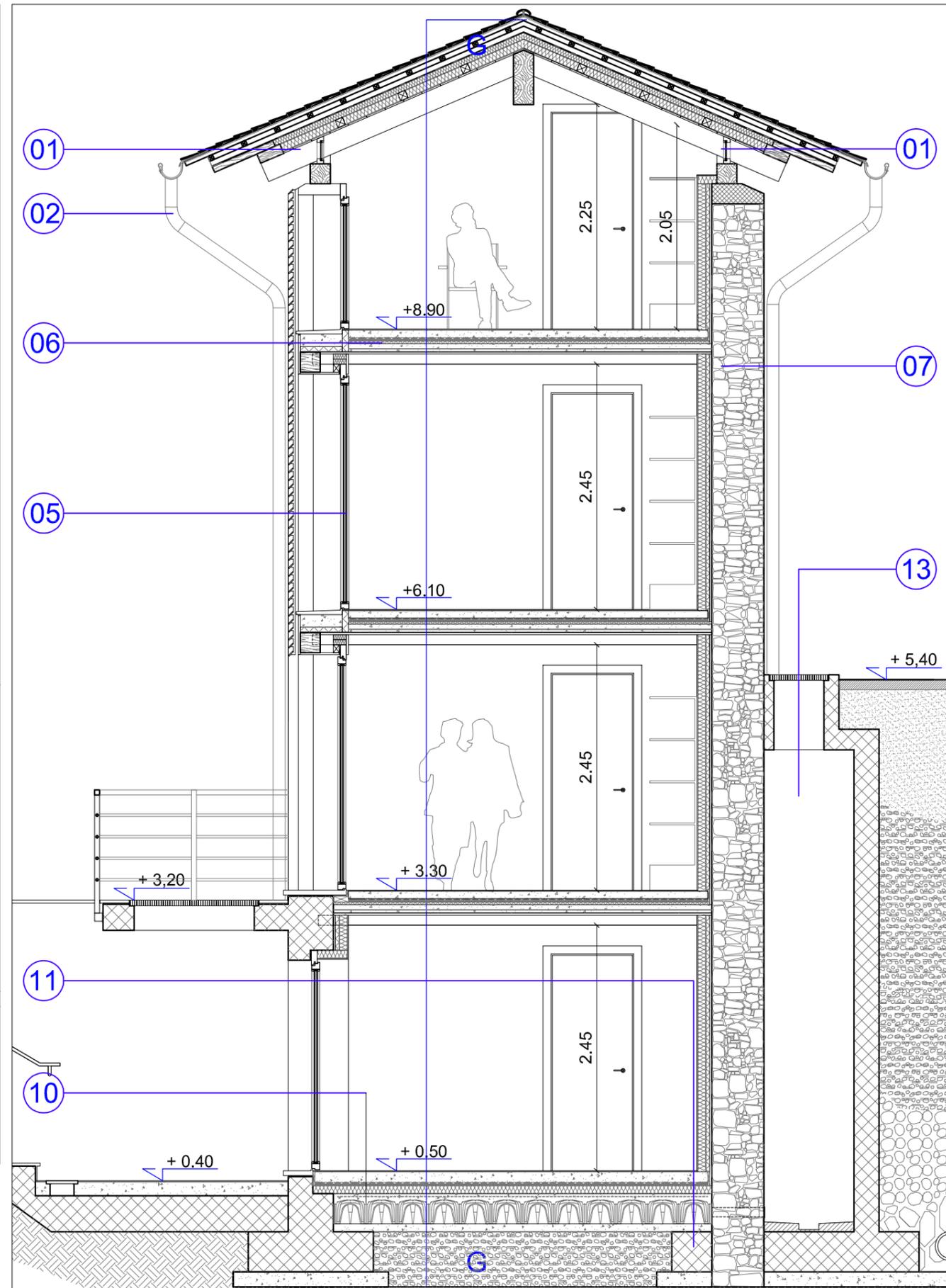
- guaina bugnata antiradice: (protegge il rivestimento impermeabile dei muri di fondazione. Viene utilizzato con i rilievi rivolti verso la parete. Assicura il convogliamento anche di ingenti quantità d'acqua verso il tubo di drenaggio)
- impermeabilizzante: membrana impermeabilizzante sintetica poliolefinica omogenea coestrusa a 3 strati, ecologica, resistente u.v.
- cls armato 270 mm (muro contro terra)
- isolante in pannelli rigidi in fibre di legno biocompatibile densità  $40 \text{ mm}$  ( $250 \text{ kg/m}^3$ ) +  $80 \text{ mm}$  ( $50 \text{ kg/m}^3$ ) composti da fibre di legno pressate (il legno di cui sono composti proviene da boschi a gestione sostenibile)
- freno al vapore a tre strati PP-PO-PP
- finitura in legno di castagno 10 mm

#### prestazioni:

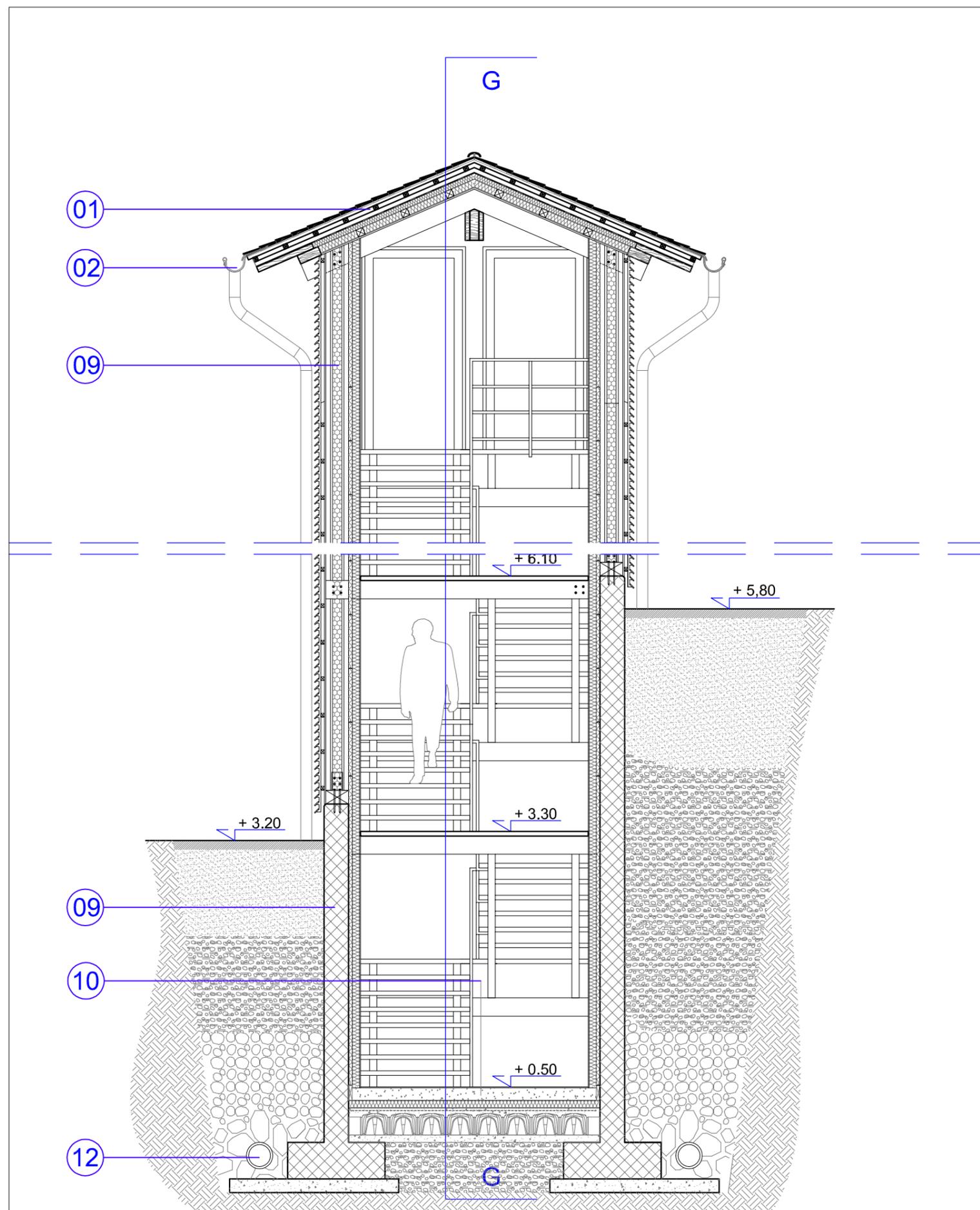
- trasmittanza termica  $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
- condensa non presente
- sfasamento: 13h 21'



SEZIONE D-D'



SEZIONE E-E'



- 09 Parete** (elemento nuovo) riferimento (SLPA 03):
- rivestimento con doghe di legno di castagno chiodate a dei listelli in legno a doppia orditura
  - pannellatura in lastre di legno 15mm
  - intercapedine d'aria 50mm
  - pannellatura in lastre di cellulosa 25 mm 80 kg/m<sup>3</sup>
  - fiocchi di cellulosa in carta e cartone riciclati a bassissima densità 30 kg/m<sup>3</sup> variabile da 9mm a 30mm
  - pannellatura in lastre di cellulosa 25 mm 80 kg/m<sup>3</sup>
  - intercapedine d'aria 50mm
  - isolante in pannelli rigidi in fibre di legno biocompatibile densità 40 mm (250 kg/m<sup>3</sup>) + 80mm (50 kg/m<sup>3</sup>) composti da fibre di legno pressate.(il legno di cui sono composti proviene da boschi a gestione sostenibile)
  - freno al vapore a tre strati PP-PO-PP
  - finitura in legno di castagno 10 mm

prestazioni:

- trasmittanza termica 0,1389 W/m<sup>2</sup>K
- condensa nn presente
- sfasamento: 11h 41'

- 10 Solaio controterra** riferimento scheda (SLPA 02):

- finitura in parquet 10mm
- sottofondo in cls alleggerito 80mm
- tubi per riscaldamento a pavimento con isolamento preaccoppiato in polistirene espanso sinterizzato
- isolante in pannelli rigidi in fibre di legno 80mm densità 120 kg/m<sup>3</sup>
- soletta armata per la distribuzione dei carichi 80mm
- vespaio aerato con sistema prefabbricato con cupole in plastica riciclata
- tubo Ø100mm corrugato per ventilazione disposto su due lati ad altezza diversa
- magrone 80mm

prestazioni:

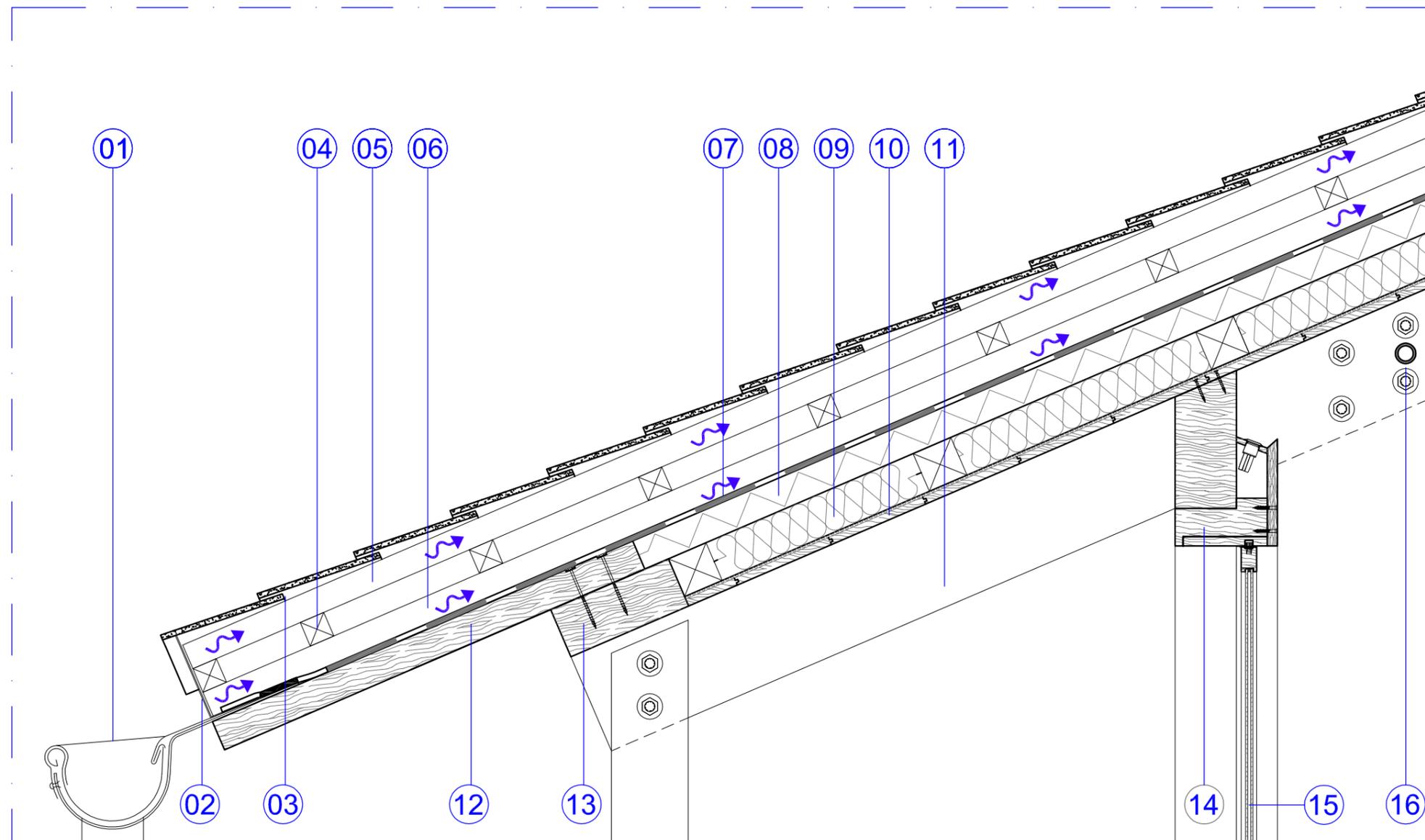
- trasmittanza termica 0,32 W/m<sup>2</sup>k

- 11 Rinforzo delle fondazioni** attraverso l'inserimento di due cordoli di fondazione in cemento armato gettati in opera e il collegamento tra di loro con spine in acciaio, protetti con membrana impermeabilizzante. riferimento scheda (SI 12)

- 12 Fossa riempita con pietrisco**, lungo il perimetro dei muricontra terra (riferimento scheda SI 13). Alla base della trincea viene posizionato un tubo in pvc avente la funzione di convogliare e poi eliminare l'acqua drenata attraverso lo strato di ghiaia, mentre tra il muro e il pietrisco stesso viene interposta una guaina bugnata antiradice: protegge il rivestimento impermeabile dei muri di fondazione. Viene utilizzato con i rilievi rivolti verso la parete. Assicura il convogliamento anche di ingenti quantità d'acqua verso il tubo di drenaggio) e una guaina impermeabilizzante (membrana sintetica poliolefinica omogenea coestrusa a 3 strati, ecologica, resistente u.v.)

- 13 Realizzazione di un nuovo muro controterra in c.a. con cavedio aerato ispezionabile 90 cm**

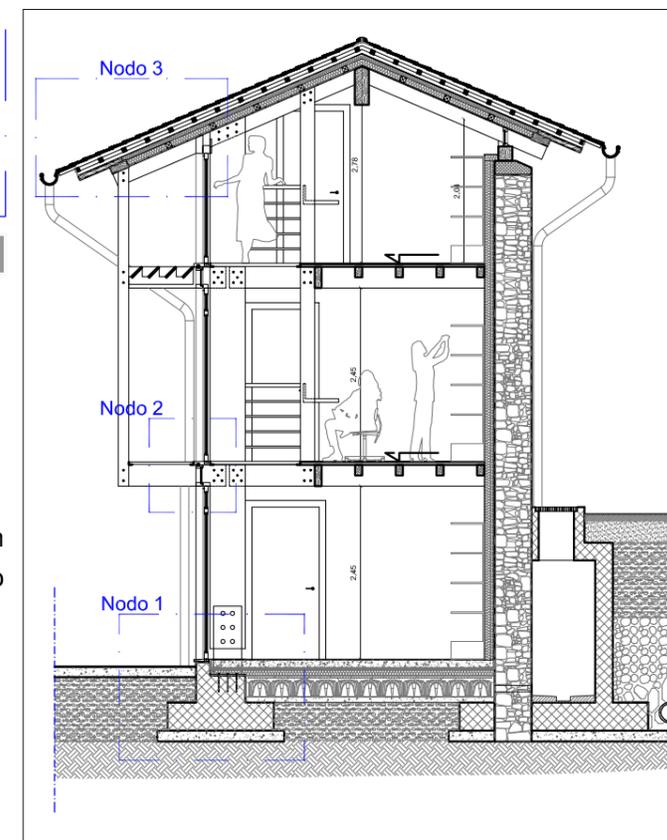
- sistema di drenaggio dell'acqua piovana che entra dalle griglie
- guaina bugnata antiradice: (Protegge il rivestimento impermeabile dei muri di fondazione. Viene utilizzato con i rilievi rivolti verso la parete. Assicura il convogliamento anche di ingenti quantità d'acqua verso il tubo di drenaggio)
- impermeabilizzante: membrana impermeabilizzante sintetica poliolefinica omogenea coestrusa a 3 strati, ecologica, resistente u.v.



- 1. -Gronda in zinco-titanio
- 2. -Griglia parapasseri in zinco-titanio
- 3. -Coppi in laterizio con recupero di quelli esistenti.(SI 01)
- 4. -Listelli di castagno 50X50 mm
- 5. -Controlistelli 50x50 mm
- 6. -Listelli di castagno 50X50 mm
- 7. -Guaina traspirante in polietilene resistente all'acqua e termoriflettente

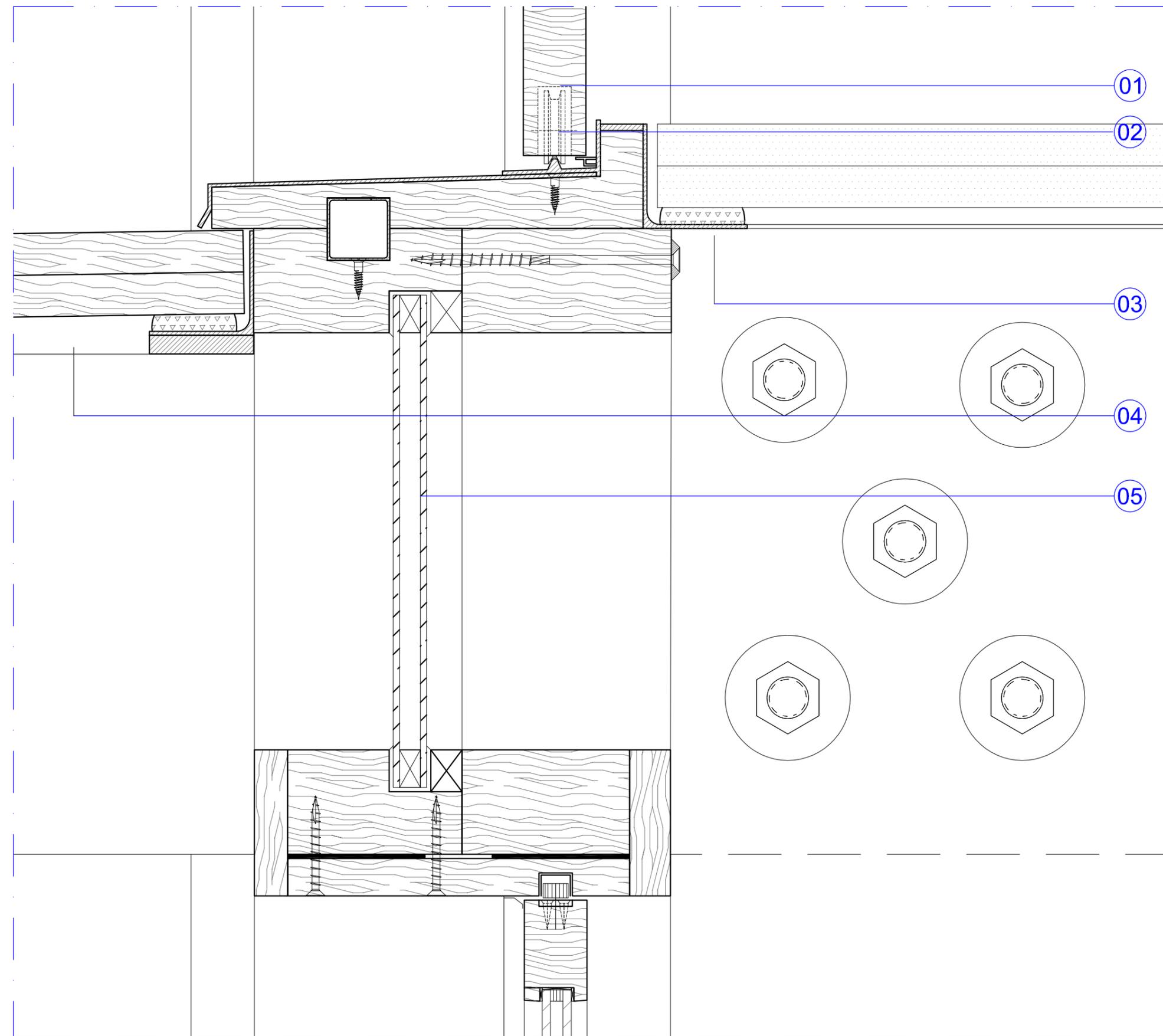
- 8. -Isolante in pannelli biocompatibili in fibre di legno densità 250 kg/m<sup>3</sup> 60 mm
- 9. -Isolante in pannelli biocompatibili in fibre di legno densità 150 kg/m<sup>3</sup> 80 mm
- 10. -Perline in legno di betulla "maschio e femmina" 25 mm
- 11. -Travi a vista con funzione portante in legno di castagno 150X50 mm con interasse 500 mm

- 12. -Tavola di legno per chiusura 900x80 mm
- 13. -Tassello di legno per chiusura: 100x250 mm
- 14. -Architrave in legno sagomati, tavola di legno e faretto (3 led , 1W) con supporto metallico
- 15. -Serramento scorrevole con profili di legno e vetrocamera
- 16. -Tubolare di rinforzo in acciaio Ø = 40 mm



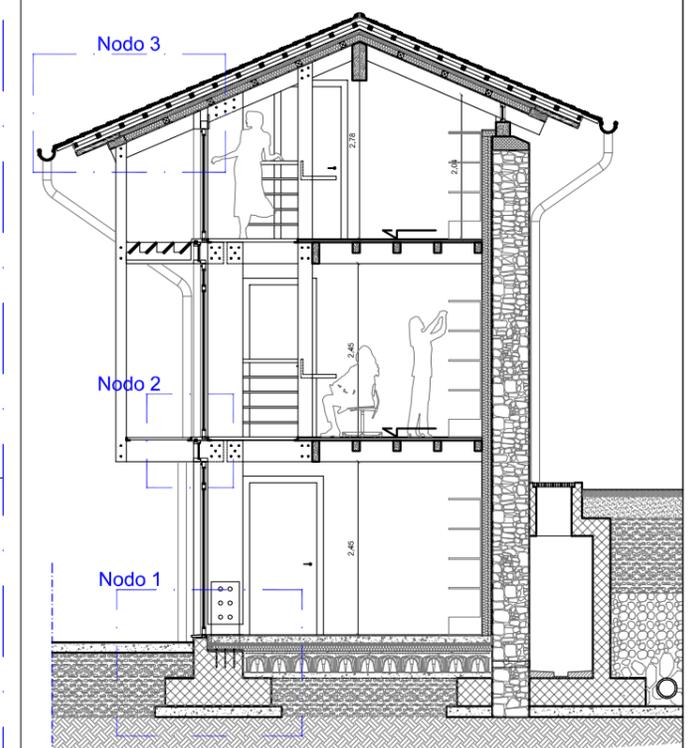
LEGENDA

KEYSECTION D-D' SCALA 1:100



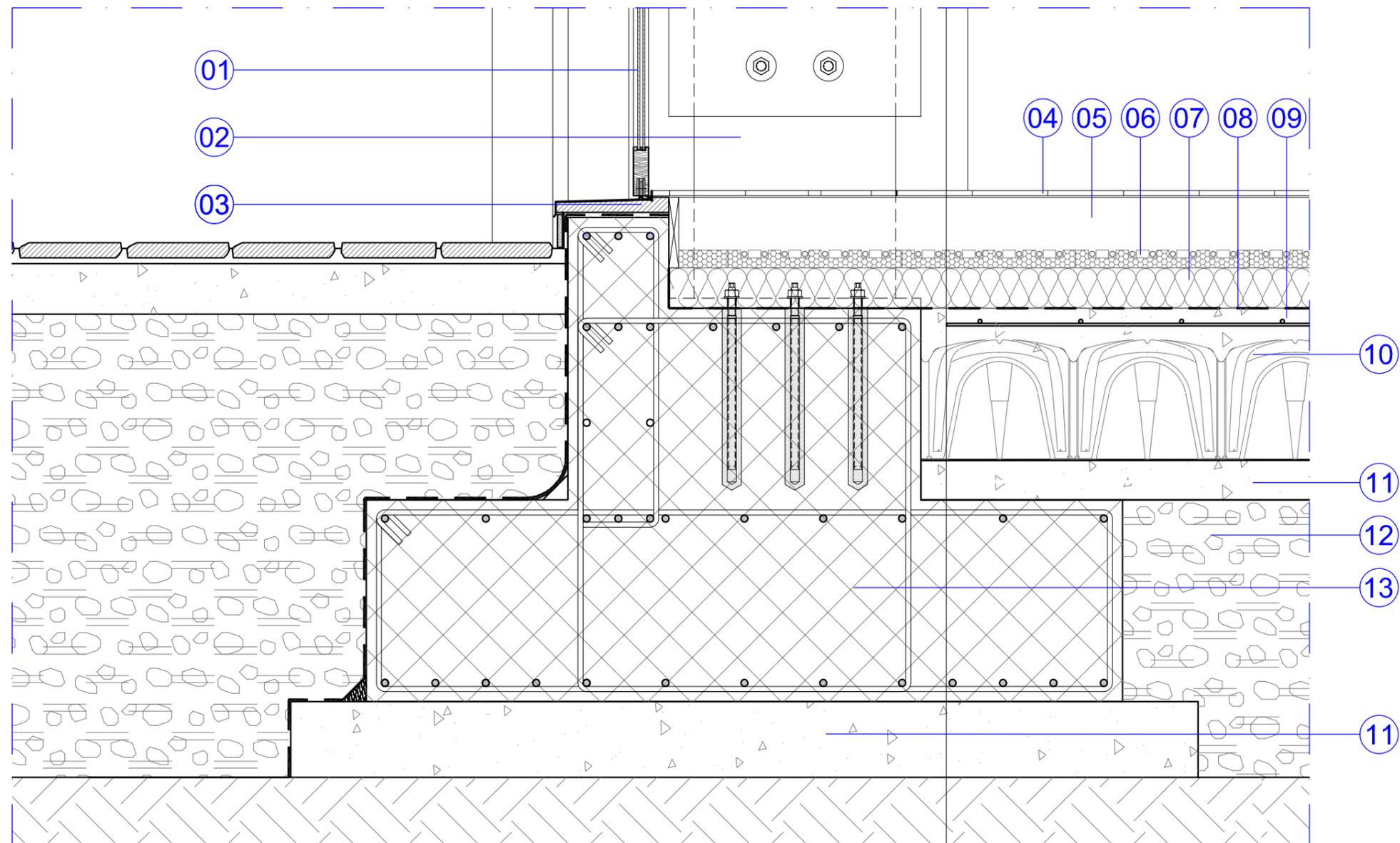
1. -Serramento scorrevole in legno e vetrocamera (4/6/4 con gas argon)
2. -Supporto per il serramento in legno sagomato, binario in ottone, scossalina in rame o acciaio zincato, assemblaggio con tubolare di acciaio a sezione quadrata (30x30 mm)
3. -Passerella: doppia lastra di vetro (2x20 mm) sorretta da profili a L in acciaio (40x40 mm) con banda di neoprene trasparente interposta
4. -Passerella in legno di larice con pendenza 1,5% sorretta da sorretta da profili a L in acciaio (40x40 mm) scopo: portare via l'acqua meteorica
5. -Serramento fisso : profili di legno, vetrocamera 4/9/4 con gas argon

LEGENDA



NODO 2

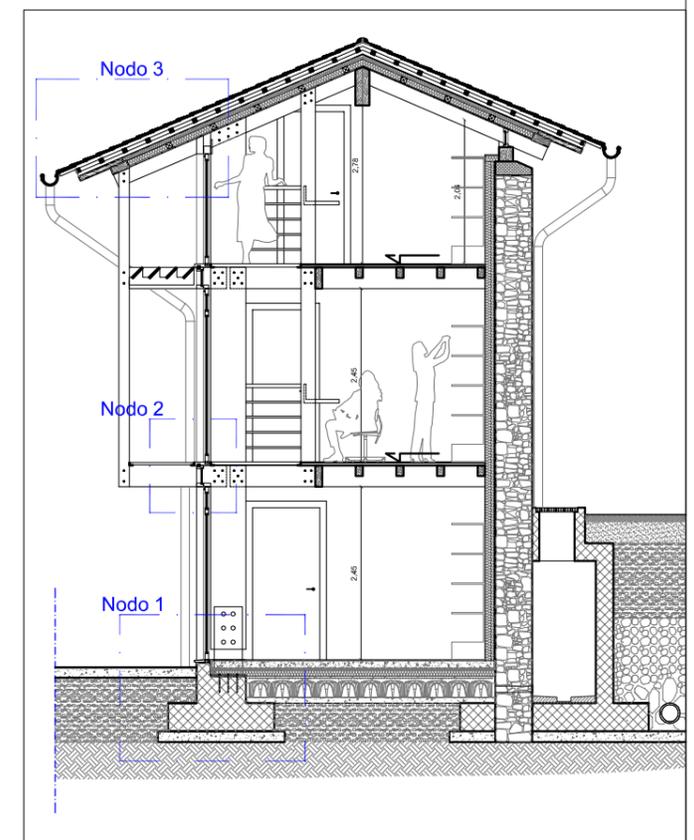
KEYSECTION D-D' SCALA 1:100



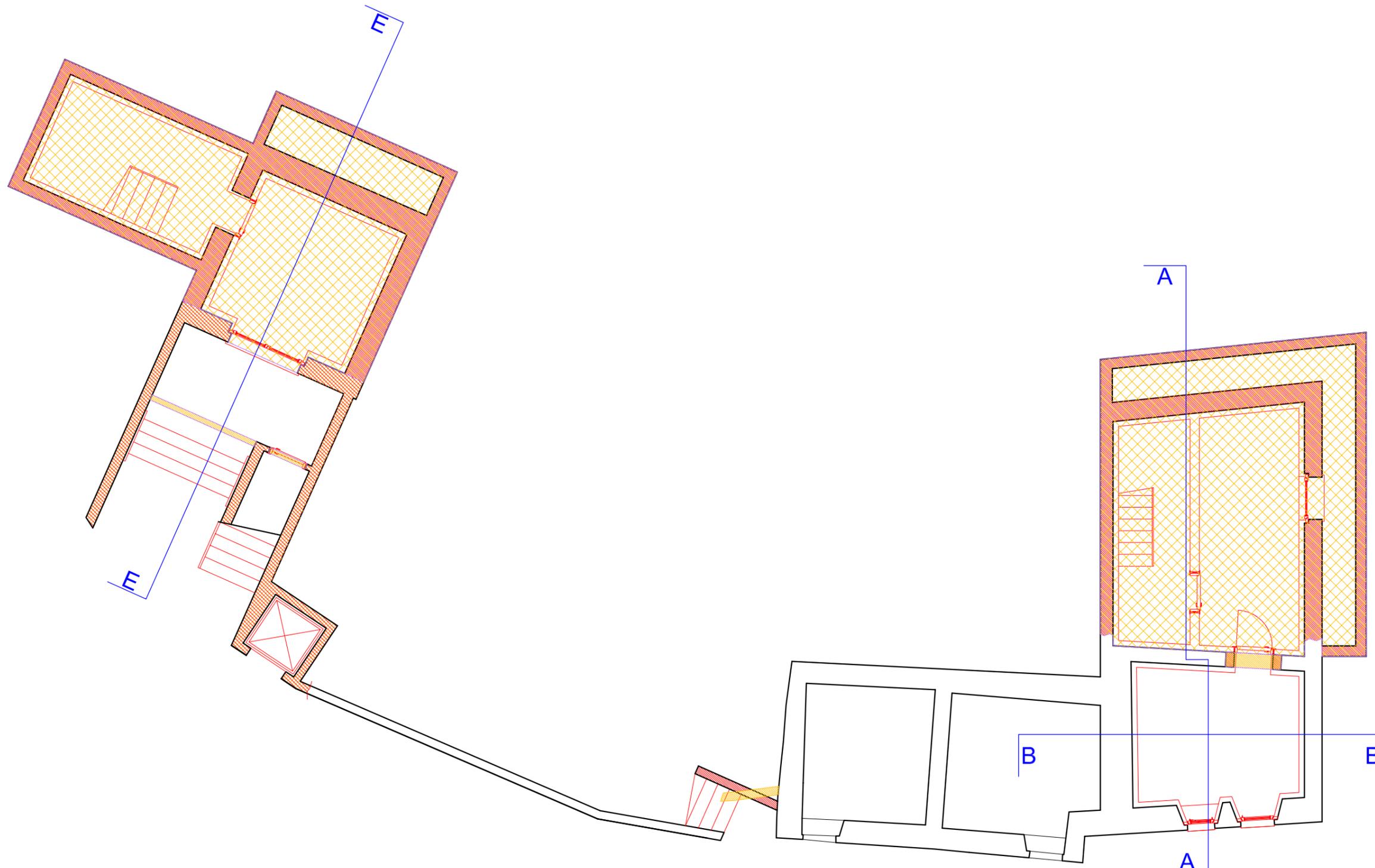
NODO 1

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <p>1. -Serramento scorrevole con profili di legno e vetrocamera (4/6/4 con gas argon)</p> <p>2. -Struttura verticale in legno di castagno ancorata meccanicamente alla fondazione tramite piastre in acciaio e tasselli/ fissaggi in acciaio</p> <p>3. -Supporto per il serramento: legno sagomato, binario in ottone, scossalina in acciaio zincato</p> <p>4. -Finitura in tavole di betulla 10 mm</p> <p>5. -Sottofondo in cls alleggerito 80 mm</p> | <p>6. -Riscaldamento a pavimento con isolamento preaccoppiato in polistirene espanso sinterizzato</p> <p>7. -Isolante in pannelli rigidi in fibre di legno 80 mm densità 120 kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>8. -Membrana impermeabile</p> <p>9. -Soletta armata per la distribuzione dei carichi 80 mm</p> <p>10. -Vespaio aerato con sistema prefabbricato con cupole in plastica riciclata</p> <p>11. -Magrone 80 mm</p> | <p>12. -Ghiaione</p> <p>13. -Cordolo di fondazione</p> |
|--|--|--|

LEGENDA



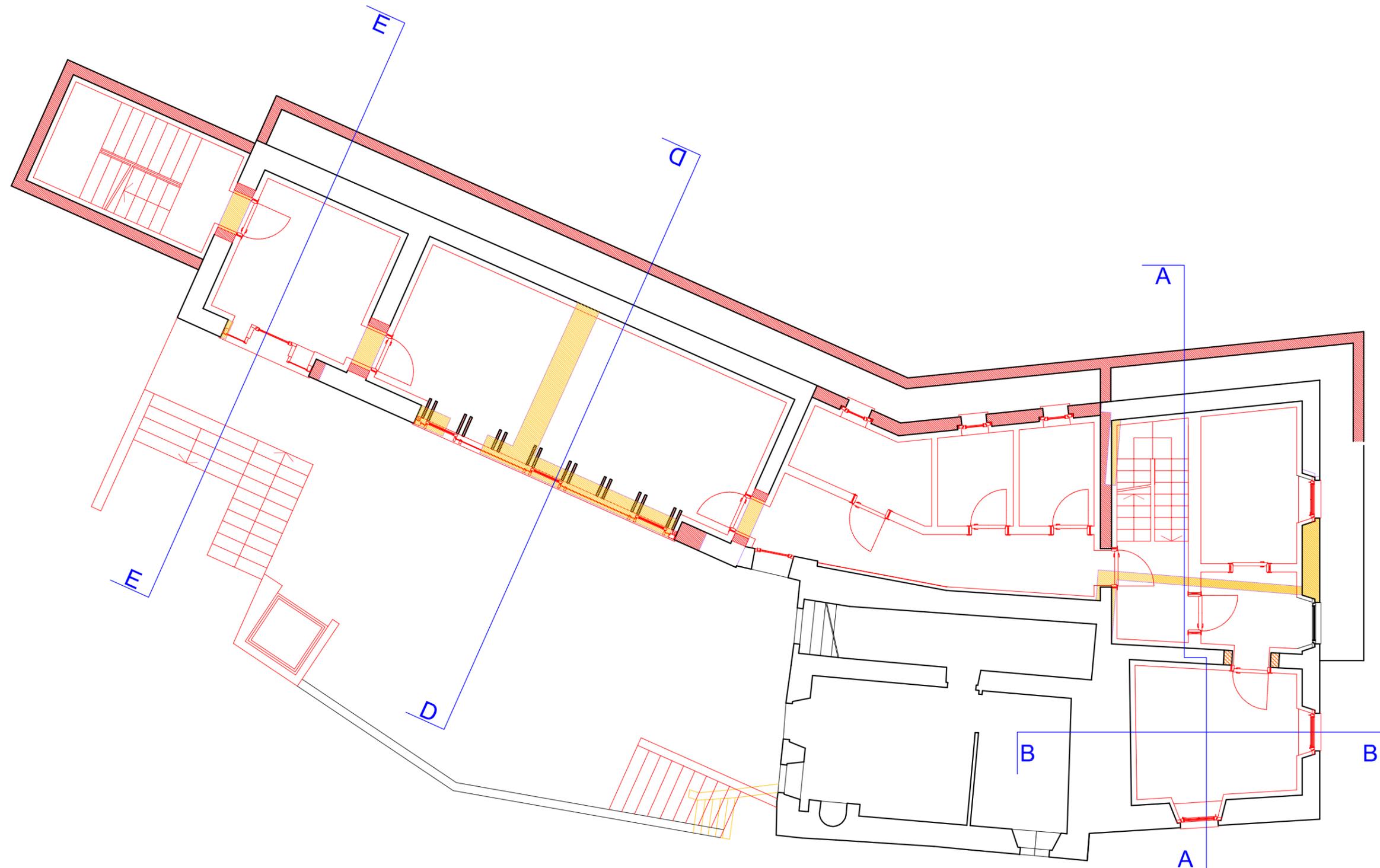
KEYSECTION D-D' SCALA 1:100



-  - Sbancamento terreno
-  - Demolizioni
-  - Costruzioni
-  - Demolizioni e ricostruzioni

PIANTA LIVELLO 0

LEGENDA



-  - Sbancamento terreno
-  - Demolizioni
-  - Costruzioni
-  - Demolizioni e ricostruzioni

PIANTA LIVELLO 1

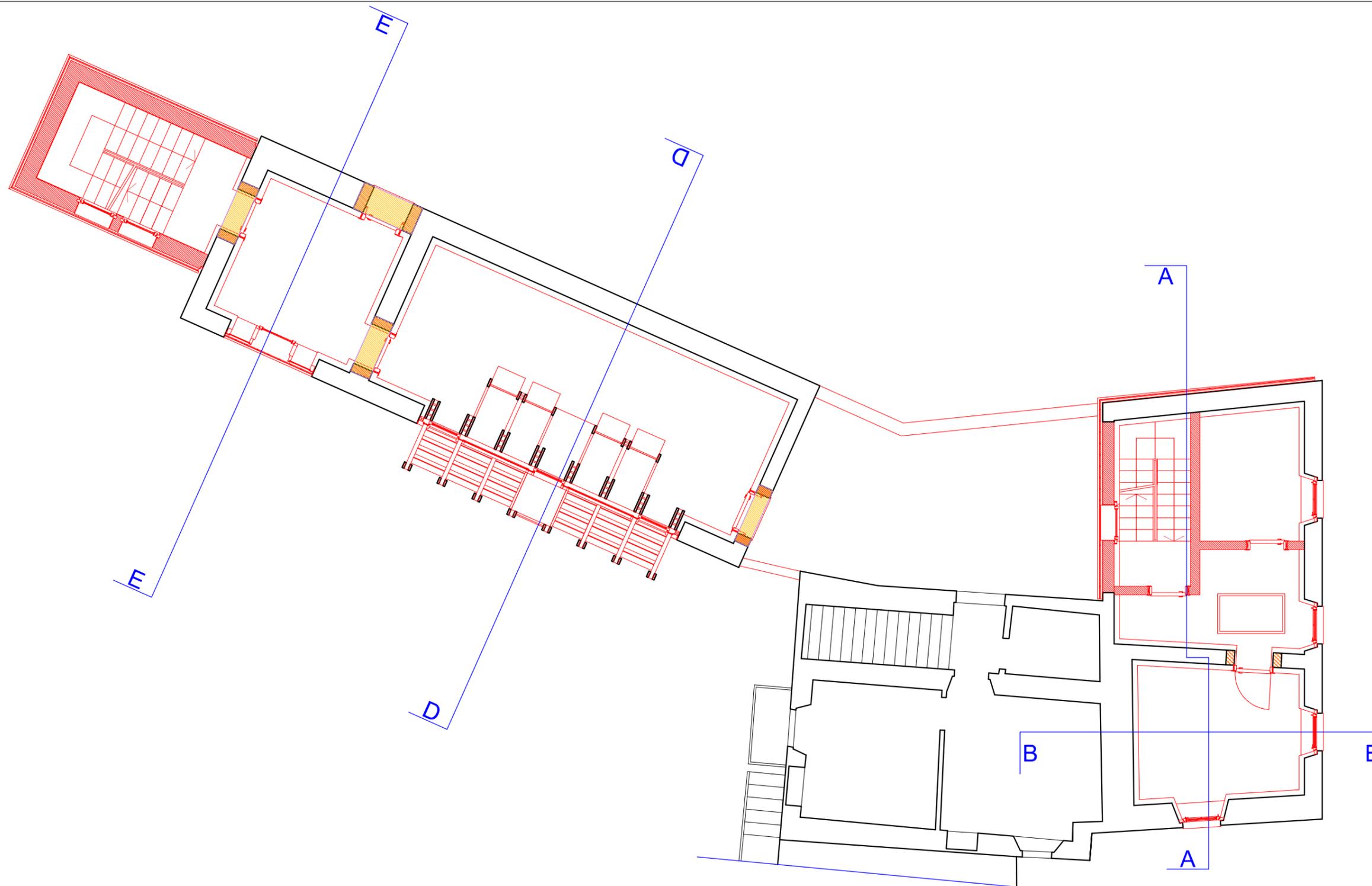
LEGENDA

D - PROGETTO

6 - PROGETTO DI RECUPERO

SCALA 1:100

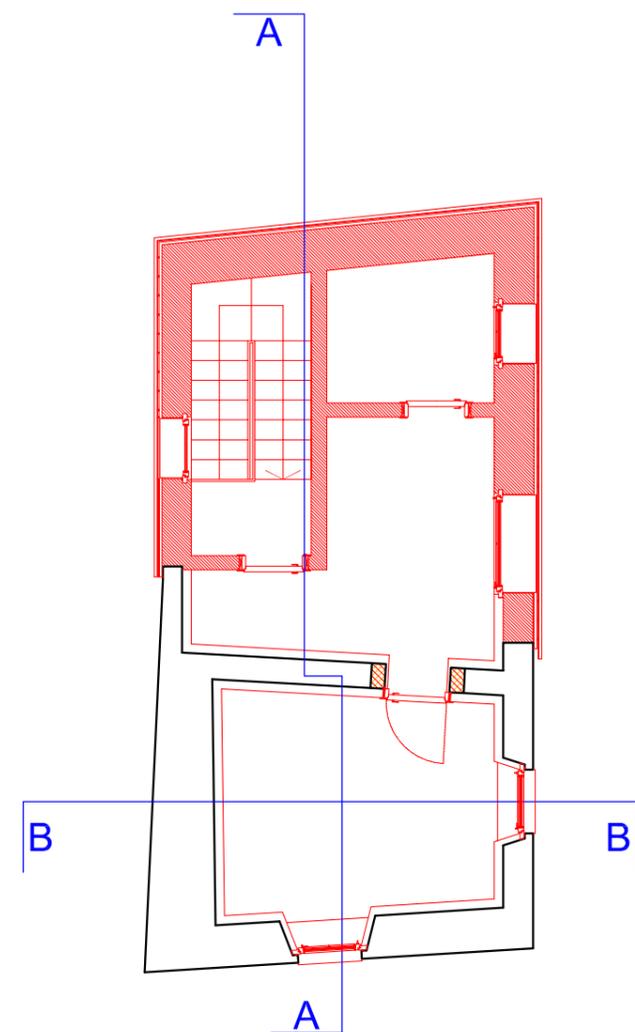
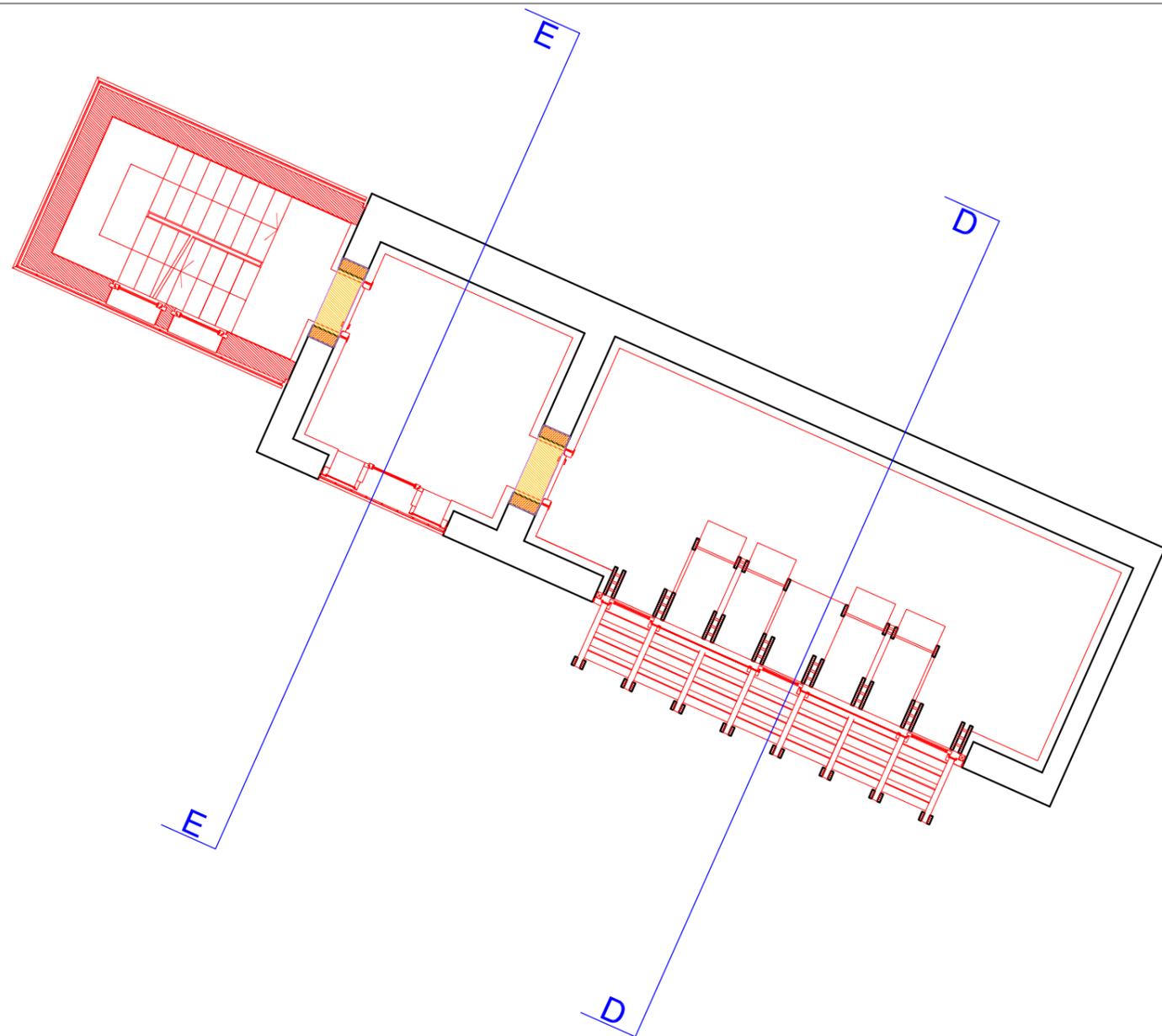
COMPARATIVE ED. 22, 23 - 6.45



-  - Sbancamento terreno
-  - Demolizioni
-  - Costruzioni
-  - Demolizioni e ricostruzioni

PIANTA LIVELLO 2

LEGENDA



-  - Sbancamento terreno
-  - Demolizioni
-  - Costruzioni
-  - Demolizioni e ricostruzioni

PIANTA LIVELLO 3

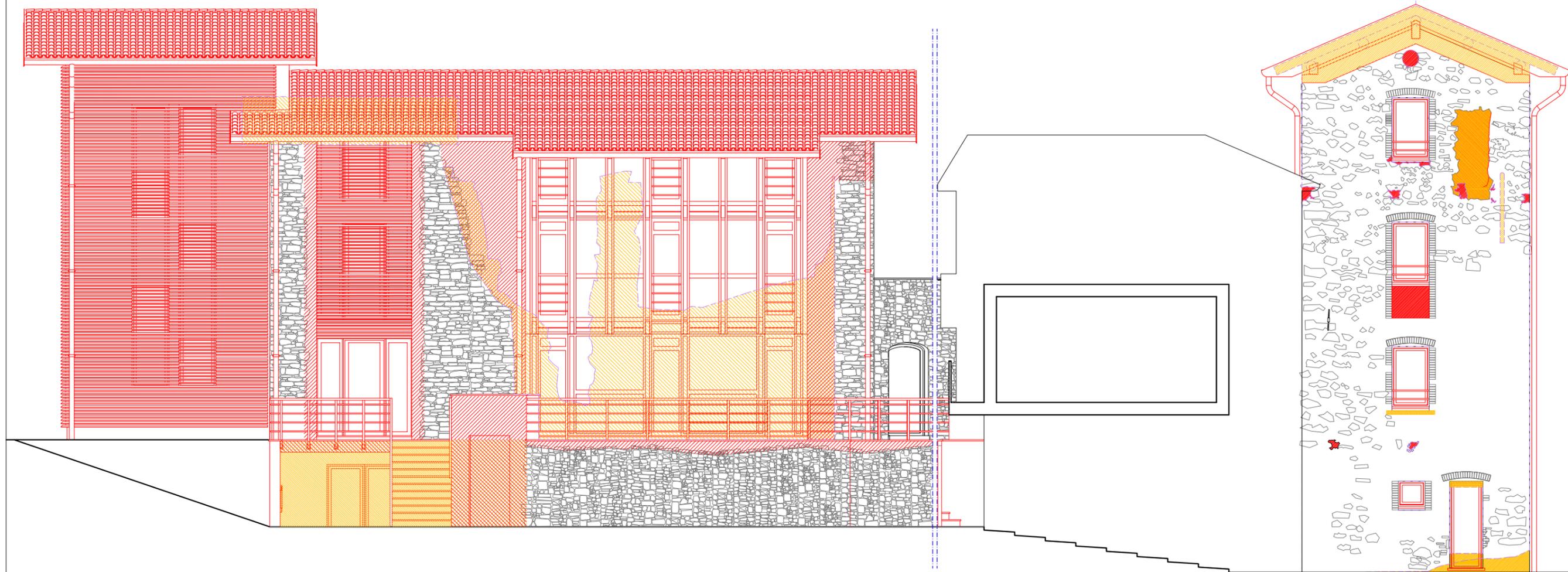
LEGENDA

D - PROGETTO

6 - PROGETTO DI RECUPERO

SCALA 1:100

COMPARATIVE ED. 22, 23 - 6.47



-  - Sbancamento terreno
-  - Demolizioni
-  - Costruzioni
-  - Demolizioni e ricostruzioni

PROSPETTO SUD - OVEST

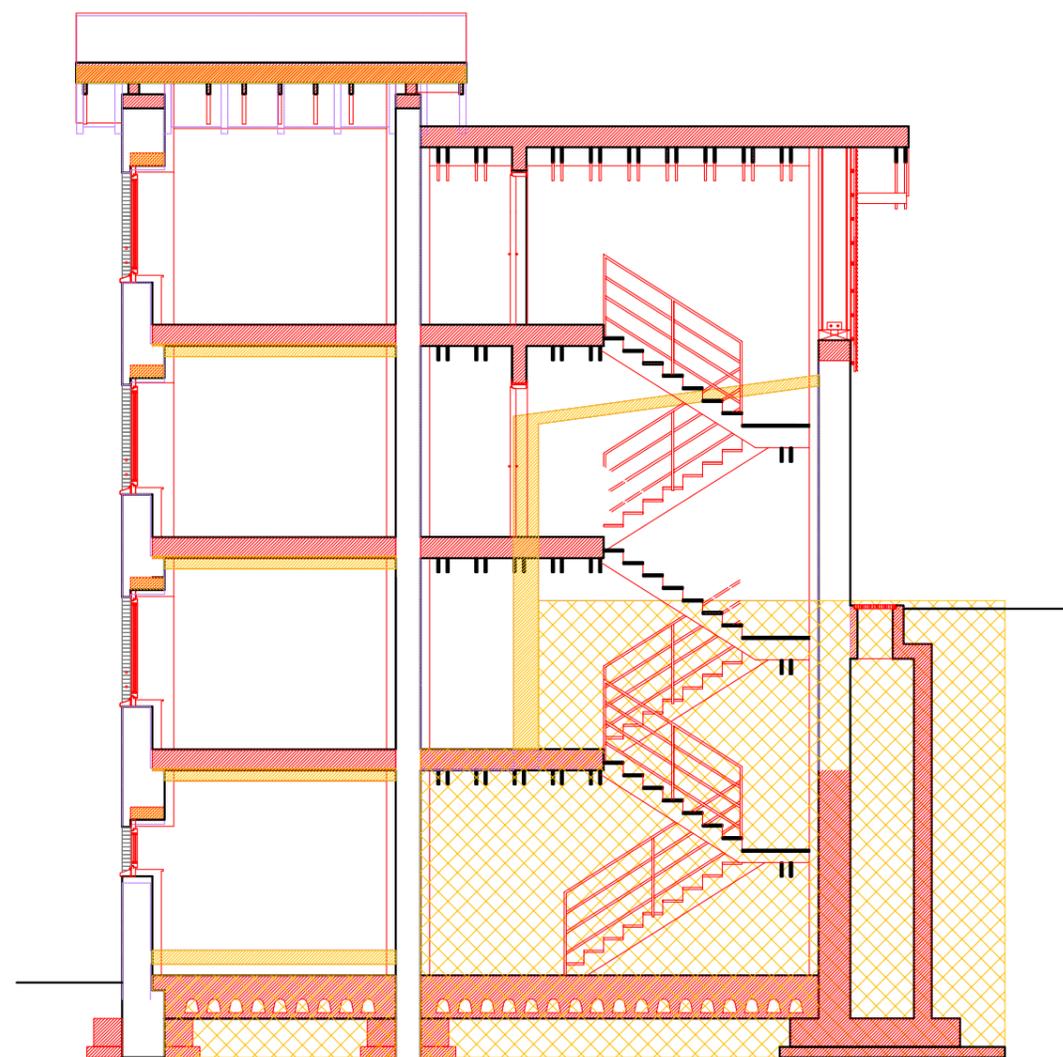
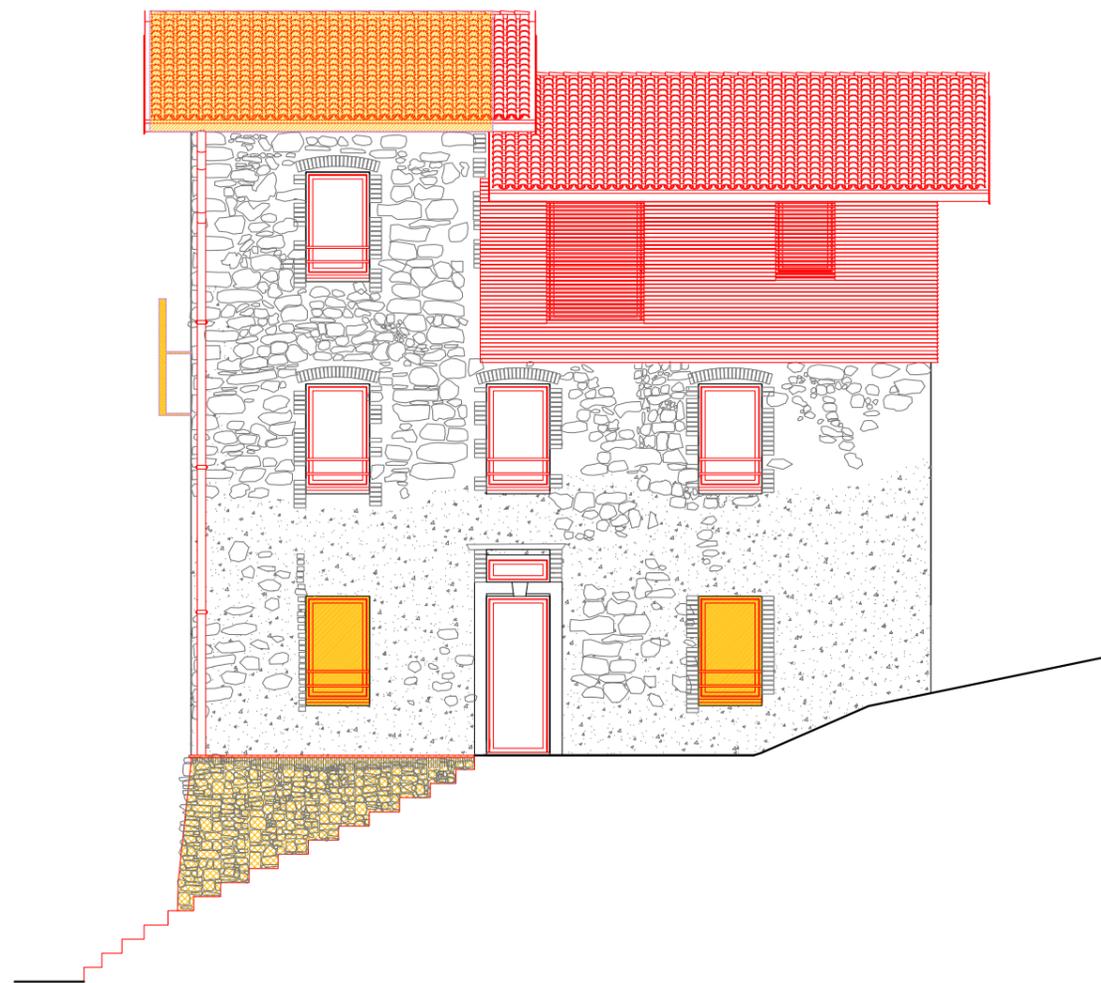
LEGENDA

D - PROGETTO

6 - PROGETTO DI RECUPERO

SCALA 1:100

COMPARATIVE ED. 22, 23 - 6.48

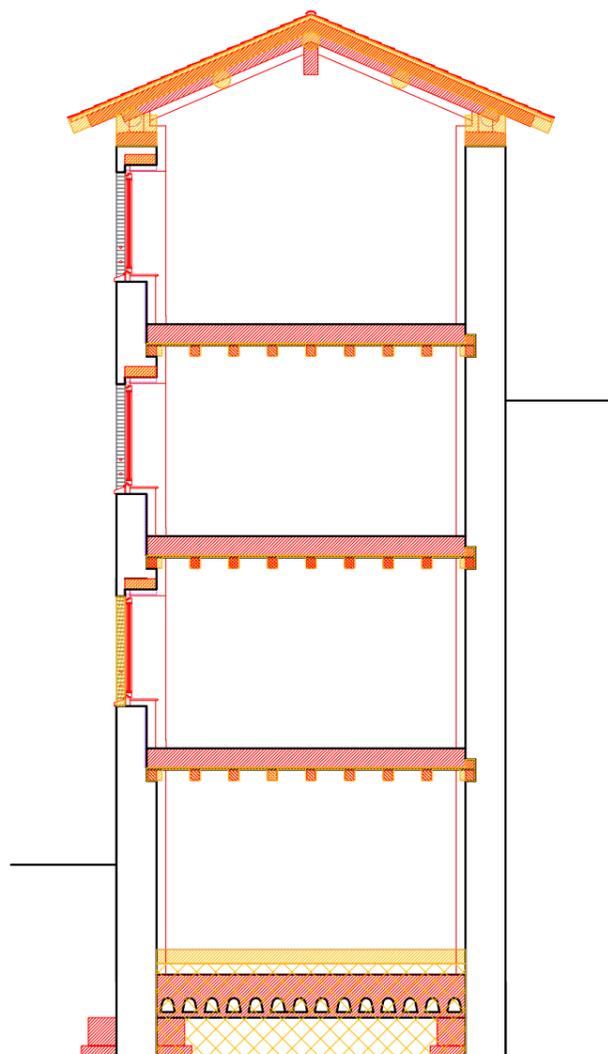


-  - Sbancamento terreno
-  - Demolizioni
-  - Costruzioni
-  - Demolizioni e ricostruzioni

PROSPETTO SUD

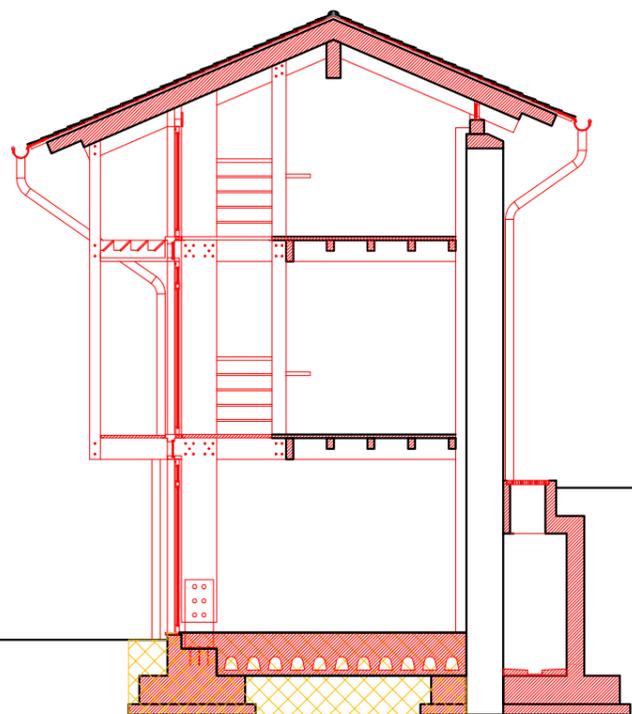
SEZIONE A-A'

LEGENDA



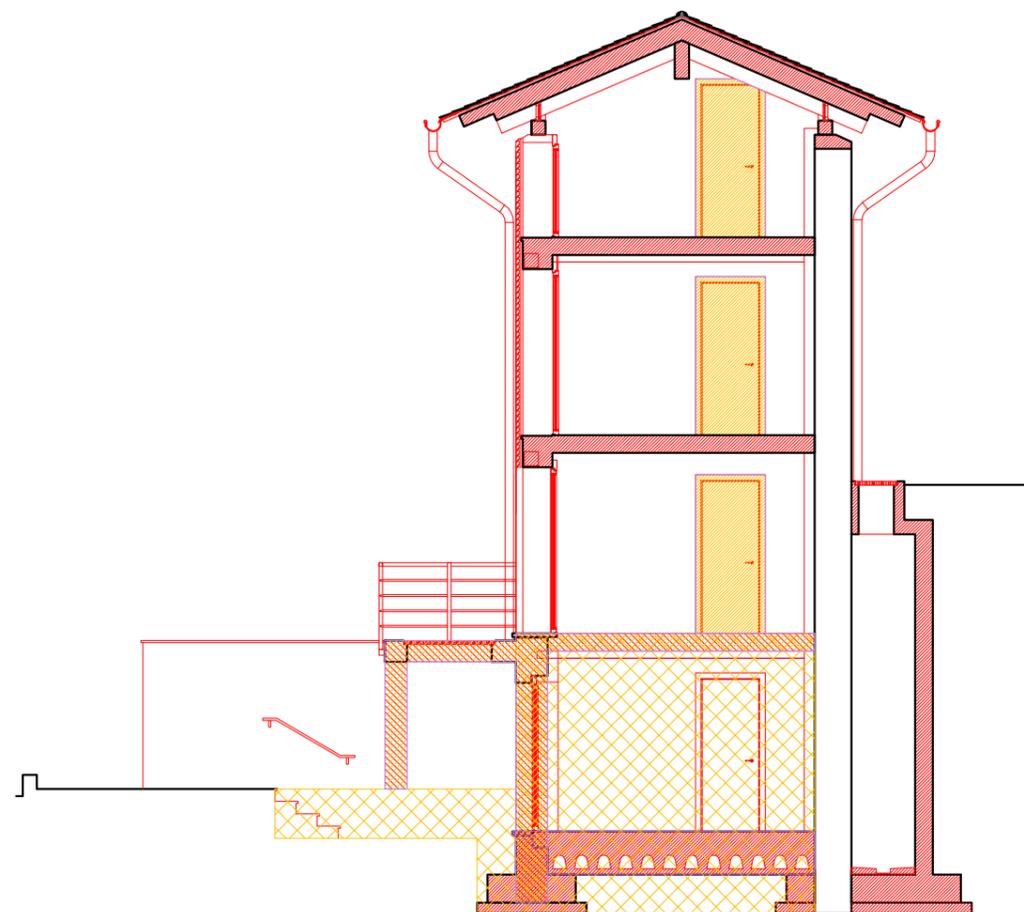
SEZIONE B-B'

D - PROGETTO



SEZIONE D-D'

6 - PROGETTO DI RECUPERO



SEZIONE E-E'

SCALA 1:100

-  - Sbancamento terreno
-  - Demolizioni
-  - Costruzioni
-  - Demolizioni e ricostruzioni

LEGENDA

COMPARATIVE ED. 22, 23 - 6.50