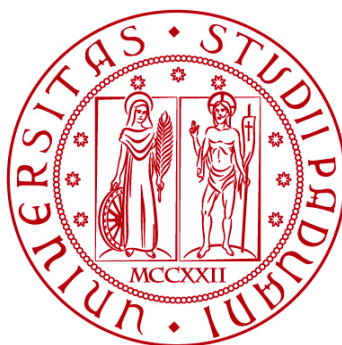


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE
Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile



TESI DI LAUREA

**PROGETTO DI RIFUGIO ENERGETICAMENTE
AUTOSUFFICIENTE PIAN DEI FIACCONI**

Relatore:

Chiar.mo PROF. GIORGIO CROATTO

Correlatori:

Chiar.mo PROF. ANGELO BERTOLAZZI

Laureando:

CAMILLA ANTONELLO

1233957

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

1	STORIA DEI RIFUGI ALPINI	1
1.1	La nascita dell'alpinismo e i primi ricoveri alpini.....	1
1.2	La nascita dei Club Alpini.....	3
1.3	La nascita del confort nei rifugi	4
1.4	Il rifugio-osservatorio.....	5
1.5	Il rifugio-albergo	7
1.6	Gli anni dopo la Prima Guerra Mondiale	8
1.7	Gli anni dopo la Seconda Guerra Mondiale	9
1.8	I rifugi di grandi dimensioni.....	9
1.9	Sostenibilità energetico-ambientale	11
2	ANALISI DELLO STATO DELL'ARTE SUI RIFUGI CONTEMPORANEI E LORO SOSTENIBILITA'	12
2.1	Analisi sui rifugi contemporanei	12
2.1.1	<i>Schiestl Haus</i>	13
2.1.2	<i>Rifugio Sasso Nero</i>	14
2.1.3	<i>Cabane de Tracuit</i>	15
2.1.4	<i>Bivacco Giusto Gervasutti</i>	16
2.1.5	<i>Rifugio Francesco Gonella</i>	18
2.1.6	<i>Olpererhutte</i>	19
2.1.7	<i>Kezmarska Hut</i>	20
2.1.8	<i>Bivacco skuta</i>	21
2.1.9	Monte Rosa Hutte.....	22
2.1.10	<i>Rifugio all'Aiguille du Gouter</i>	23
2.1.11	<i>Rifugio Carlo Mollino</i>	24
3	ANALISI DEI RIFUGI ALPINI DEL TRENINO: ASPETTI GEOGRAFICI, AMBIENTALI E LOCATIVI	25
3.1	Rifugi alpini del trentino e rifugio Pian dei Fiacconi	25
3.2	Inquadramento e descrizione del sito	27
3.3	Collegamenti e infrastrutture.....	32
3.4	Legge Provinciale 15 Marzo 1993,n 8	35
3.5	Analisi delle principali scelte costruttive ed impiantistiche utilizzate	38
3.5.1	<i>Soluzioni costruttive</i>	38

3.5.2	<i>Soluzioni impiantistiche ed energetiche</i>	39
4	PROGETTO	41
4.1	Progetto Architettonico	41
4.1.1	<i>Obiettivi e strategie</i>	41
4.1.2	<i>Layout funzionale</i>	41
4.1.3	<i>Progetto architettonico</i>	42
4.1.4	<i>Definizione dei dettagli architettonici</i>	43
4.2	Progetto strutturale	45
4.3	Progetto impiantistico	80
4.3.1	<i>Impianto elettrico con cogeneratore e fotovoltaico con batteria di accumulo</i>	80
4.3.2	<i>Impianto di ventilazione</i>	84
4.3.3	<i>Impianto di scarico acque reflue</i>	87
4.3.4	<i>Impianto idrico e sanitario</i>	92
4.4	Modello 3D	97
4.5	Conclusioni	99

ALLEGATI

Allegato 1 – PIANTE STRUTTURALI 1

Allegato 2 – PIANTE STRUTTURALI 2

1 STORIA DEI RIFUGI ALPINI

1.1 *La nascita dell'alpinismo e i primi ricoveri alpini.*

Prima del '700 la montagna era considerata un luogo aspro, inaccessibile e inospitale, dove le attività umane erano condotte con grande difficoltà e sacrificio da un numero ridotto di agricoltori e allevatori di pochi capi di bestiame utili ad una economia di sopravvivenza.

Con l'arrivo dell'Illuminismo invece un gran numero di geografi, geologi, naturalisti e scienziati furono affascinati dalle forze messe in gioco tra le montagne dalla natura e iniziarono a studiare scientificamente il territorio alpino. Con la frequentazione delle montagne arrivarono anche le prime ascensioni alle vette, la prima ascensione del Monte Bianco avvenuta nel 1787 ad opera del cercatore di cristalli Jaques Balesst e del medico Michel Gabriel Paccard, sponsorizzati dal naturalista francese Benedict Sausurre, fu una spedizione a scopo scientifico che segnò l'inizio dell'alpinismo. Nell'ottocento alle motivazioni scientifiche si affiancò il romanticismo che scoprì nel paesaggio alpino la bellezza dei ghiacciai, la forza oscura delle cascate e degli orridi e le vertigini delle vette, la potenza degli elementi, la percezione estetica passò così dall'immagine della montagna come luogo pittoresco a luogo sublime. Nell'arco alpino si organizzano spedizioni ad opera di esploratori britannici, nella logica del gran tour in Italia e nella moda delle esplorazioni di luoghi inviolati tipica della borghesia inglese di quell'epoca. La moda del gran tour attraverso le Alpi affascinò la nobiltà e i più grandi scrittori dell'ottocento quali Stendhal, Byron, Shelley, Goethe e Ruskin che nel suo volume "Modern painters " descrisse le montagne come: "cattedrali della terra; le montagne sono l'inizio e la fine di tutto lo scenario naturale e i miei affetti sono completamente legati ad esse e alle forme del paesaggio sottostante che ad esse conduce". Durante la permanenza in montagna dei primi esploratori, le forme di accampamento in alta quota dovevano garantire la reversibilità delle opere e la condivisione degli spazi: i ripari dunque erano facilmente smontabili e reimpiegabili in differenti luoghi, delimitavano semplicemente degli spazi interni a riparo dal vento ma non dalla pioggia. Solitamente questi rifugi alpini provvisori venivano eretti a ridosso di pareti rocciose e ricoperti da una serie di panni che di fatto costringevano i portatori, le guide e gli esploratori a dormire all'addiaccio. Un fuoco al centro garantiva un minimo di tepore e protezione dal gelo e costituiva la prima forma di rifugio per chi voleva vivere e condividere la montagna. Con il susseguirsi delle spedizioni e il delinearsi di percorsi tra le montagne ben definiti, i luoghi dove accamparsi incominciarono a essere sempre più definiti così da suggerire di approntare dei ripari stabili.

In periodo Romantico una meta obbligata del Grand Tour era l'ascesa al ghiacciaio perenne Mer de Glace, dove fu costruito uno dei primi rifugi per turisti che fu denominato "Temple de la Nature" a 1915 mslm; partendo da Chamonix dopo due ore di salite con l'ausilio di guide e portatori e attraverso una stretta gola soggetta a frequenti valanghe i visitatori raggiungevano il rifugio ai piedi

dell' immenso ghiacciaio dove potevano rifocillarsi con prodotti di malga e comperare come souvenir i cristalli di roccia. Vi era un libro dei visitatori dove lasciare il proprio nome e le proprie impressioni. Un guardiano soggiornava fisso nel rifugio. Il Temple de la nature sostituiva una precedente baracca di legno che un inglese, Charls Blair, aveva edificato nel 1779. Il Temple era realizzato in pietra a forma ottagonale in un'unica stanza con caminetto , una porta di accesso e due finestre. Il tetto in legno ricoperto da lastre di pietra.



Fig.1 : Temple de la Nature, anno di costruzione 1795. Fonte:euromanticism.org

1.2 La nascita dei Club Alpini

Nel 1857 fu fondato a Londra l'Alpine club: "Associazione di gentiluomini inglesi praticanti l'alpinismo d'alta quota, specialmente nelle Alpi". Dal 1863 l'Alpine club pubblico "The Alpine Journal" i cui racconti sulle imprese dei maggiori alpinisti erano corredati da mappe e carte topografiche. Sulle orme degli inglesi nacquero in tutti i Paesi dell'arco alpino i club nazionali: in Austria Oesterreicher Alpenvereim nel 1863, più tardi in Italia il Cai, in Svizzera il CAS, in Germania il DAV.

In Svizzera fin dei primi anni di attività il CAS collaborò con l'ufficio di topografia per fornire carte topografiche dettagliate corredate da osservazioni accurate sui luoghi, sui sentieri, sulla geologia, sulla flora e fauna contribuendo notevolmente alla larga diffusione dei luoghi e delle bellezze naturali svizzere; tuttavia il principale compito svolto da tutti i club alpini nazionali fin dalla loro costituzione assieme alla promozione dei luoghi fu la creazione e la gestione di una rete diffusa di rifugi di alta quota.

In Italia nel 1866 fu eretto alle pendici del Monviso il rifugio dell'Alpi a quota 2268 m slm. Le dimensioni erano piuttosto ridotte 3 × 4 m e i criteri con cui il CAI sceglieva la posizione dei nuovi rifugi erano piuttosto semplici e privi di studi geologici, ci si basava sulla esperienza e su una prova empirica: l'anno precedente alla edificazione del rifugio si ammassavano i materiali per la costruzione nel luogo prescelto formando una sorta di piramide di massi e pietrame, se l'estate successiva la piramide di materiale lapideo era integra, quindi non spostata o fatta crollare da frane e valanghe si procedeva alla costruzione del rifugio. Nel 1865 in occasione della conquista della vetta del Cervino il Cai costruì un ricovero a 4134 m detto "Balma della Cravatta al Pic Tyndall".

Negli anni 70 dell'ottocento nelle Alpi occidentali vennero edificati numerosi rifugi: nel Monte Bianco la capanna regina Margherita al Colle del Gigante 3370 m, la capanna delle Aiguilles Grises 3017 m, la capanna Quintino Sella 3017 m metri. Nel Monte Rosa vennero edificati i rifugi Linty all'Alta Luce 3030 m e il rifugio Gniffetti al Garstelet 3379 m. Per ammirare e contemplare le vedute paesaggistiche viene edificata nel 1876 la capanna Carrel al Grand Tournalin 3379 m.

Il primo rifugio dolomitico in Marmolada fu realizzato ad opera della Sat (società alpinisti Tridentina) associata al CAI solo dal 1920.



Fig.2: Piccolo ricovero a Rocca Pietore, anno di costruzione 1874. Fonte: Il Mattino di Padova.

Il rifugio consisteva in un buco nella roccia, oggigiorno è affacciato sul vuoto dove una volta c'era il ghiaccio. Scavato tra il 1874 e il 1876 nelle pareti della Marmolada, all'epoca il piccolo ricovero era a livello del ghiacciaio. Ora invece è un'apertura nella montagna, 80 metri più in alto rispetto alla base della parete, presenza incomprensibile per chi non conosce la sua storia, testimonianza del ritiro dei ghiacciai, primo rifugio dolomitico della Marmolada.

1.3 La nascita del confort nei rifugi

Fino alla metà del XIX secolo i ricoveri per gli alpinisti in alta montagna consistevano in ripari ricavati sotto rocce sporgenti che costituivano in qualche modo un tetto ed erano addossati ad una parete naturale e chiusi sui lati da pareti in pietrame. Se questi tipi di rifugi garantivano una protezione sicura dal vento che rappresentava l'elemento più critico, d'altra parte erano strutture con superfici molto ridotte e con infiltrazioni di acque meteoriche che in breve tempo li rendevano malsani e invivibili. Negli anni, con l'avvento di un sempre maggior numero di escursionisti alle alte quote, l'approccio nella progettazione dei rifugi cambiò e dalla sommaria costruzione in pietrame addossato al profilo della montagna si passò via via a solide costruzioni in legno in campo aperto. In Svizzera nel 1886 il CAS fu il primo a cercare di standardizzare con linee guida le costruzioni sia con la disposizione degli edifici lontano dalle rocce sia con la definizione delle loro geometrie. I rifugi dovevano essere a singola falda o a doppia falda e a pianta quadrata per limitare le dispersioni termiche e realizzati in legno; l'esempio preso a modello è l'Oberaajochhutte (3258 mslm) del 1883.



Fig.3: Oberaajochhutte,anno di costruzione 1883. Fonte: www.sac-cas.ch

In Italia anche il Cai seguì delle linee guida che vennero bene presentate nella costruzione del rifugio Vittorio Emanuele II al Gran Paradiso (2775 mslm), edificato nel 1884 ed ancora in uso; la struttura è rettangolare di pietrame intonacato e rivestita all'interno con tavole lignee, l'edificio è realizzato in campo aperto.



Fig.4:Rifugio Vittorio Emanuele II,anno di costruzione 1884.

Fonte: <https://www.rifugiovittorioemanuele.com/index.php/storia/>

1.4 Il rifugio-osservatorio

Alla fine del 1800 scienziati e ricercatori si stabilirono tra le montagne per effettuare studi e le varie discipline, tra questi spicca Joseph Vallot che nel 1891 costruì uno chalet laboratorio: l'osservatorio venne costruito da Joseph Vallot, botanico e metereologo francese, per studi scientifici, tra i quali l'astronomia, la glaciologia e la medicina. L'amministrazione della città di Chamonix Mont Blanc diede il permesso di costruzione a condizione che nella struttura ci fosse un locale di rifugio per gli scalatori. Il primo edificio venne dunque costruito a quota 4.520 m., diviso in due parti, una per l'osservazione scientifica, la seconda per il ricovero degli alpinisti. L'anno successivo venne costruita

un'altra capanna dedicata esclusivamente ai portatori e alle guide, in modo da lasciare il primo edificio interamente agli studi scientifici. Nel 1892 una disgrazia contribuì allo studio degli effetti dell'altitudine sul corpo umano, il medico Jacottet dello staff di Vallot, durante un'ascensione alla vetta del Bianco in preparazione della costruzione dell'osservatorio Janssen, morì per una debolezza polmonare. L'autopsia effettuata a Chamonix constatò un endema polmonare. Per la prima volta veniva descritta una manifestazione del "mal di montagna".

Il rifugio riscosse così tanto successo e interesse all'epoca che fu più volte ampliato e successivamente raddoppiato edificando un secondo rifugio nelle vicinanze nel 1898 ad esclusivo utilizzo degli alpinisti che salivano sul Monte Bianco dei portatori e delle guide, in modo da lasciare il primo edificio interamente agli studi scientifici.

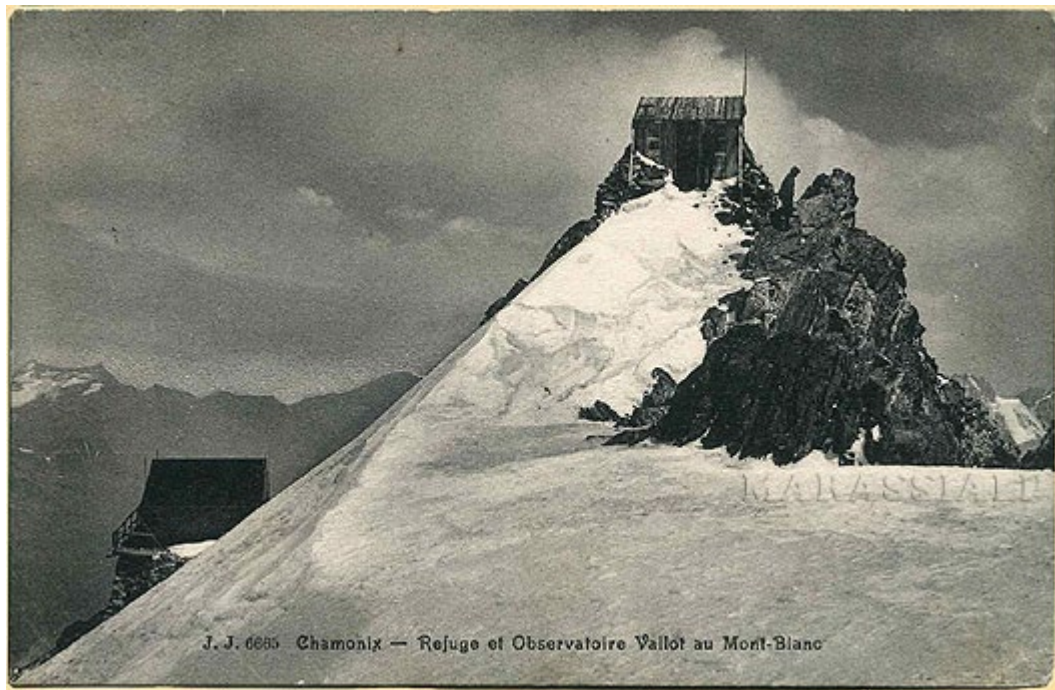


Fig.5: Rifugio e osservatorio Vallot, anno di costruzione 1891. Fonte: Altervista.org

Si cercò anche di realizzare un rifugio osservatorio sulla cima del monte bianco da parte dell'astrofisico francese Pierre Jules Cesar Janssen, ma l'opera lineata fu abbandonata ben presto perché in poche stagioni sprofondò nei ghiacci. Nel 1893 la regina Margherita di Savoia inaugurò

sul Monterosa il rifugio di punta gli Gniffetti (4559 m), questo fu l'ultimo rifugio realizzato in vetta nelle Alpi.

1.5 Il rifugio-albergo

Nei primi decenni del 1900 l'alpinismo non è più una pratica per pochi esperti, ma diventa uno sport diffuso grazie ai nuovi equipaggiamenti e mezzi di arrampicata e alla pubblicità che ne viene fatta alle esposizioni di Salisburgo, Milano e Parigi. Gli affiliati ai vari club alpini triplicano di numero e le strutture alpine si rivelano inadeguate alla nuova richiesta. Si sente l'esigenza di progettare i nuovi rifugi alpini con le dimensioni di veri e propri alberghi in grado di soddisfare la crescente domanda turistica. Nascono così rifugi di notevoli dimensioni a più piani e in grado di ospitare più avventori con differenti esigenze e possibilità economiche. Il primo rifugio costruito per ospitare fino a 60 persone fu il rifugio Torino costruito nel 1900 sul Colle del Gigante , nel 1904 venne inaugurato il rifugio Bartolomeo Gastaldi (2659m) in valle d'Ala di Lanzo, costituito da tre piani di cui uno suddiviso in stanze separate, gli altri 2 piani invece adibiti a camerate, più un alloggio per il custode. Da menzionare è anche il rifugio Quintino Sella alle pendici del Monviso costruito nel 1905 che negli anni ha subito più ampliamenti ed è arrivato ad una capienza di 145 posti letto.



Fig. 6: Rifugio Torino ,1900. Fonte:www.montagna.tv

1.6 *Gli anni dopo la Prima Guerra Mondiale*

La grande guerra del 15/18 scaraventò nelle Alpi orientali migliaia di cittadini, operai e contadini che furono costretti ad abitare luoghi anche a quote superiori ai 3000m che neanche gli alpinisti fino ad allora avevano calpestato. Furono scavate gallerie, trincee e camminamenti. Furono realizzati baraccamenti e città nella roccia; per ripararsi, i soldati dei due eserciti scavarono ricoveri nel ghiaccio sull'Adamello e sulla Marmolada, dove venne costruita la "Città di ghiaccio", comprendente 8 chilometri di gallerie, ricoveri e depositi, furono minate e spianate montagne. I rifugi alpini divennero avamposti.

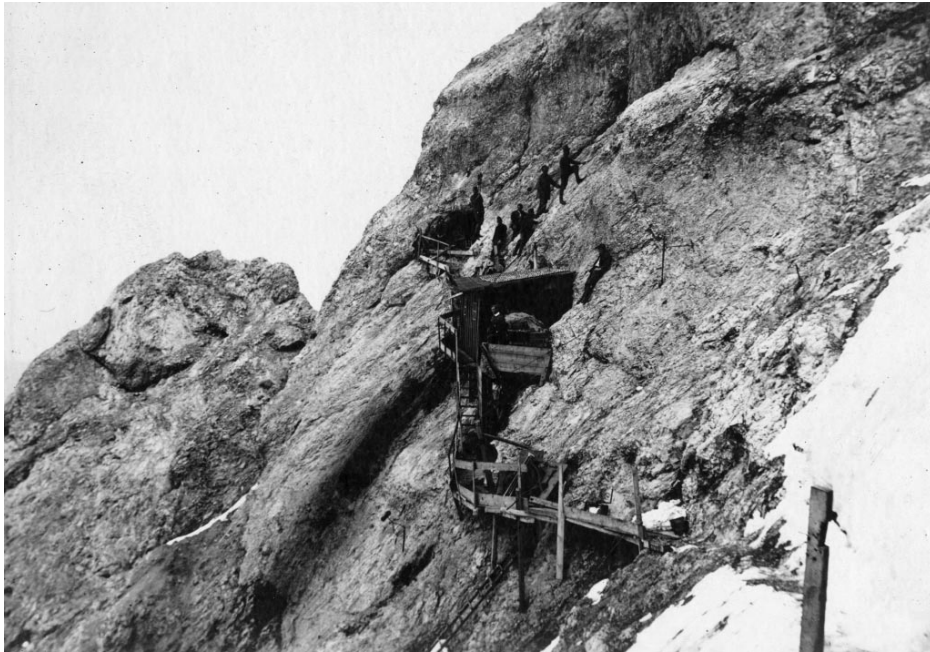


Fig.7: Baracche in posizione aerea sulla cresta nord del Corno di Cavento. Fonte: Cai Torino

Se durante la guerra si arrestò l'opera del CAI, nel dopoguerra al CAI furono assegnate in gestione a decine quelle costruzioni alpine realizzate per fini bellici e soprattutto decine di rifugi alpini che erano appartenuti a sezioni del disciolto DOAV. (Deutscher und Österreichischer Alpenverein) e che in base al trattato di Londra ricadevano in territori annessi all'Italia.

Il CAI al tempo del fascismo tra le due guerre perse la sua autonomia e fu direttamente controllato dal ministero della propaganda e della guerra, dal 1937 al 41 gli sforzi del CAI mirarono a migliorare l'accoglienza nei rifugi alpini e tra i criteri per la costruzione di nuovi rifugi c'era quello di essere il più possibile raggiungibili e quindi fruibili da un più largo numero di utilizzatori e non solo da provetti alpinisti; questo comportò anche lo studio dell'utilizzo dello spazio e delle modalità costruttive che

dovevano inserire il rifugio nel contesto paesaggistico senza obblighi di rispondere a predefinite tipologie costruttive.

1.7 *Gli anni dopo la Seconda Guerra Mondiale*

Gli anni successivi alla Seconda Guerra Mondiale furono anni di difficile ricostruzione non solo per tutto il Paese ma anche per i rifugi Alpini.

Con l'8 settembre 1943 i rifugi e tutto il territorio montano divennero luogo prediletto per chi doveva nascondersi e per la Resistenza.

Alcuni giornali fascisti repubblicani denunciarono il CAI come complice dei partigiani, infatti in parte i custodi dei rifugi e le guide del CAI ebbero funzione di collegamento dalla pianura alla montagna, dal nord Italia con la Svizzera e coi partigiani d'oltralpe.

Alcuni rifugi furono trasformati in ospedali, per le popolazioni dei villaggi in fuga dalla guerra o dalle rappresaglie naziste. Durante questo periodo del conflitto sebbene solo una parte dei rifugi rientrassero nell'utilizzo partigiano, i rifugi furono quasi tutti più o meno bruciati, depredati, demoliti o vandalizzati. Alcuni furono resi inutilizzabili dai nazifascisti per evitare il loro utilizzo da parte dei partigiani, altri furono depredati durante la ritirata tedesca, altri furono semplicemente svuotati di ogni cosa da sbandati o dai valligiani ridotti alla misera dalla guerra: nell'estate del '45 il CAI quantificò in 440 milioni di lire i danni subiti dai rifugi.

1.8 *I rifugi di grandi dimensioni*

Nel dopoguerra il boom economico, i nuovi mezzi di trasporto a disposizione e i nuovi materiali portò veri e propri stravolgimenti nella montagna all'insegna dello sviluppo intenso dell'industria turistica. Anche i rifugi del CAI subirono delle notevoli trasformazioni.

Notevole importanza ebbe l'utilizzo dell'elicottero che permise di portare in quota ogni tipo di materiale di qualsiasi peso e dimensioni per realizzare rifugi sempre più accoglienti; i luoghi un tempo integri selvaggi e inospitali, veri rifugi per coloro che cercavano libertà e il silenzio delle terre alte si trasformarono via via in punti di ristoro per chi frequentava i vicini comprensori sciistici. I vecchi rifugi vennero rifatti e trasformati in ospitali alberghi, i sentieri diventarono strade e nuovi impianti di risalita portarono mezzi pesanti in alta quota.

Tutto ciò ha comportato negli anni anche la gestione dei rifiuti e degli scarichi fognari che sono cresciuti continuamente. Con la cementificazione della montagna a scopi turistici anche i rifugi

hanno subito trasformazioni che in alcuni casi hanno decuplicato le dimensioni dei rifugi preesistenti. Esempi sono il rifugio Gniffetti al Garstelet (3647 m) che nel 1967 raggiunse una capienza di 100 posti letto e l'imponente rifugio Vallata al Monviso (2450) del 1988. Altri due rifugi di evidente sproporzione rispetto alla natura circostante sono la Capanna Regina Margherita sulla punta Gniffetti (4559 mslm) e la Capanna Quintino Sella al Felik (3585 mslm) per 150 posti letto. Fortunatamente dagli anni '90 il CAI ha rinunciato alla edificazione di megastrutture



Fig.8: Rifugio Quintino Sella al Felik,1982. Fonte: Rifugioquintinosella.com

1.9 Sostenibilità energetico-ambientale

In seguito alla eccessiva antropizzazione dell'alta montagna e alla fragilità dell'ecosistema alpino fin dagli anni novanta si è sempre più sviluppata una coscienza ambientalista che ha interessato tutti i settori della società nelle aree alpine. Il CAI stesso ha rinunciato ad edificare strutture difficilmente compatibili con l'ambiente incontaminato delle alte quote e nel 1990 con la carta di Verona il CAI si è impegnato a ripensare al ruolo e alla funzione della struttura rifugio con riferimento in particolare alla riqualificazione o ridefinizione dell'esistente. Ogni azione e ogni intervento riguardanti i rifugi e i bivacchi saranno preceduti da un'attenta valutazione preventiva di impatto ambientale;

A livello europeo il 7 novembre 1991 viene firmata la "Convenzione delle Alpi" che impegna gli Stati Membri al rispetto dell'ambiente alpino da ogni punto di vista e tra i vari punti trattati spiccano l'energia e l'economia dei rifiuti:

- 1) Energia:- al fine di ottenere forme di produzione, distribuzione e utilizzazione dell'energia che rispettino la natura e il paesaggio, e di promuovere misure di risparmio energetico.
- 2) Economia dei rifiuti - al fine di assicurare la raccolta, il riciclaggio e il trattamento dei rifiuti in maniera adeguata alle specifiche esigenze topografiche, geologiche e climatiche dell'area alpina, tenuto conto in particolare della prevenzione della produzione dei rifiuti.

Le nuove esigenze ecologiste e nuove tecniche e scoperte edilizie applicabili fin dagli anni '80 hanno reso negli anni i rifugi il più energeticamente autonomi possibile. Vengono sempre di più utilizzati sistemi solari passivi, tipici della progettazione bioclimatica, sfruttano al meglio le risorse e l'energia che la natura offre. Il muro di Trombe è un muro solare che sfrutta l'irradiazione, riducendo la quantità di energia necessaria alla climatizzazione dell'edificio, questa tecnica venne usata nel Rifugio Adele Planchar (3173m).



Fig. 9: Tecnica del "muro di Trombe" nel Rifugio Adele Planchar.

Nel 1979 vennero installati nel rifugio Evettes (2590m) i primi pannelli fotovoltaici.
Nel 1989 nel rifugio Gouter venne realizzato il primo sistema di captazione dell'acqua dalla neve grazie all'energia solare.

2 ANALISI DELLO STATO DELL'ARTE SUI RIFUGI CONTEMPORANEI E LORO SOSTENIBILITA'

2.1 Analisi sui rifugi contemporanei

Il secolo scorso si è contraddistinto, forse per reazione a megastrutture edificate con poco rispetto dell'ambiente alpino, per la ricerca di edifici in alta quota che fossero ben inseriti nell'ambiente naturale e che in qualche modo ne facessero parte. In particolare in Svizzera e Germania nacquero rifugi edificati secondo regolamenti che tutelavano la cultura architettonica alpina anche grazie a organizzazioni come Heimatschutz (Protezione della patria).

Di fatto per tutto il novecento il rifugio per prassi doveva essere edificato rettangolare con la forma tipica della capanna, con il tetto a doppia falda in Ethernet e pareti in pietra locale. Se da un lato questo ha permesso di tutelare il più possibile il paesaggio e le tradizioni alpine dall'altro lato la codificazione delle modalità costruttive ha costituito un freno per lo sviluppo e la ricerca di nuove soluzioni architettoniche che meglio rispondessero alle esigenze di sostenibilità ed efficienza energetica dei rifugi e di accessibilità e fruizione da parte dei sempre più numerosi turisti.

Negli ultimi decenni invece si è cercato di soppiantare la tipologia di rifugio scatolare e di dare un uguale valore all'aspetto di autosufficienza e sostenibilità ambientale rispetto a quello estetico. Sono stati così progettati e realizzati rifugi con spazi luminosi ed aperti e con geometrie che richiamano i profili delle montagne e della natura circostante . Questo tipo di edifici di varia forma ha permesso di poter dotare l'involucro edilizio di sistemi di pannelli fotovoltaici per l'indipendenza energetica e sistemi di raccolta e filtrazione della neve per l'indipendenza idrica. Nei paragrafi successivi vengono descritti tra questi rifugi quelli più esemplificativi

2.1.1 Schiestl Haus

Schiestl Haus è il primo rifugio di montagna completamente eco sostenibile realizzato nel 2005 in Stiria in forma di casa passiva d'alta montagna. La struttura linea a secco e il sistema di prefabbricazione hanno consentito la sua edificazione in soli due anni potendo portare in quota i moduli relativamente leggeri con l'utilizzo di un elicottero.

Il rifugio ha 70 posti letto ma l'edificio per risparmio energetico e in funzione dei flussi stagionali di turisti non è sempre interamente riscaldato e si suddivide in tre zone climatiche differenti incastrate l'una sull'altra. Il nucleo centrale comprende gli spazi comuni e alcune stanze ed è sempre riscaldato, un secondo blocco viene riscaldato all'occorrenza mentre il terzo, adibito a servizi, non lo è mai. In questo modo le aree esterne fungono da isolamento come fossero una camera d'aria. L'esposizione a sud consente alla struttura di alta quota (2156 mslm) di resistere alle basse temperature senza l'ausilio di fonti energetiche artificiali. Il rifugio schiera una batteria di pannelli solari e fotovoltaici strutturali alla facciata che riescono a produrre il 60% del fabbisogno energetico, il rifugio è dotato di un impianto di depurazione biologico di acque grigie e di uno di recupero dell'acqua piovana che permettono il riutilizzo nei servizi igienici. C'è poi un serbatoio di accumulo dell'acqua dallo scioglimento delle nevi che viene mantenuta allo stato liquido anche nei mesi invernali grazie ai pannelli solari.



Fig.10: Rifugio Schiestl Haus Sanct Ilgen (A) , 2156 mslm .

Anno di costruzione 2005. Fonte:sliderplayer.com

2.1.2 Rifugio Sasso Nero

Il rifugio Sasso Nero è una torre di forma irregolare e affusolata situata alla forcella di Riatorbo ad altitudine di 3026 m vicino al confine austriaco che appare mutevole all'osservatore a seconda del punto di osservazione, dall'alto o da una delle molte vie di accesso.

L'edificio è realizzato in pannelli prefabbricati di abete rosso e gli interni sono eseguiti in larice non trattato. La facciata esterna è rivestita in rame che scintilla nel paesaggio incontaminato delle Alpi. Sul tetto lungo la parete SO sono stati posizionati 90 mq di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con un accumulo di batterie poste al secondo piano interrato dove è stata prevista anche una centrale termica in caso di maltempo.

Per la cucina si usa gas. L'acqua proveniente dal vicino ghiacciaio viene trattata e mineralizzata.

Il rifugio vanta lo standard di Casa Clima A con un consumo energetico inferiore a 30Kwh/mq.

Il rifugio si sviluppa verticalmente su sei livelli. Nei due piani inferiori sono collocati i servizi e i locali tecnici, al piano terra l'ingresso con la sala stube, i piani superiori sono adibiti a posti letto e locale per il personale.



Fig.11: Rifugio Sasso Nero San Giovanni (IT), 3026 mslm .Completamente ricostruito nel luglio 2018.

Fonte:provincia.bz.it

2.1.3 Cabane de Tracuit

La Cabane de Tracuit, a 3256 metri d'altezza, proprietà del Club Alpino Svizzero, Sezione di Chaussy, è posta nella valle di Anniviers, ed è punto di partenza per le ascese al Bishorn e al Weisshorn.

L'edificio è un parallelepipedo di acciaio che richiama nella forma piatta delle facciate sia l'orizzontalità del Ghiacciaio di Turtmann che la verticalità della parete rocciosa, il profilo del rifugio si adatta alla topografia e si distende sulla cresta, e bene si sposa con la parete di massi.

La facciata sud è un prolungamento della parete rocciosa ed è ricoperta di vetro o di pannelli fotovoltaici per massimizzare lo sfruttamento dell'energia solare. Le altre tre facciate si confondono specchiandosi nel paesaggio circostante immergendosi così nel contesto naturale.

Gli spazi interni sono essenziali e organizzati in modo compatto e mantengono lo "spirito della capanna alpina".

Una struttura in legno forma il telaio della capanna. Sono stati necessari nove giorni di lavoro con l'aiuto di due elicotteri per montare i quattro livelli di cui si compone la capanna, realizzati con moduli prefabbricati.

Le facciate e il tetto sono rivestite in inox, scelto per le qualità di resistenza alla corrosione, permette inoltre di raccogliere e recuperare le acque piovane grazie alla stabilità chimica. Sulle facciate est, ovest e nord, le aperture hanno dimensioni che permettono di equilibrare l'illuminazione naturale dei locali, la ventilazione naturale e la limitazione delle dispersioni termiche. La facciata sud, maggiormente esposta al sole, è dotata di finestre a nastro che permettono di immagazzinare l'energia solare e offrono una vista a strapiombo sulla valle.

Un sistema di ventilazione low-tech permette il recupero del calore emesso e garantisce il ricambio di aria. Il riscaldamento, limitato a qualche locale, è garantito da un sistema a legna (pellet) e a gas (come sistema complementare). La facciata sud simile a un prolungamento della parete rocciosa è perfettamente orientata per accogliere i 95 mq di pannelli fotovoltaici che forniscono la maggior parte dell'energia elettrica. Per i picchi di consumo è presente un generatore.



Fig 12 : Rifugio Cabane de Tracuit , Oberems (SWI) , 3256 MSLM. Anno di ricostruzione:2013.
Fonte:www.sac-cas.ch

2.1.4 Bivacco Giusto Gervasutti

Scalando il Monte Bianco, potreste imbattervi in una struttura tubolare che potrebbe sembrare la fusoliera di un aereo precipitato sull'orlo di un precipizio.

Nulla di tutto ciò, si tratta di un rifugio alpino di ultima generazione ma ad impatto zero. Una baita “tubolare” temporanea ad energia solare, composta secondo una struttura nata nel segno della sostenibilità e del rispetto ambientale, dovendo essere collocata a 3.000 metri d’altitudine sul ghiacciaio Fréboudze.

Oltre alla struttura cilindrica del rifugio, caratteristica è anche la testata trasparente composta da lastre acriliche antiabrasione che contribuiscono a dare il senso di sospensione nel vuoto della struttura.

Il rifugio pesa complessivamente 2.000 kg, e la sua modularità ha permesso di decidere a priori di quali e quanti ambienti comporlo. La tipologia installata sul Monte Bianco è composta da sei moduli, raggiungendo una superficie di 29 mq interni in grado di ospitare fino a 12 persone: all’interno si distribuisce in più settori: servizi igienici, zona notte, unità giorno munita di cucina elettrica, unità ingresso dotata di bussola termoisolante per evitare dispersioni di calore.

All’esterno vi è un modulo di copertura con film fotovoltaico; L’ energia elettrica fornita dal tetto è di 2,5 kilowattora.

Gli altri impianti del bivacco sono: un sistema di fusione della neve per la fornitura di acqua potabile e un depuratore per le acque reflue che riimmette l’acqua nell’ambiente esterno senza inquinanti. Un sistema specifico di ricircolo dell’aria con recuperatore di calore.



Fig 13: Bivacco Giusto Gervasutti , Courmayeur (IT), 2835 mslm. Anno di costruzione :2012.

Fonte:www.caitorino.it

2.1.5 Rifugio Francesco Gonella

Il rifugio Francesco Gonella si trova sul versante italiano del Monte Bianco, è meta obbligata per la salita alla vetta dalla parte italiana ; è collocato in uno sperone roccioso sulla sponda destra del ghiaccio del Dohme.

Il rifugio è stato inaugurato nel 2011, la struttura frontalmente ha uno sviluppo tondeggiante ed è rivestita di alluminio graffato; lateralmente ha un' ampia vetrata con serramenti in alluminio a doppia camera e gas inerte. Poggia su una fondazione di calcestruzzo e travi in acciaio su cui è montato un telaio in legno lamellare che sorregge pannelli sandwich di legno che compongono sia i solai che le pareti perimetrali curve. L'intera struttura è stata prefabbricata a valle e trasportata e montata per mezzo di un elicottero.

Esternamente è stato realizzato un terrazzo con griglie zincate. Il rifugio è suddiviso in tre piani, il piano terra ospita la cucina e la sala comune con una stufa, il piano primo ospita i servizi , una camerata e la stanza del gestore, al terzo livello c'è una ulteriore zona notte e i locali tecnici. Il riscaldamento oltre che da una stufa a pellet è garantito da pannelli solari termici ad aria combinati con un sistema di ricircolo con recupero di calore; l'efficienza raggiunta è pari al 95%. L'energia elettrica è prodotta da pannelli fotovoltaici composti da 30 moduli che producono 4 kWh. Esiste poi un generatore a gasolio.



Fig.14: Rifugio Francesco Gonnella Courmayer (IT) , 3071 mslm. Anno apertura:2011.

Fote:caitorino.it

2.1.6 Olpererhutte

Il rifugio Olperer è situato in Tirolo sulla parte assolata della cresta principale delle Alpi di Tux direttamente al di sopra della diga Schlegeis. La punta del frontone è sporgente e ospita una splendida finestra panoramica che occupa quasi completamente la larghezza della sala interna.

Con il tetto a doppia falda e la pianta rettangolare, il rifugio Olperer Hütte, che è stato ricostruito nel 2007, si ispira esternamente ai rifugi classici. Consiste in un sistema prefabbricato di pannelli portanti in multistrato in abete da 15 cm realizzati secondo la tecnologia Xlam , cio' in fase di montaggio ha ridotto al minimo i voli di trasporto con l'elicottero.

L'attività del rifugio è limitata alla stagione estiva per cui ciò non ha richiesto un particolare grado di isolamento della struttura e le camere da letto non dispongono di riscaldamento che è fornito solo nelle parti comuni del piano terra da una stube.

La corrente e l'acqua calda sono garantiti da un impianto fotovoltaico e da una centrale elettrica alimentata con olio di colza. Un depuratore biologico filtra le acque di scarico.



Fig.15 :Rifugio Olperer Hutte, Ginzling (A), 2389 mslm. Anno:2007. Fonte:www.viaalpina.org

2.1.7 Kezmarska Hut

Kezmarska Hut rappresenta l'architettura che sfida la forza di gravità: è stato progettato in occasione del concorso per il restyling di un rifugio di lusso tra le montagne degli Alti Tauri, in Slovacchia, è un edificio di forma cubica che pare essere una nave aliena precipitata dal cielo sulla neve, conficcata con un vertice direttamente sulla nuda roccia. Ciò che sembra essere un capriccio estetico è in realtà frutto di profondi studi e di una fantasia visionaria, qualità che hanno consentito di realizzare una costruzione non solo bella ma anche ecosostenibile. Infatti la disposizione della facciata inclinata a sud ovest permette di inverno di intercettare pienamente i flebili raggi solari.

Tre facciate esposte con cura alla luce del sole, dotate di grandi finestre e pannelli fotovoltaici, forniscono illuminazione e calore necessari affinché questo rifugio possa essere per i suoi visitatori accogliente e caldo, ma a basso consumo energetico, la capanna infatti è stata concepita come edificio passivo. Le facciate ricoperte di pannelli fotovoltaici, solari termici e di finestre sono perfettamente perpendicolari all'inclinazione che raggi solari assumono nella stagione fredda dove l'esigenza di energia è maggiore. L'alto isolamento termico e un sistema di recupero di calore consentono un recupero dell'85%. Il rifugio ha anche una caldaia a colza in caso di necessità.

L'acqua proviene dallo scioglimento del ghiaccio e dall'acqua piovana che viene raccolta in un serbatoio da 15 m³ E preriscaldata prima dell'utilizzo. per gli scarichi è previsto un sistema con condensa grassi e poi trattamento delle acque che consentono la remissione in ambiente di acque pulite.



Fig 16: Rifugio Kezmarska Hut, Vysokè Tatry (Slo), 1619 mslm.

Anno:2014. Fonte:worldarchitecturenews.com

2.1.8 Bivacco skuta

Il bivacco è situato sulle Alpi di Kamnik al di sotto del monte da cui prende il nome. La forma esterna minimale e i materiali sono stati scelti per rispondere alle condizioni estreme del monte Skuta che in inverno raggiunge i -20°C e per valorizzare la vista panoramica.

Il progetto è caratterizzato da tre moduli, ognuno costituito da falde in copertura con inclinazioni differenti che si chiudono a ventaglio, in parte per consentire il trasporto in quota in elicottero e in parte per dividere lo spazio a seconda delle funzioni. Il primo modulo è dedicato all'ingresso, allo stoccaggio e a un piccolo spazio per la preparazione del cibo. Il secondo offre spazio per dormire e socializzare, mentre il terzo offre una zona cuccette. Vetrate su entrambi i lati offrono una splendida vista panoramica sulla valle e sulla montagna Skuta.

Essendo il bivacco utilizzato anche in inverno è stato necessario garantire un elevato isolamento termico. È stata perciò adottata una stratigrafia con rivestimento esterno in vetrocemento, strato acustico spessore 4 mm, strato di isolamento termico in lana di roccia di spessore 160 mm, sotto struttura in pannelli di legno spessore 40 mm e rivestimento interno in larice.



Fig 17: Bivacco Skuta, Kamniska Bistrica (Slo), 2070 mslm.anno:2014-2015. Fonte:ofis.si

2.1.9 Monte Rosa Hutte

Il Rifugio Monte Rosa Hutte realizzato nel 2005 ha la forma poliedrica di un cristallo di roccia, l'involucro consiste in uno strato di abete rosso, uno di isolamento e lo strato esterno di alluminio.

Il rivestimento in alluminio, che avvolge l'edificio dalle facciate al tetto senza soluzione di continuità, si interrompe lungo il lato esposto a sud, lasciando spazio ad un sistema fotovoltaico composto da 85 mq di pannelli, in grado di assicurare un'efficienza energetica pari al 90% del reale fabbisogno. L'energia viene raccolta in accumulatori che garantiscono la dotazione di energia elettrica durante la notte e nelle giornate invernali con poca luce naturale. L'elettricità provvede all'illuminazione degli ambienti, agli elettrodomestici, al trattamento delle acque grigie e al sistema di ventilazione forzata. Il restante 10% del fabbisogno viene coperto da una centrale di cogenerazione integrativa.

L'acqua potabile viene immagazzinata dallo scioglimento della neve in una vasca e dopo essere stata filtrata alimenta bagni e cucine. I serramenti sono realizzati in legno con tripla camera di vetro e intercapedine riempita di gas Krypton.



Fig.18: Rifugio Monte Rosa Hutte, Zermatt (SUI), 2883 mslm.

Anno:2009. Fonti:journal.openedition.org

2.1.10 Rifugio all'Aiguille du Gouter

Il rifugio Gouter è posizionato a 3835 sul Monte Bianco con una capienza di 120 posti letto creato per poter ospitare i 20'000 alpinisti che nel corso dell'anno raggiungono il Monte Bianco . La struttura è curva , di metallo e legno, sospesa su uno strapiombo di 1.500 metri, ed è stata progettata per dare sicurezza e comfort in condizioni estreme soprattutto per il vento dominante che arriva da Ovest che raggiunge i 300 km/h.

La forma curvata consente alle raffiche di scivolare sui fianchi per spingere la neve dietro all'edificio, nel bacino di accumulo che serve per raccogliere l'acqua . L'involucro esterno è costituito da pannelli in inox, capaci di resistere anche alle forti escursioni termiche, sopra i quali sono montati 95 mq di pannelli fotovoltaici , mentre 50 mq di pannelli solari termici sono posti nelle immediate vicinanze del rifugio. Un sistema combinato consente di recuperare al 100% le acque reflue. La struttura principale è formata da un telaio di travi lamellari imbullonate a una fondazione di 69 pilastri fissati nella roccia. La struttura interna è realizzata secondo i principi costruttivi delle case passive, con pannelli isolanti di fibra di legno riciclato. I serramenti sono a triplo vetro con camere d'aria ad argon. Il rifugio si compone di tre piani, al piano terra c'è una sala comune e i servizi tecnici, al primo piano soggiorno, cucine e alloggio custode, gli altri due piano sono dedicati a posti letto.



Fig.19: Rifugio all'Aiguille du Gouter, Saint Gervais Les Bains, (FR) 3835 mslm. Anno:2013.

Fonti:infobuildenergia.it

2.1.11 Rifugio Carlo Mollino

Il 5 Dicembre 2014, nel Comune di Gressoney St. Jean, nel comprensorio sciistico del Weissmatten, è stato inaugurato il Rifugio Mollino, la casa passiva dedicata agli sciatori estremi.

Il rifugio Carlo Mollino prende il nome dall'architetto che nel 1954 lo presentò alla X triennale di Milano ,ed è caratterizzato da un'architettura aerea, sollevata dal suolo da due pilastri in calcestruzzo e legno che sorreggono una baita che per la tipica conformazione a triangolo richiama le casette Walser quando non anche le vette appuntite circostanti. Il progetto originario della piccola baita è stato riadattato nel 2006 dal Politecnico di Torino che ha inserito gli impianti tecnologici nella struttura composta da capriate lignee dell'architettura tradizionale montana, che convivono con la leggerezza della copertura metallica su cui sono inseriti i pannelli fotovoltaici , che con i materiali di ultima generazione rendono l'edificio ecosostenibile a zero emissioni certificato Classe A Gold di Casa Clima con un fabbisogno energetico inferiore a 10 kWh/mq.

Il rifugio, visibile dal Walserweg, la grande via dei Walser, è meta di alpinisti ed appassionati di trekking, si sviluppa su tre livelli: un piano rialzato, destinato agli spazi comuni, alla sala da pranzo, ai servizi, alla cucina ed al deposito-sci, e due piani sopraelevati dove sono realizzate quattro camere da letto con servizi . Tutti i componenti, architettonici e tecnologici, contribuiscono al funzionamento di una macchina perfetta, completamente autosufficiente e realizzata in materiali riciclabili. Le ideali caratteristiche di comfort sono ottenute dal completo rivestimento in pannelli di lana di vetro, materiale isolante e completamente riciclabile . Gli infissi sono a taglio termico con trattamento basso emissivo. Il benessere termico viene raggiunto mediante l'installazione di sistemi scaldanti a basso consumo energetico in fibra di carbonio, con un impianto di ventilazione meccanica e da pannelli radianti inseriti negli elementi architettonici di arredo L'acqua una volta prodotta tramite un impianto di riutilizzo delle acque piovane e di biotattamento delle acque reflue, viene scaldata con pannelli solari installati sul tetto.



Fig. 20: Rifugio Carlo Mollino, Gressoney St. Jean (IT), 2050 mslm. Anno:2014

3 ANALISI DEI RIFUGI ALPINI DEL TRENTINO: ASPETTI GEOGRAFICI, AMBIENTALI E LOCATIVI

3.1 Rifugi alpini del trentino e rifugio Pian dei Fiacconi

Rispetto a tutti gli altri rifugi dell'arco alpino i rifugi del Trentino hanno caratteristiche peculiari.

Se nelle Alpi Occidentali molti rifugi mantengono la funzione originaria di punto di appoggio per scalate alle vette, a causa delle lunghe durate dell'ascesa e dei notevoli dislivelli tra vetta e valle, questo invece non si può affermare per i rifugi trentini, sia per i ridotti i dislivelli, sia per la presenza di parcheggi in quota e funivie che permettono un veloce accesso ai rifugi a qualunque tipo di utenza.

Inoltre gli stili di vita negli anni sono cambiati e anziché una frequentazione lenta della montagna si è sempre più portati a vivere la montagna in tempi stretti nei weekend tra una settimana lavorativa e l'altra; per questi motivi gli utenti dei rifugi sono sempre meno alpinisti, sono invece sempre più sportivi che si dedicano alle attività come speleologia, canyoning, mountain-bike, downhill e volo libero, che prediligono lo scii alpino e di fondo oppure che scelgono l'escursionismo per il godimento del paesaggio delle vaste aree protette e dei luoghi teatro della grande guerra.

La rete dei rifugi trentini è molto diffusa. Si contano i fatti ben 145 rifugi di cui 85 rifugi alpini e 63 escursionistici; la quota media è di 1945 m sul livello mare compresi tra i 3531 del rifugio alpino Vioz "Mantova" e i 618 del rifugio escursionistico Bindesi "Pino Picati".

La tipologia dei rifugi trentini è grosso modo suddivisibile in cinque categorie: rifugi sul bosco , sul pascolo , sulle rocce , sul ghiacciaio e sulle piste da scii.

1) I rifugi sulle piste da sci sono 49 di cui 16 alpini 33 escursionistici, sono dotati di un limitato numero di posti letto e un gran numero di coperti distribuiti anche esternamente al rifugio. I materiali con cui è costruito in genere un rifugio per sciatori è legato al contesto in cui rifugio è costruito, in genere comunque pietre e legno.

2) I rifugi del bosco sono 22: 12 di tipo alpino perché sono punti di partenza per raggiungere le alte vette e 10 escursionistici: sono compresi tra i 2060 mslm e i 618 mslm e sono tradizionalmente costruiti in legno.

3) I rifugi del pascolo posti tra i 3047 mslm e i 2433 mslm, sono 64 di cui 40 di tipo alpino; sono costantemente presidiati in estate in quanto utilizzati per l'alpeggio e sono realizzati in forma di malga e tabia'. Sono rifugi predisposti all'accogliimento di escursionisti per il godimento dei

panorami tipici dei pascoli alti; l'utilizzo prevalente è quello degli spazi esterni all'edificio. La forma tipica è quella di un basamento in pietra con la parte in elevazione in legno.

4) I rifugi delle rocce sono 24 prevalentemente alpini e sono concentrati sulle montagne più elevate Marmolada, Sella , Catinaccio, Pale di San Martino, Adamello, Vioz , etc. . Fin dalla costruzione dei primi rifugi nel 1800 la loro funzione è stata l'esplorazione alpinistica e quindi sono edifici essenziali e spartani. Le loro caratteristiche costruttive li rendono adatti a sopportare raffiche di vento, accumulo di neve, temperature rigide, acqua. Sono quindi costruiti in pietrame e lamiera più con l'attenzione al contesto in cui sono inseriti e alle esigenze tecnologiche che a forme standardizzate. Grande attenzione è posta all'isolamento dall'umidità visto che la pietra dolomia con cui in parte sono realizzati è molto porosa e assorbe l'umidità.

5) I rifugi sui ghiacciai del Trentino sono in tutto sette, sono simili per struttura a quelli posti nelle rocce ma caratterizzati dalla presenza di pannelli fotovoltaici e solari e materiali riflettenti. Tra questi sette rifugi è compreso anche il rifugio Pian dei Fiacconi, sul versante nord della Marmolada, costruito nel 1946 e successivamente ampliato: inizialmente comprendeva solo un blocco in muratura ed era aperto sia in estate per le escursioni in alta quota , sia in inverno a servizio degli sciatori.

Purtroppo però, a causa delle grandi nevicate, il 14 dicembre 2020 una valanga staccatasi da Punta Penia ha travolto e distrutto questo rifugio.

La mia tesi propone quindi un progetto per la riedificazione del rifugio valutando gli aspetti di sicurezza strutturale , autosufficienza energetica e basso impatto ambientale.



Fig. 21: Il vecchio rifugio di Pian dei Fiacconi distrutto da una valanga. Anno:2020.

3.2 Inquadramento e descrizione del sito

L'idea di progettare un rifugio nel passo Fedaiia nasce dal nuovo progetto presentato dalla società funiviaria Fedaiia Marmolada di un impianto di risalita che permette di raggiungere il Ghiacciaio Marmolada, il più esteso delle Dolomiti, posizionato sul versante nord della montagna più alta dell'intero gruppo montuoso: la Marmolada. L'impianto di risalita in progetto, ad oggi in attesa di approvazione, è pensato per funzionare da metà febbraio fino ad autunno inoltrato. Il progettista del nuovo impianto Andrea Boghetto spiega l'idea del nuovo progetto: "si tratta di una cabinovia con una portata di 500 persone l'ora con veicoli chiusi, confortevoli e sbarrierati in modo che chiunque possa arrivare in cima". Il progetto di un nuovo rifugio, in quest'ottica, si sviluppa in correlazione al progetto della nuova funivia: sarà pensato dunque per chi in estate vuole partire per le vie ferrate e per le escursioni sul ghiaccio ed in inverno per lo sci ed il freeride.

La nuova cabinovia in progetto è stata pensata per sostituire la vecchia cestovia, in funzione dal 1974, dismessa in data settembre 2019 che collegava il lago Fedaiia, con partenza dalla cabinovia 'Pian dei Fiacconi', fino a raggiungere l'omonimo rifugio, distrutto dalla valanga nel dicembre 2020. Il nuovo rifugio in progetto sorgerà a fianco della nuova cabinovia in progetto che arriverà 70 metri più in quota, con linea spostata di una cinquantina di metri verso sinistra rispetto alla stazione di monte dell'antica cestovia, a quota 2655 m. s.l.m. Con il nuovo rifugio in progetto si vuole dare una nuova vita al rifugio Pian dei Fiacconi, nonché una nuova immagine ed un nuovo assetto: la nuova progettazione del rifugio non può prescindere da un'attenta valutazione in merito a soluzioni per assicurare la sicurezza del nuovo edificio da fenomeni valanghivi dal momento che l'intero versante risulta nelle carte di sintesi della pericolosità del territorio provinciale in vigore dal 2 ottobre 2020 in zona P4 Elevata che nella scala di valutazione è la pericolosità massima. Oltre agli aspetti di sicurezza strutturale in questo lavoro di tesi si è posta attenzione massima alla realizzazione di un edificio sostenibile, volto a valorizzare il territorio nella sua fisicità e spazialità. Il progetto prevede la edificazione di un edificio energeticamente efficiente e con un basso impatto ambientale, realizzato con materiali naturali la cui produzione è 'ecologica'.

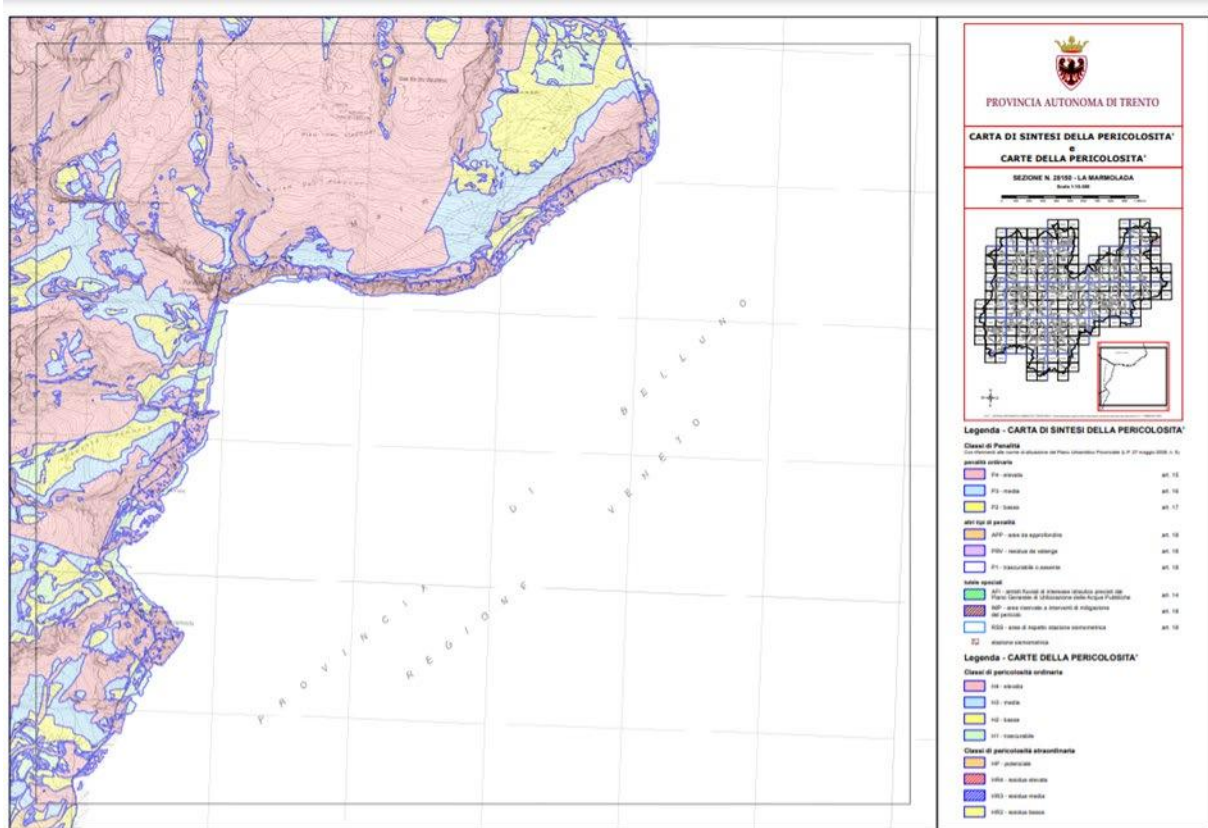


Fig22.: Carta di sintesi della pericolosità. Fonte:www.protezionecivile.tn.it

Il rifugio in progetto dunque verrà costruito nel passo Fedaiia, il valico alpino situato al confine tra Trentino Alto Adige e Veneto sul versante settentrionale della Marmolada. Il rifugio si troverà in una posizione strategica a 2655 m.s.l.m ai piedi del ghiacciaio più grande delle Dolomiti il ‘Ghiacciaio della Marmolada’ raggiungibile nel periodo estivo con una salita di due ore dal lago Fedaiia. Lungo questo tragitto il paesaggio è mozzafiato: si possono ammirare la maestosità di Punta Rocca e Punta Penia, la vetta più alta delle Dolomiti, che fanno parte del gruppo della Marmolada e sul lato settentrionale si ha una splendida vista sul Gruppo del Sella, sul Sassopiatto e Sassolungo e sul Lago Fedaiia. Partendo dal rifugio è possibile per gli escursionisti con esperienza su ghiaccio o accompagnati da guida alpina raggiungere attraverso il ghiacciaio la vetta più alta delle Dolomiti: Punta Penia (3.343m.s.l.m).

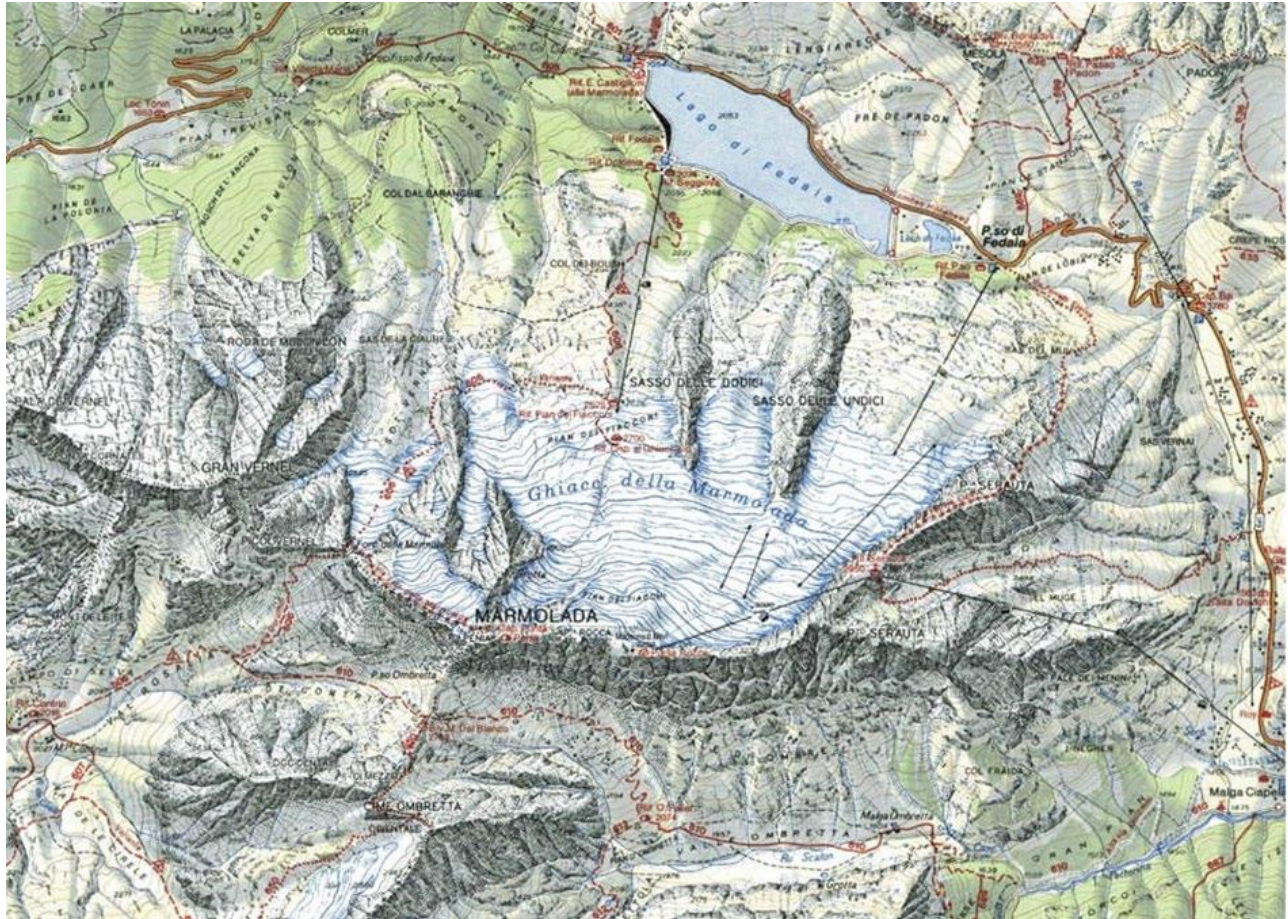


Figura 23: –Cartina topografica ghiacciaio della Marmolada; Pian dei Fiacconi - Punta Rocca (mslm 3250) - Punta Penia (m 3343) - Gran Vernel (m 3210)

Sulla cartina risultano ancora riportati il vecchio rifugio 'Pian dei Fiacconi (m2626)' e la vecchia cestovia. Il nuovo rifugio verrà ricostruito a quota 2655mslm all'arrivo della nuova cabinovia in progetto.

Il passo Fedaia si estende per una lunghezza di 27 km e collega le località di Canazei e Rocca Pietore, il valico mette in comunicazione la Val di Fassa con l'Agordino.

La localizzazione del nuovo rifugio ha molti punti di forza: ci troviamo nel comune di Canazei che risulta la prima località in trentino per presenze, tutta la Val di Fassa è infatti ambita meta di vacanze invernali ed estive. Il turismo rappresenta la principale risorsa economica di tutto il Trentino e la Val di Fassa e Canazei in particolare offrono numerosissimi servizi a disposizione degli ospiti.

Considerando che le funivie che partono dal versante veneto raggiungono i 3300 m.sl., quota proibitiva per diverse persone, il progetto della funivia e del rifugio ai piedi del ghiacciaio risulterebbe il più accessibile della Marmolada.

In inverno si potrà scendere lungo la pista da sci o praticare il freeride, mentre in estate si può partire

per le vie ferrate e le escursioni sul ghiaccio.

Il Ghiacciaio della Marmolada inoltre rappresenta un'importantissima testimonianza storica: è proprio qui che nel 1916, durante la Grande Guerra, i soldati austriaci realizzarono dentro il ghiacciaio gallerie per una lunghezza di circa 10 km, dormitori, forti e depositi nelle viscere del ghiaccio creando una vera e propria "Città di Ghiaccio", una postazione militare strategica per collegare le postazioni in quota bersagliate dalle truppe italiane arroccate a Punta Serauta (2950 mslm). Oggi a Punta Serauta si trova il Museo più alto delle Dolomiti, che conserva cimeli e testimonianze della Prima Guerra Mondiale.

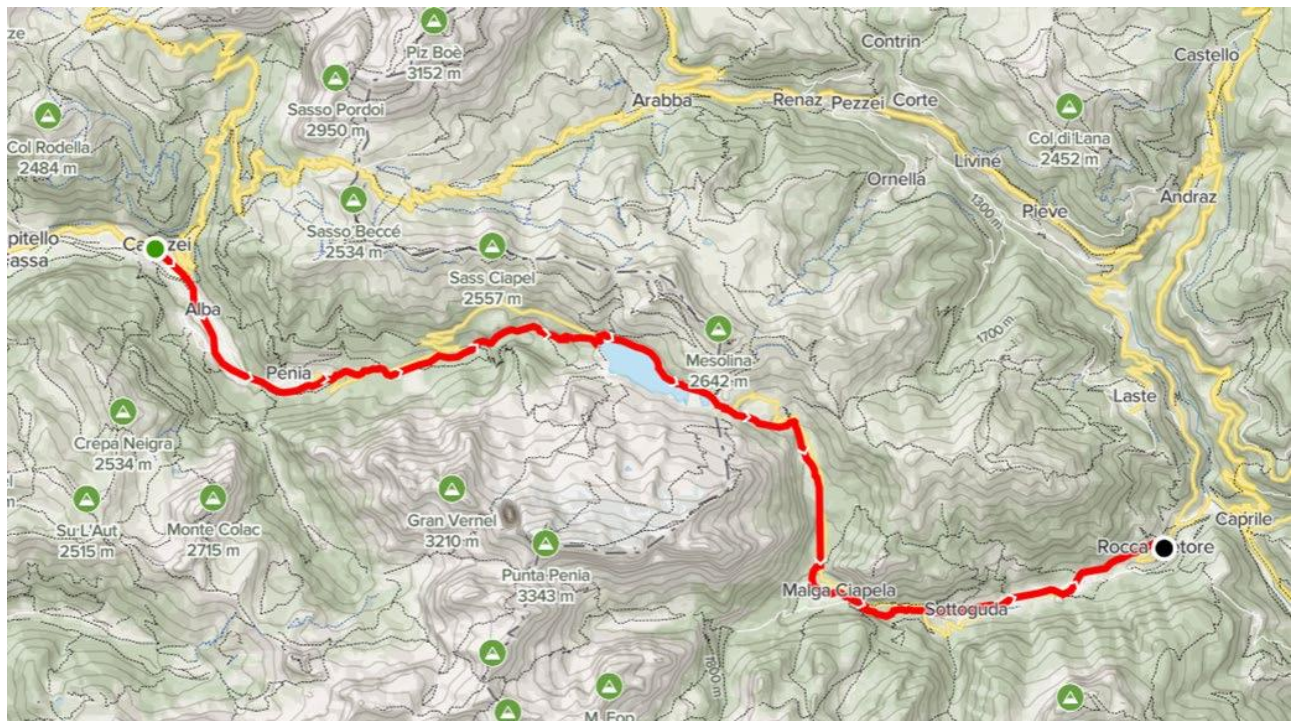


Figura 24: –Valico e collegamento tra Rocca Pietore e Canazei

IMPIANTI DI RISALITA

- 01 FUNIFOR ARABBA
- 02 FUNIFOR ARABBA - PORTAVESCOVO
- 03 PORTADOS
- 04 BURZ
- 05 BURZ
- 06 CAMPOLONGO
- 07 ARABBA REX
- 08 CARPAZZA
- 09 SASS DE LA VEGLIA
- 10 MESOLA
- 11 PAGON I
- 12 PAGON II
- 13 PAGON III
- 14 AREI I
- 15 AREI II
- 20 CMC EUROPA I
- 21 CMC EUROPA II
- 24 CHERZ I
- 25 CHERZ II
- 27 INOISA
- 28 MASARU
- 29 CHERZ I
- 31 MALGA BANC
- 41 CMC EUROPA I
- 42 CMC EUROPA II
- 43 SERAUTA P. ROCCA
- 103 SASS POKODI
- 124 LEZUO
- 125 MARIA
- 126 FODDOM
- 127 ALPENROSE

PISTE

- 1 SALERE
- 3 FODDOM
- 4 POKODI
- 5 SOLVIGASS
- 6 ORNELLA
- 7 PAGON I
- 8 MESOLA
- 9 SASS DE LA VEGLIA
- 10 CARPAZZA
- 11 INOITADOS
- 13 RACCORDO ORNELLA-ROURASAS
- 103 RACCORDO SALERE-ALPENROSE
- 21 BURZ
- 22 BURZ
- 23 VARIANTE AVOIE
- 24 SAVINE
- 25 COLLEGAMENTO PLAN BOE
- 36 RIENTRO
- 37 BEC DE ROIES
- 38 VARIANTE BEC DE ROIES
- 39 CAMPOLONGO
- 40 CHERZ I
- 41 CHERZ II
- 42 LA VIZZA
- 43 INOISA
- 44 PISTA DEL SOLE
- 45 VARIANTE SOLE
- 46 RIENTRO
- 47 KUTFOIT
- 48 BELVEDERE I
- 49 BELVEDERE II
- 42 MARIA
- 43 RACCORDO I
- 44 RACCORDO 2
- 45 ARABBA
- 46 ALPENROSE
- 47 RACCORDO LA VIZA-SALERE
- 50 PAGON I
- 52 AREI I
- 53 AREI II
- 60 PUNTA ROCCA
- 61 SASS DEL MUL
- 62 SASS DEL MUL FEDAA
- 63 VARIANTE SASS DEL MUL
- 64 RACCORDO PUNTA ROCCA SASS DEL MUL
- 67 RACCORDO GHAKCI SASS DEL MUL

- Yellow: Alpin
- Blue: Family Fun
- Green: Ski School
- Red: Ski Lift
- Black: Ski Lift
- Orange: Ski Lift



Figura 25: –Impianti di risalita e piste Arabba-Marmolada

Sulla cartina risulta ancora riportata la vecchia cestovia (in grigio) che portava al rifugio 'Pian dei Fiacconi (m2626).

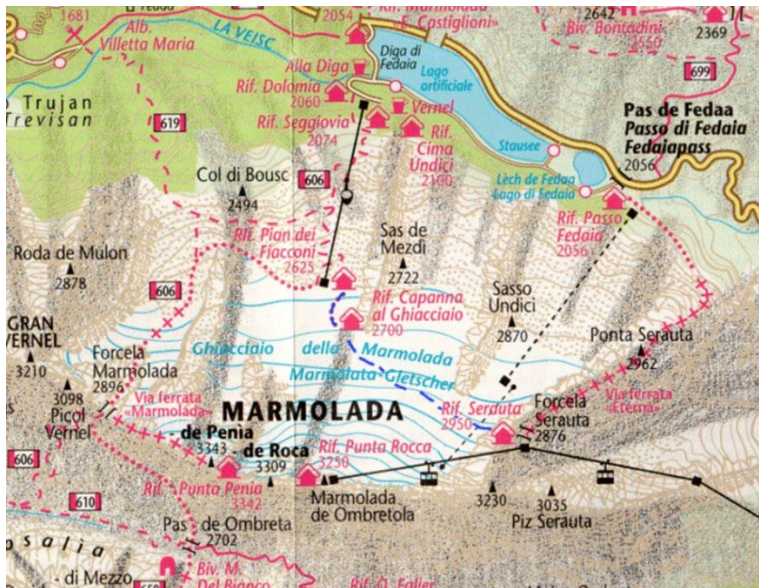


Figura 26: –Itinerari

3.3 Collegamenti e infrastrutture

Per raggiungere il Ghiacciaio Marmolada e il rifugio in progetto si parte dal Passo Fedaiia a quota 2054 m, raggiungibile con strada carrabile da Malga Ciapela o da Canazei, si attraversa la diga del lago Fedaiia e si raggiungono i parcheggi in vicinanza del Museo della Grande Guerra e del Rifugio Dolomia, da qui sarà possibile raggiungere il ghiacciaio con la nuova funivia in progetto o mediante i sentieri da trekking 606 o 606 bis. Per il ritorno si percorre la stessa strada effettuata all'andata. In alternativa si può raggiungere il ghiacciaio partendo da Villetta Maria in Località Pian Trevisan (1680 mslm) seguendo il sentiero 619, un sentiero militare austriaco scavato nella roccia, in cui il paesaggio è in parte roccioso come per i pendii ai piedi del ghiacciaio e in parte boschivo con le caratteristiche marmitte scavate dall'acqua.

E' possibile salire fino a Punta Penia tramite via ferrata: partendo da quello che era l'antico rifugio 'Pian Fiacconi' si intercetta il sentiero N° 606 seguendolo in direzione ovest, si prosegue per circa 40 minuti quasi in piano fino a oltrepassare un evidente sperone roccioso, da qui il sentiero comincia a deviare in direzione Sud e a salire verso la Forcella Marmolada.

Inizialmente su sentiero roccioso e poi su ghiacciaio si raggiunge l'attacco della ferrata, da qui con set da ferrata si raggiunge la vetta. In alternativa si può salire fino a Punta Penia con attrezzatura da ghiaccio risalendo le rampe di ghiaccio si prosegue in direzione sud ovest fino a raggiungere un canalino attrezzato con cavo d'acciaio sotto la cresta di neve di punta Penia, salendo il canalino si raggiunge la vetta.

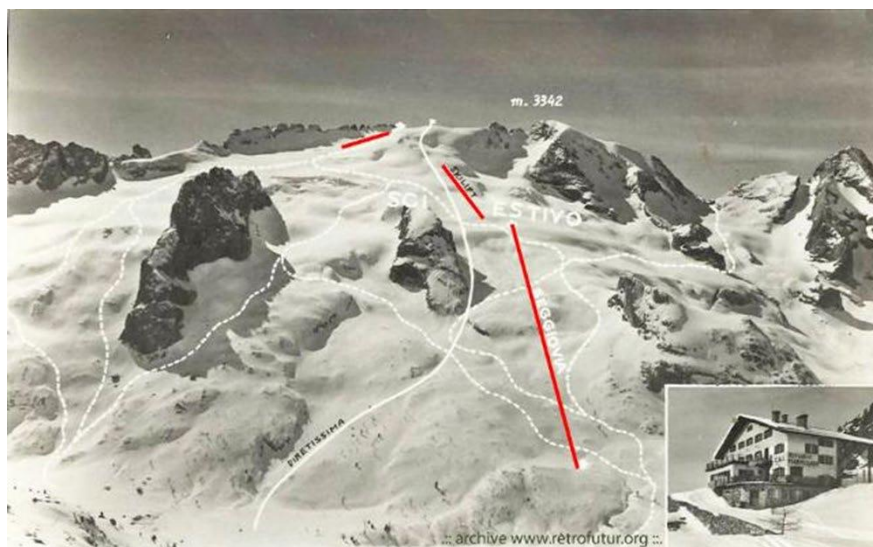


Figura 27: –Seggiovia Fedaiia-Pian Fiacconi: primo e secondo skilift scii estivo anni'50

Dagli anni Quaranta del secolo scorso al settembre del 2019 i turisti hanno avuto la possibilità con una seggiovia prima, e con una cestovia, poi, di risalire dal Fedaia fin quasi all'inizio del ghiacciaio. Il primo a costruire un impianto Fedaia-Pian Fiacconi fu G. Graffer, fondatore della ditta Graffer che nel 1947 costruì un impianto con rulliere oscillanti di lunghezza 1430 m fino a raggiungere la quota di 2630 m e con un dislivello di 530m . Nel 1957 fu realizzato uno skilift estivo più in alto del precedente sottostante la allora Capanna Marmolada a 3250m. Fino al 1970 chi voleva arrivare a Capanna Marmolada e utilizzare lo skilift estivo doveva prendere la prima seggiovia e salire a piedi fino a raggiungere il secondo skilift che lo avrebbe portato a destinazione.

Dal 1970 entrò in servizio la funivia composta da tre tronchi che serviva la tratta Malga Ciapela - Punta Rocca. In questo modo lo skilift era a portata di tutti. Il sistema di collegamento dal Fedaia verso Pian dei Fiacconi fu rinnovato nel 1946 e successivamente nel 1963 con due 'generazioni' di seggiovie monoposto Graffer. L'ultimo impianto della stessa ditta fu messo a punto nel 1974, si tratta dell'ultima cestovia delle dolomiti, in uso fino al 2019.

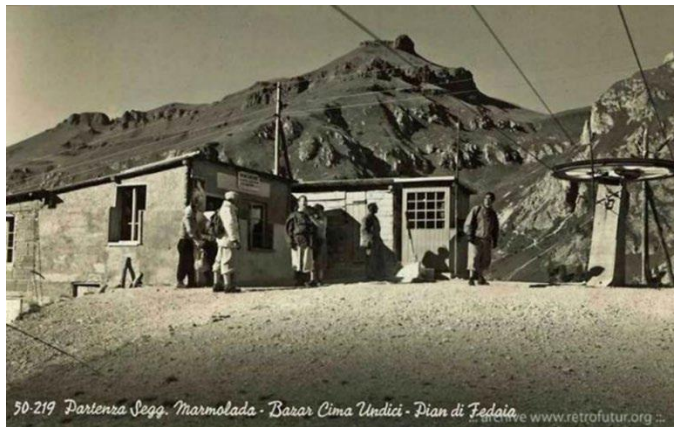


Figura 28: –Seggiovia del 1946: stazione di partenza

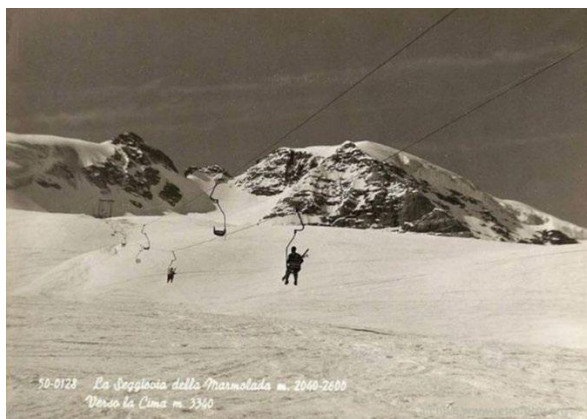


Figura 29: Seggiovia a quota 2040-2600 m;

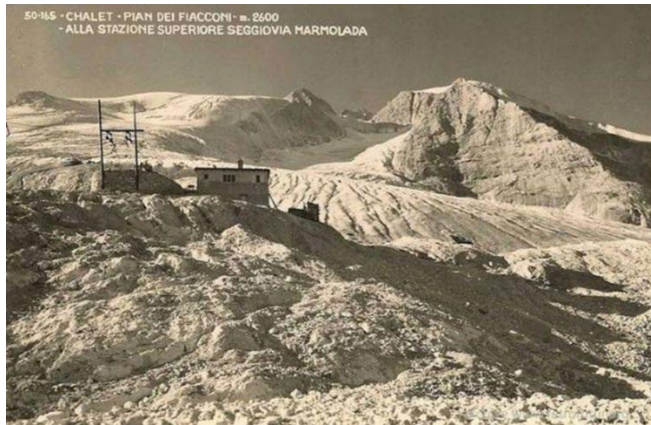


Figura 30: –Seggiovia del 1963 stazione superiore m.2626



Figura 31:–Cestovia in uso dal 1974

3.4 Legge Provinciale 15 Marzo 1993,n 8

Requisiti minimi e massimi dei rifugi alpini

Secondo quanto disposto da regolamento, ai sensi dell'articolo 2 della legge provinciale (N.B.: è indicata come "legge provinciale"; la legge provinciale n. 8 del 1993 nel testo risultante dalle modifiche apportate dalla legge provinciale n. 20 del 2007): "ogni rifugio alpino deve essere sufficientemente attrezzato con distinti locali per la sosta, per il ristoro e per il pernottamento nonché disporre dei seguenti requisiti minimi strutturali e funzionali:

- a) servizio di cucina;
- b) uno spazio attrezzato utilizzabile per il consumo di alimenti e bevande;
- c) spazi destinati al pernottamento, attrezzati con letti o cuccette anche sovrapposti;
- d) servizio telefonico o altra tecnologia tale da permettere comunicazioni con la centrale operativa del 118;
- e) una fonte di energia elettrica;
- f) una piazzola per l'atterraggio degli elicotteri rispondente alle indicazioni fornite dalla struttura provinciale competente in materia di protezione civile;
- g) un locale per il ricovero di fortuna aperto nei periodi di chiusura del rifugio.

Al fine dell'iscrizione delle strutture alpinistiche nell'elenco previsto dall'articolo 2 della legge provinciale i rifugi alpini, escludendo l'alloggio del gestore, non devono superare uno o più dei seguenti requisiti massimi strutturali e funzionali contraddistinti da:

- a) locali adibiti a camera con adeguata densità di posti letto, il cui parametro di verifica non può risultare superiore a 10 metri cubi di aria per posto letto;
- b) percentuale di ricettività in camere fino a 4 posti letto, comunque non superiore al 50 per cento della ricettività complessiva;
- c) assenza di camere con servizi igienici dedicati;
- d) prevalenza di servizi dedicati agli escursionisti in rifugi prossimi agli impianti a fune o alle piste di sci, confermata da una valutazione espressa dalla conferenza provinciale per il patrimonio alpinistico."

L'obbligo di adottare i requisiti minimi e massimi funzionali e strutturali definiti dal regolamento è conforme ai sensi dell'articolo 6 della legge provinciale volto ad assicurare le funzioni di sobria ospitalità in zone di montagna.

Requisiti igienico-sanitari, di sicurezza, di approvvigionamento idrico e depurazione degli scarichi dei rifugi alpini:

secondo quanto disposto dal regolamento i rifugi alpini devono possedere i requisiti igienico-sanitari e di approvvigionamento idrico, come specificati in tabella:

Tabella 1: - Regolamento di esecuzione della legge provinciale 15 marzo 1993, n. 8,

Allegato Tabella A, articolo3, comma1:

CAMERE	
volume d'aria	nei sottotetti con falda inclinata, la cui altezza minima in radice non deve essere inferiore a 1 metro lineare, 3,5 metri cubi d'aria per ogni posto letto o cuccetta ricavati nei locali adibiti al pernottamento; per gli altri locali di pernottamento il volume d'aria per ogni posto letto o cuccetta deve essere di almeno metri cubi 4,00 e l'altezza non inferiore a metri lineari 2,20
rapporto illuminometrico	rapporto non inferiore ad 1/32 della superficie del pavimento per i locali ricavati nel sottotetto; per gli altri locali adibiti al pernottamento il rapporto illuminometrico deve essere non inferiore ad 1/20
SERVIZI IGIENICI	
rivestimento	rivestimento del pavimento e delle pareti con materiale lavabile fino ad una altezza non inferiore a metri lineari 1,80
WC con lavabo	un wc con lavabo ogni 50 metri quadrati di superficie utile o frazione di 50 metri quadrati delle sale di ristoro
	un wc con lavabo ogni 25 posti letto e/o cuccette ad uso dei locali adibiti al pernottamento
doccia	una doccia, ove sia possibile, in relazione alla dotazione idrica
servizi per il personale	un wc con lavabo riservati al personale di gestione; una doccia, ove sia possibile, in relazione alla dotazione idrica; quest'ultimo requisito è derogabile qualora la limitata capacità ricettiva del rifugio e la ridotta superficie degli spazi a disposizione non ne consentano la realizzazione
CUCINA	
altezza dei locali cucina e ristoro	non inferiore a metri lineari 2,20
rivestimento	rivestimento del pavimento e delle pareti con materiale lavabile fino ad un'altezza non inferiore a metri lineari 1,80
aerazione	adeguata aerazione naturale e cappa aspirante. In alternativa, nei locali cucina con altezza inferiore a metri lineari 2,40 o con superficie complessiva inferiore a metri quadrati 12,00, possono essere installati idonei sistemi di aspirazione forzata da foro su finestra o muro
porte	ampiezza non inferiore a centimetri 65 ed altezza compatibile con la struttura

Approvvigionamento idrico	L'acqua fornita ad uso potabile deve essere conforme ai requisiti di qualità previsti dal decreto legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 (Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano) e dalla relativa deliberazione della Giunta provinciale n. 2906 del 10 dicembre 2004
	<p>se la fornitura dell'acqua non può essere garantita, il rifugio alpino deve dotarsi di idoneo sistema di potabilizzazione delle acque preventivamente filtrate</p> <p>qualora non possa essere garantita la fornitura dell'acqua in possesso delle caratteristiche di cui sopra i rifugi alpini devono dotarsi di idoneo sistema di potabilizzazione delle acque preventivamente filtrate</p> <p>La captazione delle acque può avvenire, oltre che da sorgente, anche da scioglimento di nevaio e ghiacciaio, da scorrimento di superficie, da lago e da raccolta di acqua piovana</p>

Smaltimento delle acque reflue:

Sul territorio della provincia di Trento è attualmente in vigore un piano stralcio del piano di risanamento delle acque (art. 12 L.P. 27 agosto 1993, n. 21 - art. 17 quater del T.U.L.P. e successive modifiche), che prevede per tutti i rifugi (alpini ed escursionistici) un metodo di trattamento per le acque di rifiuto prodotte. Nel piano ogni singola struttura è stata esaminata con riferimento al proprio inserimento sul territorio in relazione agli aspetti ambientali più significativi, come ad esempio la presenza di laghi o acque superficiali sensibili, l'interazione con la falda, la disponibilità di spazio e l'accessibilità, oltre che in relazione agli aspetti economici. Il piano individua per ciascuna struttura la tecnologia più idonea per il trattamento e lo smaltimento delle acque. Le acque di scarico prodotte nei rifugi vengono trattate in molti casi con sistemi di grigliatura e disoleatura oppure sedimentazione meccanica e disoleatura. In alcuni casi le strutture sono collegate mediante collettore ai depuratori di fondo valle oppure sono dotate di depuratore biologico a medio rendimento in situ (con o senza debatterizzazione). Solo in un caso si ricorre a fosse a completa tenuta e in un solo caso le acque vengono rilasciate nell'ambiente senza alcun trattamento. Il trattamento di grigliatura e disoleatura viene effettuato con un tamburo a griglia che trattiene tutti

i solidi con dimensione superiore a 1,5 mm e gli oli. Il trattamento di sedimentazione meccanica e disoleatura avviene invece in fosse (fosse Imhoff) dove i solidi sospesi vengono separati per gravità; questa tipologia di trattamento richiede lo svuotamento delle fosse stesse, che generalmente viene effettuato con automezzi appositamente allestiti. Per questo motivo la sedimentazione meccanica è utilizzabile solamente nelle strutture raggiungibili dai mezzi per lo svuotamento delle fosse.

3.5 Analisi delle principali scelte costruttive ed impiantistiche utilizzate

3.5.1 Soluzioni costruttive

Per la costruzione del nuovo rifugio si è deciso di utilizzare un sistema costruttivo in parte in X-lam, ossia a pannelli in legno massiccio a strati incrociati ed in parte in cemento armato, riducendo l'utilizzo del cemento armato per le sole pareti controterra e le fondazioni. In questo modo è possibile realizzare una struttura portante leggera che può essere trasportata in loco 'a pezzi' e performante dal punto di vista energetico. La scelta dell'utilizzo del materiale ligneo è dettata dalla volontà di richiamare il paesaggio alpino sfruttando le qualità formali e cromatiche di quest'elemento naturale.

Il rifugio si sviluppa con una forma 'a ventaglio' secondo una direzione prevalente che permette di schermare attraverso i lati lunghi gli eventuali eventi valanghivi che caratterizzano l'orografia del luogo.

Il progetto prevede fondamenta in cemento armato, tale soluzione risolve i dislivelli del pendio e conferisce solidità fisica all'intervento.

La scelta del legno CLT come materiale da costruzione è stata motivata oltre che dall'affinità con la tradizione architettonica alpina anche per i molteplici aspetti che rendono questo materiale vantaggioso: tecnici, di sostenibilità ed economici.

Uno dei vantaggi tecnici del legno è la possibilità di realizzare strutture con capacità portanti al pari di edifici in acciaio o cemento armato ma con una massa volumica inferiore. Tale proprietà è stata sfruttata per il trasporto dei "pezzi" prefabbricati fino a quota 2655m perché di peso 'contenuto'.

Questo aspetto, sommato alla maggior flessibilità delle strutture in legno rispetto a strutture analoghe costruite con altri materiali si rivela un vantaggio anche in campo sismico, in quanto si avranno sollecitazioni in caso di sisma inferiori (proporzionali alla massa) e minor sensibilità all'eccitazione sismica.

Utilizzare il legno come elemento strutturale consente, attraverso una progettazione attenta e l'applicazione di materiali isolanti compatibili, di realizzare edifici energeticamente molto efficienti ed estremamente salubri. Il legno è infatti, tra i materiali strutturali, quello con valori più bassi di

conduttività termica, ne consegue che per raggiungere medesimi valori di trasmittanza termica sostituendo l'elemento legno con i materiali tradizionali da costruzione (c.a., laterizio) è necessario aumentare lo spessore della parete, con conseguente aumento di peso strutturale. A parità di spessori quindi, il legno isola per un tempo più lungo rispetto agli altri materiali da costruzione e quindi basterà una fonte di calore inferiore per mantenere il calore desiderato all'interno dell'ambiente.

Le strutture in legno contribuiscono inoltre in maniera determinante anche alla realizzazione di un buon isolamento estivo: i valori di diffusività termica e penetrazione termica sono più bassi per il legno, ed in generale i materiali isolanti naturali, rispetto ai materiali sintetici e tradizionali da costruzione.

3.5.2 Soluzioni impiantistiche ed energetiche

La vicinanza della nuova funivia in via di realizzazione può garantire al rifugio Pian dei Fiacconi in progetto una fornitura costante di energia elettrica dalla rete. Tuttavia in caso di blackout elettrico è necessario che il rifugio sia energeticamente autonomo, per questo si è scelto di dotare il rifugio di un generatore diesel e di un sistema fotovoltaico ad accumulo. Queste scelte progettuali rispecchiano grossomodo le caratteristiche impiantistiche dei rifugi del Trentino : il 60% è allacciato alla rete elettrica, il 50% è reso autonomo da un generatore diesel e il 35% ha un impianto fotovoltaico. Nella progettazione di un impianto fotovoltaico è stato considerato anche il fatto che l'utilizzo delle fonti rinnovabili è fortemente incentivato anche dalla Provincia Autonoma di Trento che ha disposto un Piano Energetico 2021-2030 redatto assumendo come principio costitutivo l'obiettivo di decarbonizzare il territorio puntando a ridurre del 55% le emissioni di anidride carbonica rispetto al 1990

Le fonti rinnovabili possono fornire un importante contributo nella realizzazione di impianti efficienti per la loro disponibilità, il costo limitato rispetto alle altre fonti energetiche e la semplicità impiantistica necessaria al loro sfruttamento. Per rendere autonoma energeticamente la struttura alpina in progetto l'idea è quella di un impianto fotovoltaico in isola. Per garantire una maggior efficienza dell'impianto è utile dotare il sistema di batterie che consentano di accumulare l'energia che viene prodotta durante il giorno e di consumarla anche di sera. L'idea di installare un fotovoltaico con accumulo permette di affidarsi quasi totalmente al fotovoltaico per l'approvvigionamento energetico (un sistema di questo tipo è stato implementato proprio nel rifugio Pian Fiacconi poco prima della valanga e in questo caso i pannelli generavano il 90% del fabbisogno di energia totale del rifugio). Per coprire le esigenze energetiche "residue" la scelta

economicamente più conveniente in mancanza dell'energia elettrica di rete in caso di blackout consiste nell'utilizzo di un generatore diesel, solitamente questo tipo di generatori sono molto efficienti e non hanno costi di manutenzione importanti; Un'alternativa ecologica ai generatori diesel potrebbe essere l'utilizzo di un impianto di cogenerazione a idrogeno che però ha molti limiti rispetto ai generatori diesel in quanto ha rendimenti molto più bassi e costi di manutenzione onerosi. Altre perplessità sull'utilizzo di un cogeneratore a idrogeno sorgono in relazione alla posizione del rifugio in progetto che si trova oltre i 2500 m.s.l.m e ai piedi di un ghiacciaio. Temperature invernali basse possono pregiudicare il funzionamento dei cogeneratori a idrogeno: questo è avvenuto per il rifugio alle Lobbie in Adamello (3040 m.s.l.m), buona invece, in termini di funzionamento, è stata l'esperienza del rifugio San Giuliano (1960 m.s.l.m). Essendo molto probabile che un sistema di questo tipo risulti inadatto per l'ubicazione del nuovo rifugio si opta per l'utilizzo di un generatore diesel. Si prevede che il sistema fornisca energia anche per il funzionamento di una pompa di calore.

La scelta della potenza da installare dell'impianto fotovoltaico sarà dimensionata per coprire solo una frazione dei consumi della struttura che verrà determinata attraverso il calcolo dinamico del carico termico. La variabilità del carico termico può essere rappresentata attraverso il grafico detto 'curva di durata'. Si tratta di un grafico in cui in ascissa sono riportate le ore di funzionamento dell'impianto in una stagione ed in ordinata la potenza di picco richiesta all'impianto. La curva è costruita ordinando tutti i carichi dell'anno in ordine decrescente, l'area sottesa alla curva è proporzionale all'energia annua richiesta. Per ogni punto della curva si ha che il carico richiesto sarà sempre maggiore del valore leggibile in ordinata per un numero di ore pari al valore in leggibile in ascissa nell'intera stagione. Dal grafico è quindi possibile capire la percentuale delle ore di funzionamento dell'impianto per la quale il carico di picco supera un determinato valore. Non avrebbe infatti senso progettare un impianto per la potenza di picco massima richiesta se tale potenza fosse richiesta per una percentuale molto bassa di ore in una stagione. Dalla valutazione della curva di durata è possibile stabilire quanto fabbisogno energetico coprire mediante l'utilizzo del fotovoltaico e quanto fabbisogno energetico coprire con un sistema Diesel (DGS) e quindi stimare correttamente la potenza di picco dell'impianto fotovoltaico.

Attraverso lo studio della curva di durata si faranno le valutazioni economiche atte a dimensionare correttamente i due impianti, inoltre un sistema ibrido come quello ipotizzato permette di garantire sempre l'affidabilità energetica scongiurando i rischi di black-out elettrici e ridurrà l'inquinamento ambientale grazie al contributo della quota rinnovabile.

4 PROGETTO

4.1 Progetto Architettonico

4.1.1 Obiettivi e strategie

Scopo del progetto del rifugio pian di Fiacconi è di ottimizzare tecnologie, risorse e spazi poter inserire la nuova struttura pienamente nel contesto morfologico della Marmolada. Il rifugio in progetto è localizzato in un pianoro lungo un versante roccioso in un ambiente dominato da ghiacciai in cui vengono praticate da un lato le attività tipiche dei rifugi quali alpinismo trekking ed escursionismo, dall'altro è un punto di arrivo per il turismo sciistico. L'area del rifugio in progetto fa parte infatti del comprensorio sciistico della Marmolada e non può limitarsi ad essere un punto di riferimento per solo alpinisti ma va considerato un edificio ad uso ibrido per soddisfare contemporaneamente le esigenze del turismo sciistico, alpinistico ed escursionistico. I rifugi a servizio del turismo escursionistico e sciistico sono caratterizzati da un numero importante di coperti sia interni che negli spazi esterni adiacenti alla struttura. Le camere per i pernottamenti debbono essere progettate con livelli di confort assimilabili alle comuni strutture ricettive di un albergo montano con numero di posti letto per camera limitato a due o tre e con servizi igienici dedicati. -Tecnologie costruttive: In fase di progettazione si è tenuto conto dei vincoli climatici che contraddistinguono tutti i rifugi alpini: le escursioni termiche, le basse temperature e i fenomeni di infiltrazione e corrosione sono stati affrontati con l'utilizzo di rivestimenti e coperture adeguate e con particolari dotazioni tecnologiche. Si è scelto per il rifugio nella parte superiore un rivestimento in lamiera e nella parte inferiore rivestimento in pietre locali in modo da inserire pienamente rifugio nel contesto paesaggistico evitando fenomeni di riflessione della luce. Le strutture portanti del rifugio sono state realizzate in legno con elementi prefabbricati in Xlam, che permettono un certo grado di prefabbricazione e di abbattimento dei costi di realizzazione, di esercizio e manutenzione. La nuova struttura ha una forma a ventaglio da sud a nord con uno sviluppo planimetrico in tre piani che sfruttano l'andamento topografico in pendenza del sito inserendosi appieno nel contesto morfologico.

4.1.2 Layout funzionale

Rispetto al luogo originario in cui sorgeva il vecchio rifugio, il nuovo rifugio di Pian dei Fiacconi viene leggermente spostato per poter meglio collegarsi al nuovo impianto di risalita in via di costruzione. Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo edificio adeguato alle esigenze e alle

normative ambientali e funzionali. La struttura è distribuita su tre piani, la zona semi interrata è dedicata a locali di servizio, servizi igienici, garage e per deposito spazzaneve e battipista, un magazzino un locale tecnico e un bivacco per i giorni in cui rifugio è chiuso; al piano primo vi è la zona bar ristorante e cucina e al piano secondo una zona notte composta da sei stanze per un totale di 14 posti letto. La topografia del terreno permette di interrare parte del nuovo volume nei lati lunghi della struttura fino al primo piano in modo da ridurre al minimo l'impatto visivo del rifugio con l'ambiente circostante e di consentire un certo grado di protezione del rifugio dalle valanghe. Le superfici interrate saranno realizzate in cemento armato mentre i prospetti visibili saranno realizzati in X Lamb per il primo piano su cui vengono collocati gli accessi al rifugio e in roccia per il piano terra su cui verranno realizzati gli accessi al garage, al bivacco e al piano terra. L'edificio si sviluppa sulla superficie di:

- 458 m quadri per il piano seminterrato dedicato ai servizi
- 279 mq per il piano primo dedicato all'accoglienza
- 279 m quadri il piano secondo dedicato al pernottamento .

In fase di progettazione ho fatto riferimento alle normative comunali di Canazei relativamente alle superfici delle stanze di pernottamento: le camere da due persone superano i 10 m quadri e quelle da 3 posti letto i 14 metri quadri. La struttura può disporre all'esterno sulla terrazza di 48 coperti e di 60 coperti all'interno.

4.1.3 Progetto architettonico

I materiali utilizzati nel progetto del nuovo rifugio sono legati alle caratteristiche ambientali del luogo:

- pannelli in legno lamellare per pareti e copertura con rivestimento in pietra locale per il piano seminterrato
- pannelli in legno lamellare per pareti ,solaio e copertura ricoperti da lamiera zincata per il corpo principale.

Coperture e solai in CLT poggeranno su travi lamellari e trasferiranno i carichi su pilastri in legno lamellare.

Per gli impianti sono state ricercate le soluzioni più efficienti, ricorrendo anche all'autoproduzione di energia da fonte rinnovabile, in modo da ottimizzare il risparmio energetico. Verrà installata una serie di pannelli fotovoltaici lungo le falde del tetto orientate a sud est e sud ovest per la produzione di energia elettrica ,verrà inoltre disposto un cappotto termico di spessore 12 cm su tutte le pareti esterne + 4 cm di cappotto posto internamente nella controparete. Il rifugio Pian Fiacconi verrà dotato di impianto per il rifornimento dell'acqua prelevata nella maniera più consistente dal ghiacciaio Marmolada .

Le acque nere verranno smaltite utilizzando una vasca di raccolta Himhoff.

Le vetrate più ampie dell'edificio sono disposte sul lato nord che è il lato rivolto verso valle, seppur l'apporto solare in direzione nord dato dalle vetrate di parete di dimensioni 8,4mx2,6m e 8,16x2,6 per via dell'orientamento risulta minimo per contributo al riscaldamento interno, queste garantiscono l'ingresso della luce solare ed un'illuminazione naturale dell'ambiente interno della sala da pranzo e la zona bar. L'utilizzo di grandi finestre per le facciate nord della sala da pranzo favorisce la visuale della terrazza e di valle dalla sala principale. Nelle stanze e negli altri ambienti sono stati disposti invece serramenti a singola (91 * 120 cm) o doppia anta (183*120cm) nel rispetto dei rapporti illuminometrici dei locali come previsto da normativa.

4.1.4 Definizione dei dettagli architettonici

Ad eccezione delle fondazioni e delle pareti contro terra tutte le strutture di elevazione del nuovo progetto saranno edificate con sistema a secco. Si è scelto di utilizzare la tecnologia stratificata a secco, denominata anche S/R (Struttura-Rivestimento) in quanto consente di:

- minimizzare l'uso dei materiali (involucri isolati con spessori delle chiusure inferiori a quelli necessari per ottenere lo stesso isolamento con tecnologia tradizionale)
- contenere i tempi di costruzione (prefabbricazione/rapidità di cantierizzazione)
- minimizzare l'impatto ambientale (la reversibilità dei componenti a secco garantisce il possibile riuso, riciclo o smaltimento dei componenti stessi al fine di consentire un uso ridotto delle materie prime per la produzione di nuovi componenti)
- abbattere i costi di costruzione (in relazione al luogo di costruzione e alle modalità di trasporto pacchetti tecnologici 'leggeri' abbattano i costi di costruzione)

L'involucro opaco esterno della struttura è rivestito con una lamiera a doppia aggraffatura in zinco-titanio fissata mediante una sottostruttura in legno a tavole distanziate connesse alle strutture portanti composte da pannelli in xlam a 7 strati da 16 cm o pareti in c.a. L'elemento portante è rivestito esternamente da isolante in fibra di legno di spessore 12 cm e sul lato interno da isolante in fibra di legno di spessore 4 cm con sottostruttura in legno ai fini di garantire un adeguato isolamento. Dal lato degli ambienti interni le chiusure verticali presentano un rivestimento in legno di 10mm. La stessa soluzione tecnologica è utilizzata in copertura a meno degli strati interni (la copertura poggia su travi lamellari a vista). Per limitare l'altezza di piano e la dispersione di calore all'ultimo piano si prevede di posizionare una struttura leggera costituita da pannelli isolanti in fibra di legno di spessore 4 cm ancorati a profili metallici posizionati sopra i tamponamenti di ogni camera.

Le pavimentazioni delle aree controterra sono costituite da uno strato portante sopra il quale è posato lo strato coibentante porta impianti, tra i due strati è disposta una membrana impermeabile resistente al passaggio di gas radon e all'umidità di spessore 0,4mm che protegge la struttura. Sopra lo strato di coibentazione sono posate a secco le finiture.

Tutte le partizioni orizzontali che non sono controterra sono costituite da pannelli in xlam di 160 mm sorretti da travi in lamellare: per le pavimentazioni delle aree comuni sopra al pannello strutturale è posto uno strato di isolante mentre nella zona notte le chiusure orizzontali sono costituite solamente da travi, pannelli xlam e finitura, in quanto gli impianti sono collocati

all'interno delle partizioni interne. I pacchetti tecnologici sono definiti nelle tavole strutturali in allegato.

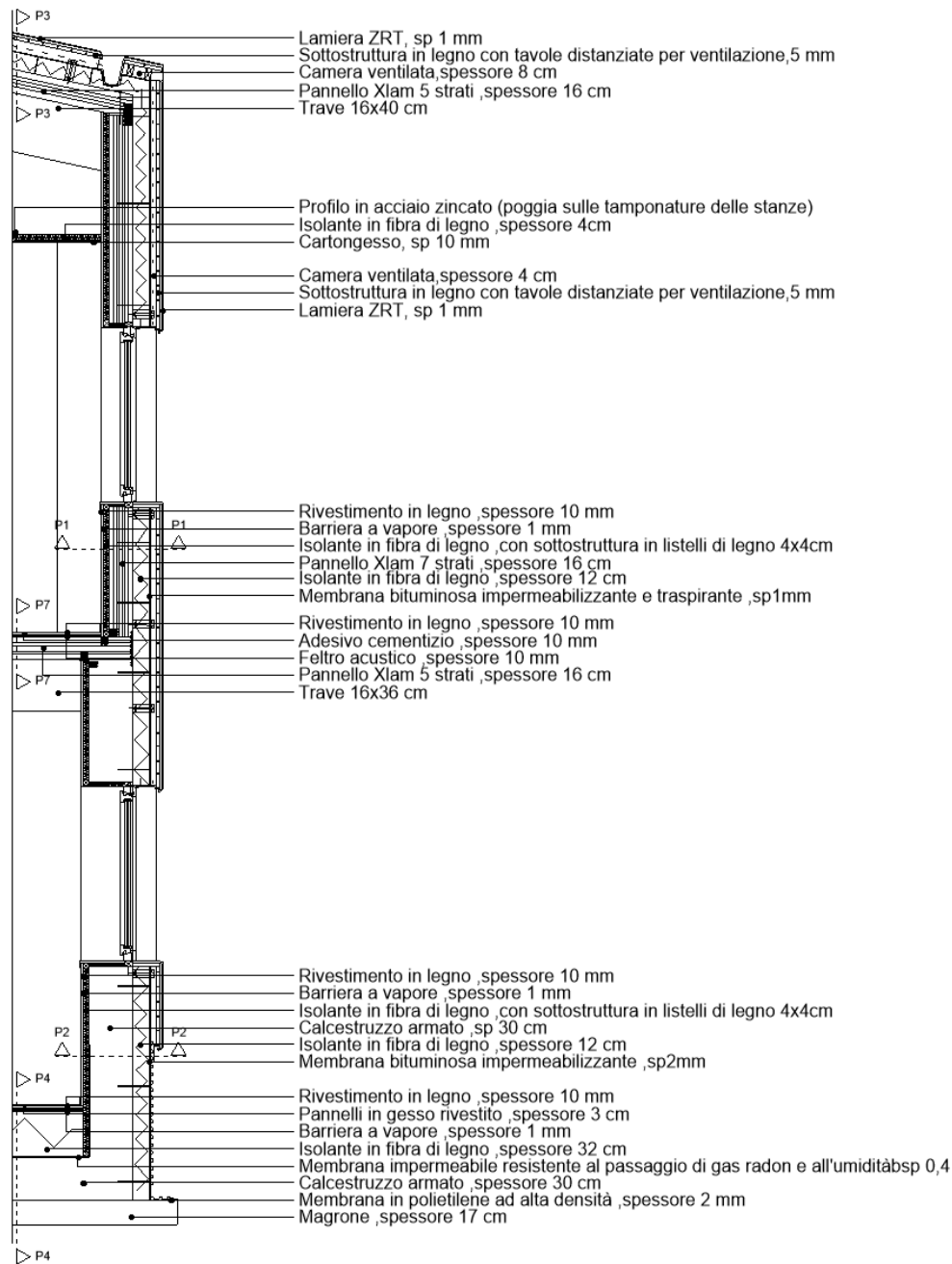


Figura 32: Stratigrafia di progetto (È riportata la stratigrafia della sezione B con riferimento agli allegati 1 e 2 delle tavole strutturali)

4.2 Progetto strutturale

CARICHI STRUTTURALI

Negli elaborati grafici sono riportate le tabelle relative ai carichi strutturali delle stratigrafie dell'edificio. Le specifiche degli elementi costruttivi costituenti le stratigrafie sono riferite alla tabella 3.1.I del D.M. 14/1/2008 (Pesi per unità di volume dei principali materiali strutturali).

CARICO NEVE

Per quanto riguarda il carico neve, a partire da quanto definito al paragrafo 3.4.1 delle norme tecniche, si opera mediante:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$

con:

q_s il carico neve sulla copertura;

μ_i il coefficiente di forma della copertura;

C_E il coefficiente di esposizione;

C_t il coefficiente termico;

q_{sk} il valore del carico neve al suolo.

Il fabbricato è situato ad un'altitudine di 2627 m s.l.m. in Zona 1-Alpina: il carico neve al suolo è assunto pari a (paragrafo 3.4.2 NTC):

$$q_{sk} = 20,1714 \text{ kN/m}^2$$

I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma stessa della copertura e dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione. Facendo riferimento alla tabella 3.4.II NTC al paragrafo 3.4.3.1 NTC, essendo entrambe le falde della copertura in esame inclinate di un angolo inferiore a 30° , si assume coefficiente di forma μ_i pari a 0.8.

Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. La scelta di tale coefficiente va operata secondo la tabella 3.4.I NTC, in funzione di una classe di esposizione 'Battuta dai venti' $C_E = 0,9$.

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. In assenza di studi specifici si pone $C_t = 1$.

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_1 \cdot C_E \cdot C_t = 20,17 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 14,52 \text{ kN/m}^2$$

La normativa specifica che per le località poste a quota altimetrica > 1500 m.s.l.m il valore del carico neve può essere ridotto se in possesso di informazioni precise. Coi dati ricavati in precedenza relativi ai valori di accumulo della neve al suolo mensili per la località d'intervento calcolo il carico neve di progetto ridotto:

Mese	DD	Snd
	[deg]	[mm]
Gennaio	215	613.8
Febbraio	219	838.4
Marzo	213	928.6
Aprile	207	1040.8
Mai	206	1011.6
Giugno	209	64.4
Luglio	337	3.9
Agosto	225	4.4
Settembre	222	0.8
Ottobre	207	33.0
Novembre	205	215.3
Dicembre	207	427.1
Anno	215	431.8

Tabella 2: Valori mensili di accumulo neve al suolo (dati 2019 ,valori ricavati col programma Meteonorm)

moltiplico il valore di massimo accumulo di neve al suolo pari a 1,0408m per il peso della neve "vecchia e compatta" (ossia dopo mesi dalla caduta), pari a 5 kN/m^3 e ottengo così un carico neve di progetto ridotto pari a 5,2 KN/mq. In questo modo evito di dimensionare la struttura per carichi eccessivi.

AZIONE DEL VENTO

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita azioni sulle costruzioni convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti, come specificato al paragrafo 3.3 NTC. In mancanza di specifiche indagini statistiche, la velocità di riferimento del vento v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

con:

$v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella *Tab. 3.3.1* in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

$$c_a = \begin{cases} 1 & \text{per } a_s \leq a_0 \\ 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) & \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m} \end{cases} \quad \text{è il coefficiente di altitudine}$$

Noti $v_{b,0}$, k_s e a_0 dalla tabella 3.3.1 NTC ed a_s altitudine a cui è posto il fabbricato si ottiene:

$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s	c_a
25	1000	0.40	1,6704

La velocità di riferimento del vento è quindi data da:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a = 25 \cdot 1,6704 = 41,76 \text{ m/s}$$

Operando la correzione relativa al tempo di ritorno scelto (paragrafo 3.3.2 NTC):

$$v_r = v_b \cdot c_r = 41,76 \text{ m/s} \cdot 1 = 25 \text{ m/s}$$

con:

v_b velocità base di riferimento del vento;

c_r coefficiente di ritorno, pari a 1 per tempi di ritorno usuali (50 anni).

La pressione del vento (paragrafo 3.3.4 NTC) è data dall'espressione:

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

con:

q_r pressione cinetica di riferimento;

c_e coefficiente di esposizione;

c_p coefficiente di forma o coefficiente aerodinamico;

c_d coefficiente dinamico.

$$q = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 = 0.5 \cdot 1.25 \text{ kg} \cdot 41,76^2 \text{ m} = 1089,936 \text{ N/m}$$

con:

v_r velocità di riferimento;

ρ densità dell'aria, assunta pari a 1.25 kg/m³.

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

con:

k_r , z_0 , z_{min} assegnati in Tab. 3.3. Il NTC in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

c_t è il coefficiente topografico unitario.

Per il fabbricato in esame si fa riferimento ad una classe di rugosità del terreno di tipo D (Tab. 3.3.III NTC). Essendo collocato in "Zona 1" a oltre 30 km dalla costa ad altitudine opera i 750m, il sito in questione ricade all'interno della categoria di esposizione IV.

Essendo l'altezza del fabbricato $z = 10,5 \text{ m} > z_{min}$,

ce, alla gronda $(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] = 1,816$.

Categoria	z_0 [m]	k_r	z_{min} [m]
IV	0,3	0.22	8

Il coefficiente dinamico viene assunto a favore di sicurezza pari a 1.

Il coefficiente di pressione c_{pe} , definito nella Circolare Applicativa e per il caso in esame è pari a 0,8 per pareti sopravento e -0,4 per pareti sottovento. I coefficienti di pressione interna c_{pi} sono pari a 0,8 per pareti sopravento e -0,5 per pareti sottovento per le superfici con aperture $\geq 1/3$ della superficie totale e pari a $\pm 0,2$ per le superfici con aperture $< 1/3$ della superficie totale.

Si ottiene in definitiva una pressione del vento sulle pareti verticali pari a:

P_{max} [N/m²] PARETE

1979,707559 Filo 1

1979,707559 Filo 2

3167,532095 Filo 3

3167,532095 Filo 4

3167,532095 Filo 7

3167,532095 Filo 8

DIMENSIONAMENTO COPERTURA IN XLAM E VERIFICHE

Viene riportato il processo di dimensionamento e verifica del solaio in CLT di copertura: costituito da pannelli in clt sostenuti mediante un sistema di travi parallele al lato corto dell'edificio poste ad interasse di 58 cm l'una dall'altra.

Vengono utilizzati pannelli in CLT di spessore 160 mm e larghezza 1,16 m in GL24h.

Dove la copertura si restringe i pannelli portano il solaio senza l'ausilio delle travi, nel primo tratto di copertura i pannelli sono portanti e le verifiche agli SLE e agli SLU sono soddisfatte per una luce massima di 4,89m:

Il calcolo dello spessore del pannello di solaio viene effettuato con il software "CLT Designer", fornito dall'Istituto per la costruzione e la tecnologia del legno del Politecnico di Graz; il programma permette, di dimensionare ogni elemento in CLT strutturale verificandolo allo stato limite ultimo (SLU) riguardo la flessione, il taglio e la pressione di contatto e allo stato limite di esercizio (SLE) in termini di freccia e vibrazione. L'interfaccia del programma richiede l'inserimento delle dimensioni geometriche dei pannelli, i carichi applicati, le specifiche delle lamelle, e parametri relativi alle qualità del legno e alla classe di servizio.

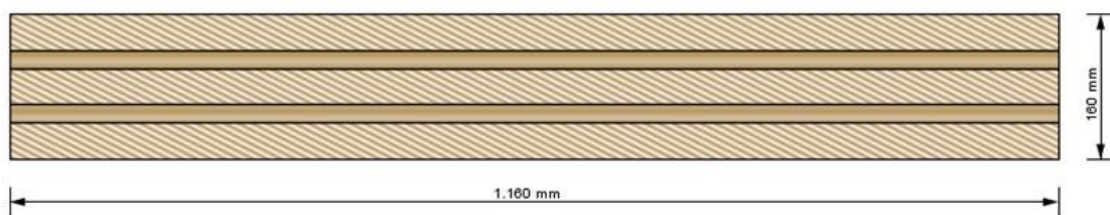
vengono riportate le caratteristiche tecniche del materiale:

Lamella	Altezza	Orientazione	Materiale
1	40 mm	0	GL24h*
2	20 mm	90	GL24h*
3	40 mm	0	GL24h*
4	20 mm	90	GL24h*
5	40 mm	0	GL24h*

La classe di servizio è la classe 1.I coefficienti di sicurezza parziale utilizzati sono: $\gamma_G = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$.

Le dimensioni e i carichi del pannello sono:

Campata	Luce	$g_{0,k}$	$g_{1,k}$	q_k	Categoria	s	Altitudine/Regione
1	4,89 m	1,012 kN/m	0,667 kN/m ²	0,5 kN/m ²	H	5 kN/m ²	>1000m

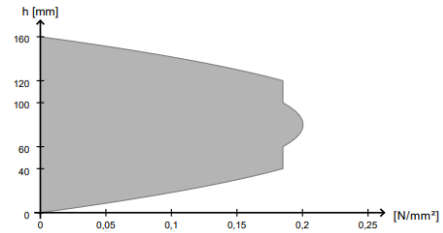
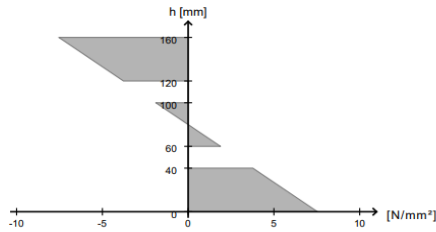


Verifiche allo SLU:

SLU							
Flessione	η_M	44,6 %	k_{mod}	0,8	con $x = 2,44$ m	Combinazione base: $1,35^*g_{0,k} + 1,35^*g_{1,k} + 1,50^*1,00^*s$	
Taglio	η_V	23,1 %	k_{mod}	0,8	con $x = 0,0$ m	Combinazione base: $1,35^*g_{0,k} + 1,35^*g_{1,k} + 1,50^*1,00^*s$	
Pressione di contatto	$\eta_{c,90}$	8,7 %	k_{mod}	0,8	con $x = 0,0$ m	Combinazione base: $1,35^*g_{0,k} + 1,35^*g_{1,k} + 1,50^*1,00^*s$	

Tensioni normali

Tensioni tangenziali



Verifiche allo SLE

SLE

Freccia η_w **99,5 %** k_{def} **0,85** con $x = 2,44$ m Deformazione finale $w_{net,fin}^{t=\infty} = g_{0,k} + (g_{0,k})_{creep} + g_{1,k} + (g_{1,k})_{creep} + 1,00 \cdot s + (0,20 \cdot s)_{creep}$

Vibrazione Verifica delle vibrazioni secondo DIN 1052 riuscita

$w_{perm} = 3,46$ mm $\leq 6,0$ mm ----> Verifica delle oscillazioni riuscita (57,6 %)

Per luci superiori ai 4,89 m il carico di copertura è portato dalle travi.

-DIMENSIONO E VERIFICO LE TRAVI CHE SORREGGONO LA COPERTURA CON IL PROGRAMMA "ALL WOOD TOOLS":

Decido di utilizzare travi in legno lamellare omogeneo GL 28h con le seguenti proprietà:

Tipologia del legname: Lamellare omogeneo - GL 28h - UNI EN 14080:2013

$$f_{m,g,k} = 28,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,mean} = 12.600,0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,mean} = 650,0 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,05} = 10.500,0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,05} = 540,0 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 425,0 \text{ kg/mc}$$

$$E_{90,g,mean} = 300,0 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,mean} = 460,0 \text{ kg/mc}$$

Nelle verifiche utilizzerò i seguenti coefficienti:

Classe di servizio: Classe di servizio 1 (ambiente protetto)

$$k_{def} = 0,6$$

Classe di durata del carico permanente: Permanente (più di 10 anni)

$$k_{mod,G} = 0,6$$

Classe di durata del carico variabile: Media durata (1 settimana ÷ 6 mesi)

$$k_{mod,Q} = 0,8$$

Coefficiente moltiplicativo del carico permanente G2:

$$Y_{G2} = 0,8 \div 1,5$$

Coefficiente di sicurezza del materiale: no produzioni continuative

$$Y_M = 1,45$$

Verifico quindi la trave di luce maggiore (11m) soggetta ai seguenti carichi:

- Pannello xlam 5 strati: $0,88 \text{ KN/m}^2 \cdot 0,58 \text{ m} = 0,5104 \text{ KN/m}$ G_1
- Σ carichi permanenti non strutturali portati : $0,667 \text{ KN/m}^2$ G_2
- Carico neve: 5 KN/m^2 Q_{k1}
- Carico copertura: $0,5 \text{ KN/m}^2$ Q_{k2}

Considerando questi carichi ottengo un carico totale distribuito sulla trave allo slu pari a 6,04 KN/m ed un momento massimo pari a $M_{max}=91,3\text{KNm}$. La resistenza di progetto risulta $f_{m,y,d} = (0,7 * 28\text{N/mm}^2)/1,45 = 13,51\text{ N/mm}^2$. Una volta ricavata la resistenza di progetto del materiale è possibile effettuare il dimensionamento attraverso la formula di Navier stabilendo un valore per la base della trave (=16 cm) ricavo l'altezza minima della trave:

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = \sqrt{(6 \cdot 91,3\text{KNm})/[(13,51 \cdot 1000\text{KN/m}^2) \cdot 0,16\text{m}]} \\ = 0,51\text{m} = 51\text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5\text{ KN/m}^3 \cdot 0,16\text{ m} \cdot 0,50\text{ m} = 0,4\text{KN/m}$ G_1

Considero l' inclinazione delle travi pari a 13°.

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 88,48\text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 26,02\text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 32,18\text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 9,46\text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 127,6\text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0\text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,016$	$k_{h,B} = 1,100$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 157,0\text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 169,9\text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 0,886$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 8,8\text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3\text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

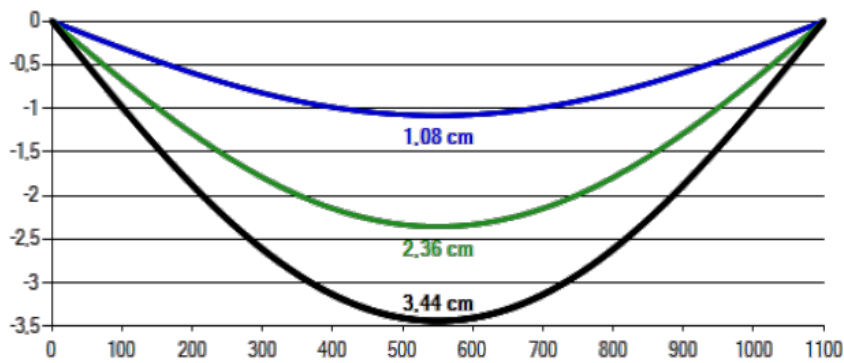
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,81 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,57 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,85 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 8,83 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



$$w_{ist,G} = 1,08 \text{ cm}$$

$$w_{ist,Q} = 2,36 \text{ cm}$$

$$w_{ist} = 3,44 \text{ cm}$$

$$w_{in,Q} = 0,47 \text{ cm}$$

$$w_{in} = 1,55 \text{ cm}$$

$$w_{creep} = 0,93 \text{ cm}$$

$$w_c = 0,00 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} = 4,37 \text{ cm}$$

$$w_{fin} = 4,37 \text{ cm}$$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 3,44 \text{ cm} < 3,67 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 4,37 \text{ cm} < 4,40 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 4,37 \text{ cm} < 7,33 \text{ cm}$$

Travi di dimensioni TL 16 x51 vengono utilizzate in copertura per le luci più grandi, mentre tra i 4,89m e gli 8,5m di luce sono disposte travi ad altezza inferiore, che sono state dimensionate e calcolate allo stesso modo:

$$M_{max} = 55KNm$$

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = \sqrt{(6 \cdot 55KNm)/[(13,51 \cdot 1000KN/m^2) \cdot 0,16m]} \\ = 0,39m = 39 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 0,39 \text{ m} = 0,31KN/m \quad G_1$

Considero l' inclinazione delle travi pari a 13°.

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 51,8 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 15 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 24,4 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 6,8 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 127,7 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,044$	$k_{h,B} = 1,100$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 161,3 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 169,9 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 8,7 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

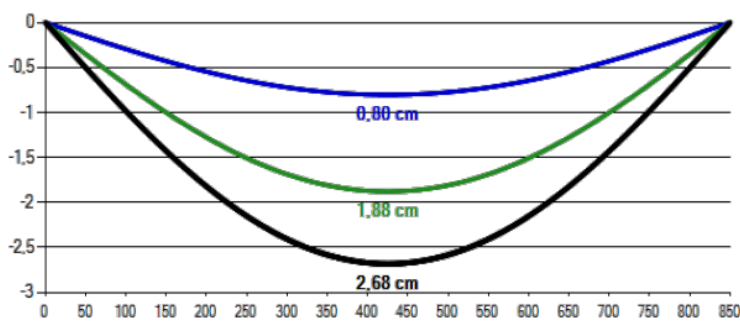
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,79 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,55 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,75 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 8,75 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



$w_{ist,G} =$	0,80 cm
$w_{ist,Q} =$	1,88 cm
$w_{ist} =$	2,68 cm
$w_{in,Q} =$	0,38 cm
$w_{in} =$	1,18 cm
$w_{creep} =$	0,71 cm
$w_c =$	0,00 cm
$w_{net,fin} =$	3,39 cm
$w_{fin} =$	3,39 cm

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 2,68 \text{ cm} < 2,83 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 3,39 \text{ cm} < 3,40 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 3,39 \text{ cm} < 5,67 \text{ cm}$$

Dai 4,4 fino ai 6,5 m di luce si utilizzano travi di altezza inferiore a quelle appena calcolate:

$$M_{max} = 31,9 \text{ KNm}$$

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max} / W_{max} \\ W_{max} = bh^2 / 6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max}) / (f_{m,y,d} b)} = \sqrt{(6 \cdot 31,9 \text{ KNm}) / [(13,51 \cdot 1000 \text{ KN/m}^2) \cdot 0,16 \text{ m}]} \\ = 0,30 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 0,30 \text{ m} = 0,24 \text{ KN/m} \quad G_1$

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 29,8 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 8 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 18 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 4,9 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 124,3 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,072$	$k_{h,B} = 1,100$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 165,6 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 169,9 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 8,6 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

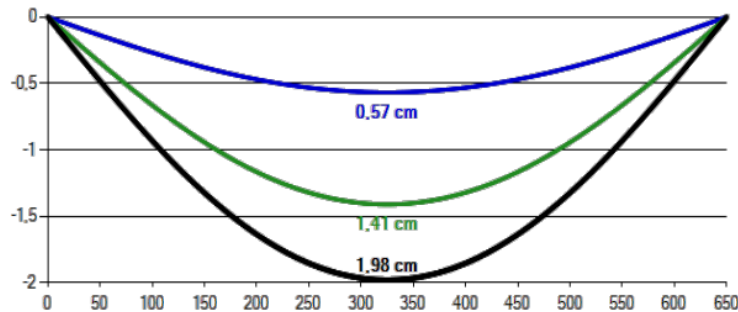
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,75 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,53 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,73 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 8,56 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



$w_{ist,G} = 0,57 \text{ cm}$
$w_{ist,Q} = 1,41 \text{ cm}$
$w_{ist} = 1,98 \text{ cm}$
$w_{fin,Q} = 0,28 \text{ cm}$
$w_{fin} = 0,85 \text{ cm}$
$w_{creep} = 0,51 \text{ cm}$
$w_c = 0,00 \text{ cm}$
$w_{net,fin} = 2,49 \text{ cm}$
$w_{fin} = 2,49 \text{ cm}$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 1,98 \text{ cm} < 2,17 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 2,49 \text{ cm} < 2,60 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 2,49 \text{ cm} < 4,33 \text{ cm}$$

DIMENSIONAMENTO TRAVI DI COLMO DI COPERTURA

In copertura sono disposte quattro travi :TRAVE TL 1-01 di 6,9m;TRAVE TL 1-02 di 6,62m;TRAVE TL 1-03 di 5,28m;TRAVE TL 1-04 di 7,1m. Le caratteristiche del materiale sono le stesse utilizzate per le travi di copertura .

Per effettuare le verifiche di sicurezza allo Stato Limite Ultimo il carico della copertura è stato valutato in funzione della reazione massima esplicita dalla copertura stessa all'appoggio più caricato (trave da 6,9m).

Si determina:

- Reazione della copertura dovuta ai carichi variabili; $R_{Q,C} = Q_k \cdot \frac{L}{2} = 5 \cdot 0,58 \cdot \frac{11}{2} = 15,95 \text{KN}$ ogni 0,58 m di trave $\rightarrow 27,5 \text{ kN/m}$
- Reazione massima del solaio dovuta ai carichi permanenti G: $R_{G,C} = G_k \cdot \frac{L}{2} = (0,88 \cdot 0,58 + 0,667 \cdot 0,58 + 0,4) \cdot \frac{11}{2} = 7,15 \text{KN}$ ogni 0,58 m di trave $\rightarrow 12,3 \text{ kN/m}$

Si determina:

$$SLU_{max} = 1,3G_1 + 1,3G_2 + 1,5Q_k = 1,3(12,3 \cdot 2) + 1,5(27,5 \cdot 2) = 114,5 \text{KN/m}$$

$$M_{max} = 662 \text{KNm}$$

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = \sqrt{(6 \cdot 662 \text{KNm})/[(13,51 \cdot 1000 \text{KN/m}^2) \cdot 0,40 \text{m}]} \\ = 0,86 \text{m} = 86 \text{cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m} = 1,7 \text{KN/m}$ G_1

Con questi valori di sezione la trave non risulta verificata per cui incremento l'altezza a 114 cm :

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 1,14 \text{ m} = 2,2 \text{KN/m}$ G_1

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 667 \text{KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 199,6 \text{KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 392 \text{KN}$$

$$T_{Ed,min} = 117 \text{KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 77,0 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,000$	$k_{h,B} = 1,041$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 154,5 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 160,9 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 19,3 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

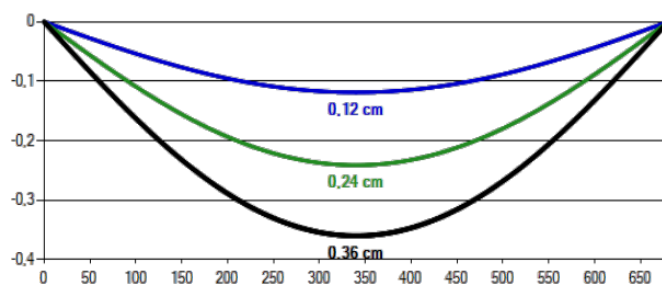
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,50 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,35 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,48 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 19,27 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



$w_{ist,G}$	=	0,12 cm
$w_{ist,Q}$	=	0,24 cm
w_{ist}	=	0,36 cm
$w_{in,Q}$	=	0,05 cm
w_{in}	=	0,17 cm
w_{creep}	=	0,10 cm
w_c	=	0,00 cm
$w_{net,fin}$	=	0,46 cm
w_{fin}	=	0,46 cm

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 0,36 \text{ cm} < 2,27 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 0,46 \text{ cm} < 2,72 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 0,46 \text{ cm} < 4,53 \text{ cm}$$

L'altezza della trave diminuisce gradualmente da primo al secondo appoggio, dimensiono e verifico la sezione al secondo appoggio:

Si determina:

- Reazione della copertura dovuta ai carichi variabili; $RQ,C = Q_k \cdot \frac{L}{2} = 5 \cdot 0,58 \cdot \frac{8,2}{2} = 11,9 \text{ KN}$ ogni 0,58 m di trave $\rightarrow 20,5 \text{ kN/m}$
- Reazione massima del solaio dovuta ai carichi permanenti G: $RG,C = G_k \cdot \frac{L}{2} = (0,88 \cdot 0,58 + 0,667 \cdot 0,58 + 0,4) \cdot \frac{8,2}{2} = 5,32 \text{ KN}$ ogni 0,58 m di trave $\rightarrow 9,2 \text{ kN/m}$

Si determina:

$$SLU_{max} = 1,3G_1 + 1,3G_2 + 1,5Q_k = 1,3(9,2 \cdot 2) + 1,5(20,5 \cdot 2) = 85,42 \text{ KN/m}$$

$$M_{max} = 494 \text{ KNm}$$

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = \sqrt{(6 \cdot 494 \text{ KNm})/[(13,51 \cdot 1000 \text{ KN/m}^2) \cdot 0,40 \text{ m}]} \\ = 0,74 \text{ m} = 74 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 0,74 \text{ m} = 1,5 \text{ KN/m}$ G_1

Con questi valori di sezione la trave non risulta verificata per cui incremento l'altezza a 85 cm :

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 496 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 148 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 292 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 87 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 103,0 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,000$	$k_{h,B} = 1,041$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 154,5 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 160,9 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 19,2 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

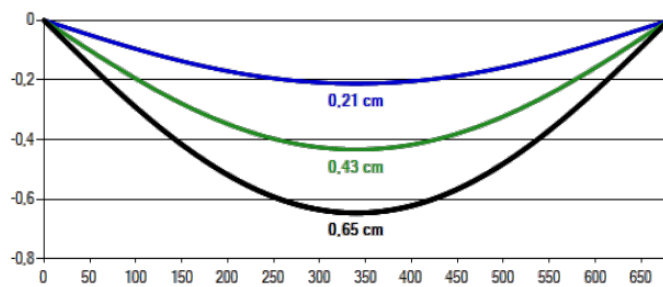
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,67 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,47 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,64 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 19,22 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



$w_{ist,G}$	=	0,21 cm
$w_{ist,Q}$	=	0,43 cm
w_{ist}	=	0,65 cm
$w_{in,Q}$	=	0,09 cm
w_{in}	=	0,30 cm
w_{creep}	=	0,18 cm
w_c	=	0,00 cm
$w_{net,fin}$	=	0,83 cm
w_{fin}	=	0,83 cm

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 0,65 \text{ cm} < 2,27 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 0,83 \text{ cm} < 2,72 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 0,83 \text{ cm} < 4,53 \text{ cm}$$

dimensiono e verifico la sezione al terzo appoggio:

Si determina:

- Reazione della copertura dovuta ai carichi variabili; $RQ,C = Q_k \cdot \frac{L}{2} = 5 \cdot 0,58 \cdot \frac{5,6}{2} = 8,12 \text{ KN}$ ogni 0,58 m di trave $\rightarrow 14 \text{ kN/m}$
- Reazione massima del solaio dovuta ai carichi permanenti G: $RG,C = G_k \cdot \frac{L}{2} = (0,88 \cdot 0,58 + 0,667 \cdot 0,58 + 0,4) \cdot \frac{5,6}{2} = 3,63 \text{ KN}$ ogni 0,58 m di trave $\rightarrow 6,3 \text{ kN/m}$

Si determina:

$$SLU_{max} = 1,3G_1 + 1,3G_2 + 1,5Q_k = 1,3(6,3 \cdot 2) + 1,5(14 \cdot 2) = 58,38 \text{ KN/m}$$

$$M_{max} = 318 \text{ KNm}$$

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = \sqrt{(6 \cdot 318 \text{ KNm})/[(13,51 \cdot 1000 \text{ KN/m}^2) \cdot 0,40 \text{ m}]} \\ = 0,59 \text{ m} = 59 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 0,59 \text{ m} = 1,2 \text{ KN/m}$ G_1

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 322 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 98,4 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 195,5 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 59,6 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 139,0 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,002$	$k_{h,B} = 1,041$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 154,7 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 160,9 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 18,5 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

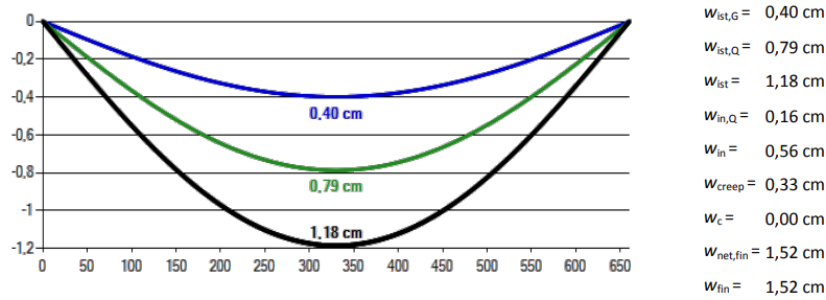
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,90 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,63 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,86 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 18,55 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 1,18 \text{ cm} < 2,20 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 1,52 \text{ cm} < 2,64 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 1,52 \text{ cm} < 4,40 \text{ cm}$$

Le travi TL 1-03 e TL 1-04 mantengono sezione costante pari a 40x59.

DIMENSIONAMENTO SOLAIO PIANO PRIMO IN XLAM E VERIFICHE

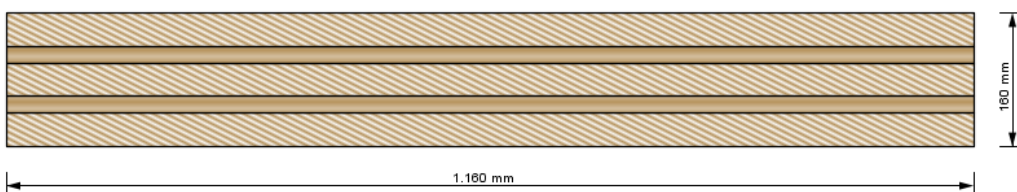
Viene riportato il processo di dimensionamento e verifica del solaio in CLT di piano primo: costituito come per la copertura da pannelli in clt sostenuti mediante un sistema di travi parallele al lato corto dell'edificio poste ad interasse di 58 cm l'una dall'altra.

Vengono utilizzati pannelli in CLT di spessore 160 mm e larghezza 1,16 m.

Dove il solaio si restringe i pannelli portano il solaio senza l'ausilio delle travi, nel primo tratto di solaio i pannelli sono portanti e le verifiche agli SLE e agli SLU sono soddisfatte per una luce massima di 4,9m:

Le dimensioni e i carichi del pannello sono:

Campata	Luce	$g_{0,k}$	$g_{1,k}$	q_k	Categoria
1	4,9 m	1,021 kN/m	1,169 kN/m ²	2 kN/m ²	A

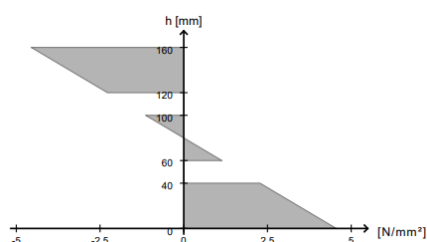


Verifiche allo SLU:

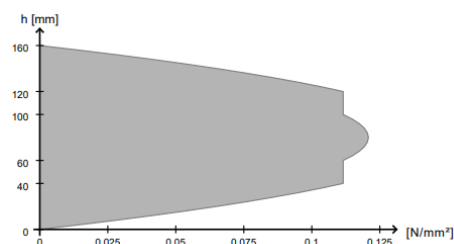
SLU

Flessione	η_M 27 %	k_{mod} 0,8	con x = 2,45 m	Combinazione base: $1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$
Taglio	η_V 13,9 %	k_{mod} 0,8	con x = 0,0 m	Combinazione base: $1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$
Pressione di contatto	$\eta_{c,90}$ 5,2 %	k_{mod} 0,8	con x = 0,0 m	Combinazione base: $1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$

Tensioni normali



Tensioni tangenziali



Verifiche allo SLE

SLE

Freccia	η_w 72,4 %	k_{def} 0,85	con x = 2,45 m	Deformazione finale $w_{net,fin} t = \infty: g_{0,k} + (g_{0,k})_{creep} + g_{1,k} + (g_{1,k})_{creep} + 1,00 \cdot q_k + (0,30 \cdot q_k)_{creep}$
Vibrazione	Verifica delle vibrazioni secondo DIN 1052 riuscita			

$$w_{perm} = 5,97 \text{ mm} \leq 6,0 \text{ mm} \rightarrow \text{Verifica delle oscillazioni riuscita (99,4 \%)}$$

Per luci superiori ai 4,9 m il carico di solaio è portato dalle travi.

-DIMENSIONO E VERIFICO LE TRAVI CHE SORREGGONO IL SOLAIO CON IL PROGRAMMA "ALL WOOD TOOLS":

Decido di utilizzare come in copertura travi in legno lamellare omogeneo GL 28h.

Nelle verifiche utilizzerò i seguenti coefficienti:

Classe di servizio: Classe di servizio 1 (ambiente protetto)	$k_{def} = 0,6$
Classe di durata del carico permanente: Permanente (più di 10 anni)	$k_{mod,G} = 0,6$
Classe di durata del carico variabile: Media durata (1 settimana ÷ 6 mesi)	$k_{mod,Q} = 0,8$
Coefficiente moltiplicativo del carico permanente G2:	$\gamma_{G2} = 0,8 \div 1,5$
Coefficiente di sicurezza del materiale: no produzioni continuative	$\gamma_M = 1,45$

Verifico quindi la trave di luce maggiore (10,6 m) soggetta ai seguenti carichi:

- Pannello xlam 5 strati: $0,88 \text{ KN/m}^2 \cdot 0,58 \text{ m} = 0,5104 \text{ KN/m}$ G_1
- Σ carichi permanenti non strutturali portati : $0,369 \text{ KN/m}^2$ G_2
- Carico categoria A: 2 KN/m^2 Q_{k1}
- Tamponamenti interni: $0,8 \text{ KN/m}^2$ G_2

Considerando questi carichi ottengo un carico totale distribuito sulla trave allo slu pari a 3,3 KN/m ed un momento massimo pari a $M_{max}=46,13\text{KNm}$. La resistenza di progetto risulta $f_{m,y,d} = (0,7 * 28\text{N/mm}^2)/1,45 = 13,51\text{ N/mm}^2$. Stabilendo un valore per la base della trave pari a 16 cm ricavo l'altezza minima della trave:

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = \sqrt{(6 \cdot 46,13\text{KNm})/[(13,51 \cdot 1000\text{KN/m}^2) \cdot 0,16\text{m}]} \\ = 0,36\text{m} = 36\text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5\text{ KN/m}^3 \cdot 0,16\text{ m} \cdot 0,36\text{ m} = 0,29\text{KN/m}$ G_1

Con questi valori di sezione la trave non risulta verificata per cui incremento l'altezza a 45 cm :

- Peso proprio trave: $5\text{ KN/m}^3 \cdot 0,16\text{ m} \cdot 0,45\text{ m} = 0,36\text{KN/m}$ G_1

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 54,62\text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 30,18\text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 21\text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 11,3\text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 101,1\text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0\text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,029$	$k_{h,B} = 1,100$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 159,0\text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 169,9\text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 0,933$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 6,4\text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3\text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

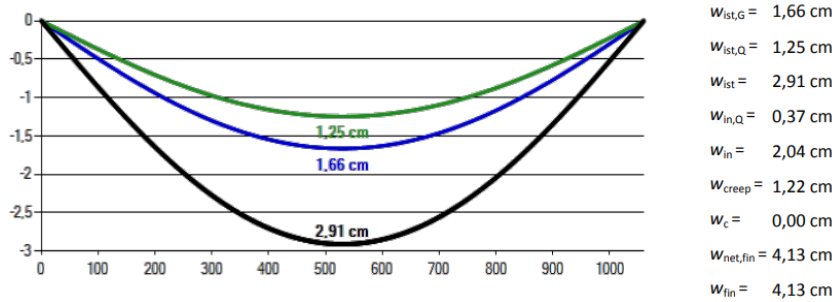
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,64 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,45 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,64 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 6,41 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 2,91 \text{ cm} < 3,53 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 4,13 \text{ cm} < 4,24 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 4,13 \text{ cm} < 7,07 \text{ cm}$$

Travi di dimensioni TL 16 x45 vengono utilizzate in copertura per le luci più grandi, mentre tra i 4, 9m e gli 8,5m di luce sono disposte travi ad altezza inferiore, che sono state dimensionate e calcolate allo stesso modo:

$$M_{max} = 30KNm$$

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = \sqrt{(6 \cdot 30KNm)/[(13,51 \cdot 1000KN/m^2) \cdot 0,16m]} \\ = 0,29m = 29 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 0,29 \text{ m} = 0,23 \text{ KN/m}$ G_1

Con questi valori di sezione la trave non risulta verificata per cui incremento l'altezza a 36 cm :

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 0,36 \text{ m} = 0,29 \text{ KN/m}$ G_1

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 34 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 18,6 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 16,1 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 8,7 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 99,2 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{n,H} = 1,052$	$k_{n,B} = 1,100$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 162,6 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 169,9 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 6,3 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

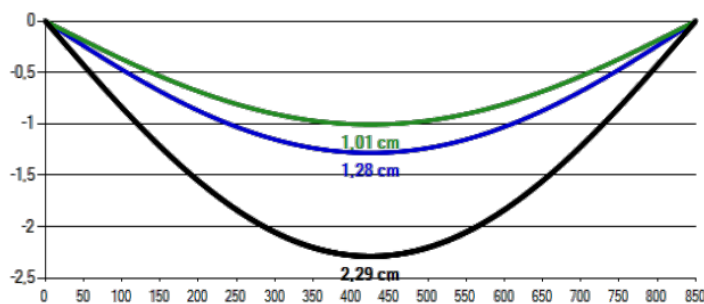
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,61 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,43 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,58 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 6,27 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



$w_{ist,G} =$	1,28 cm
$w_{ist,Q} =$	1,01 cm
$w_{ist} =$	2,29 cm
$w_{in,Q} =$	0,30 cm
$w_{in} =$	1,58 cm
$w_{creep} =$	0,95 cm
$w_c =$	0,00 cm
$w_{net,fin} =$	3,24 cm
$w_{fin} =$	3,24 cm

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 2,29 \text{ cm} < 2,83 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 3,24 \text{ cm} < 3,40 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 3,24 \text{ cm} < 5,67 \text{ cm}$$

DIMENSIONAMENTO TRAVI CENTRALI SOLAIO PIANO PRIMO

Le tre travi centrali hanno dimensioni di 6,17m;6,17m e 4,86m. Solo per queste travi si utilizza legno lamellare omogeneo GL 32h. Come in copertura per effettuare le verifiche di sicurezza allo Stato Limite Ultimo il carico del solaio sulle travi è stato valutato in funzione della reazione massima esplicita dal solaio stesso all'appoggio più caricato (trave da 6,17m).

Si determina:

- Reazione del solaio dovuta ai carichi variabili; $R_{Q,C} = Q_k \cdot \frac{L}{2} = 2 \cdot 0,58 \cdot \frac{10,6}{2} = 6,14 \text{ kN}$ ogni 0,58 m di trave $\rightarrow 10,6 \text{ kN/m}$
- Reazione massima del solaio dovuta ai carichi permanenti G: $R_{G,C} = G_k \cdot \frac{L}{2} = (0,88 \cdot 0,58 + 1,169 \cdot 0,58 + 0,36) \cdot \frac{10,6}{2} = 8,2 \text{ kN}$ ogni 0,58 m di trave $\rightarrow 14,15 \text{ kN/m}$

Si determina:

$$SLU_{max} = 1,3G_1 + 1,3G_2 + 1,5Q_k = 1,3(14,15 \cdot 2) + 1,5(10,6 \cdot 2) = 68,59 \text{ kN/m}$$

$$M_{max} = 326 \text{ kNm}$$

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max} / W_{max} \\ W_{max} = bh^2 / 6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max}) / (f_{m,y,d} b)} = \sqrt{(6 \cdot 326 \text{ kNm}) / [(15,44 \cdot 1000 \text{ kN/m}^2) \cdot 0,40 \text{ m}]} = 0,56 \text{ m} = 56 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 0,56 \text{ m} = 1,12 \text{ kN/m}$ G_1

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 327 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 175 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 212 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 114 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 116,1 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,000$	$k_{h,B} = 1,041$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 176,6 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 183,9 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 18,3 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

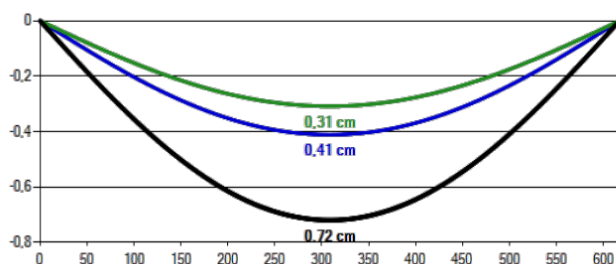
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,66 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,46 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,63 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 18,25 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



- $w_{ist,G} = 0,41 \text{ cm}$
- $w_{ist,Q} = 0,31 \text{ cm}$
- $w_{ist} = 0,72 \text{ cm}$
- $w_{in,Q} = 0,09 \text{ cm}$
- $w_{in} = 0,50 \text{ cm}$
- $w_{creep} = 0,30 \text{ cm}$
- $w_c = 0,00 \text{ cm}$
- $w_{net,fin} = 1,02 \text{ cm}$
- $w_{fin} = 1,02 \text{ cm}$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 0,72 \text{ cm} < 2,06 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 1,02 \text{ cm} < 2,47 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 1,02 \text{ cm} < 4,11 \text{ cm}$$

DIMENSIONAMENTO E VERIFICA TRAVI CHE SORREGGONO SOLAIO IN XLAM ZONA BAGNI

-TRAVI "T1"

Verifico quindi la trave di luce maggiore (7,65m) soggetta ai seguenti carichi:

- Pannello xlam 5 strati: $0,88 \text{ KN/m}^2 \cdot 0,922 \text{ m} = 0,811 \text{ KN/m} \quad G_1$
- Σ carichi permanenti non strutturali portati : $0,613 \text{ KN/m}^2 \quad G_2$
- Carico accidentale (ristoranti cat. C1): $3 \text{ KN/m}^2 \quad Q_{k1}$
- Tamponamenti interni: $0,8 \text{ KN/m}^2 \quad G_2$

Considerando questi carichi ottengo un carico totale distribuito sulla trave allo slu pari a 6,89 KN/m ed un momento massimo pari a $M_{max}=50,4\text{KNm}$. La resistenza di progetto risulta $f_{m,y,d} = (0,7 * 28\text{N/mm}^2)/1,45 = 13,51 \text{ N/mm}^2$. Stabilendo un valore per la base della trave (=19 cm) ricavo l'altezza minima della trave:

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = \sqrt{(6 \cdot 50,4\text{KNm})/[(13,51 \cdot 1000\text{KN/m}^2) \cdot 0,19\text{m}]} \\ = 0,34\text{m} = 34 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,19 \text{ m} \cdot 0,34 \text{ m} = 0,32\text{KN/m} \quad G_1$
- Con questi valori di sezione la trave non risulta verificata per cui incremento l'altezza a 40 cm:

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 52,26 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 25 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 29 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 13 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 109,1 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,041$	$k_{h,B} = 1,100$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 160,9 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 169,9 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 8,5 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

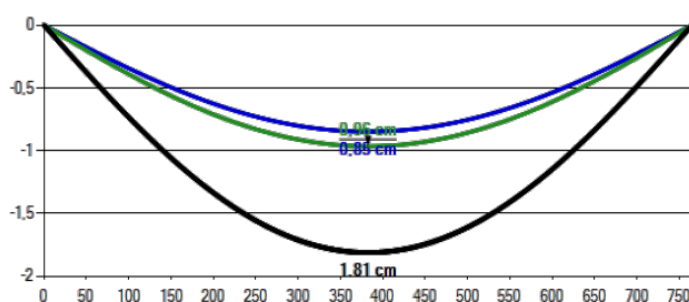
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,68 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,47 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,64 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 8,51 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



$w_{ist,G} =$	0,85 cm
$w_{ist,Q} =$	0,96 cm
$w_{ist} =$	1,81 cm
$w_{in,Q} =$	0,58 cm
$w_{in} =$	1,43 cm
$w_{creep} =$	0,86 cm
$w_c =$	0,00 cm
$w_{net,fin} =$	2,67 cm
$w_{fin} =$	2,67 cm

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 1,81 \text{ cm} < 2,55 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 2,67 \text{ cm} < 3,06 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 2,67 \text{ cm} < 5,10 \text{ cm}$$

-TRAV 'T2'

Le travi T2 hanno luce di 5,8m. Il carico del solaio sulle travi è stato valutato in funzione della reazione massima esplicata dal solaio stesso all'appoggio più caricato.

Si determina:

- Reazione del solaio dovuta ai carichi variabili; $R_{Q,C} = \frac{(7,7 \cdot 5,8)}{2} \cdot 3 + \frac{(3+0,5)5,8}{2} \cdot 3 = 97,44 \text{ KN} = 16,8 \text{ kN/m}$
- Reazione del solaio dovuta ai carichi permanenti G: $R_{G,C} = \frac{(7,7 \cdot 5,8)}{2} \cdot (2,29) + \frac{(3+0,5)5,8}{2} \cdot 2,29 + 20,21 = 94,5 \text{ KN} = 16,3 \text{ kN/m}$

Si determina:

$$SLU_{max} = 1,3G_1 + 1,3G_2 + 1,5Q_k = 1,3(16,3) + 1,5(16,8) = 46,39 \text{ KN/m}$$

$$M_{max} = 195 \text{ KNm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{array} \right. \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = \sqrt{(6 \cdot 195 \text{ KNm})/[(13,51 \cdot 1000 \text{ KN/m}^2) \cdot 0,40 \text{ m}]} \\ = 0,47 \text{ m} = 47 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 0,47 \text{ m} = 0,94 \text{ KN/m} \quad G_1$

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 201 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 890 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 139 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 61 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 136,4 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,025$	$k_{h,B} = 1,041$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 158,3 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 160,9 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 16,5 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 19,3 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

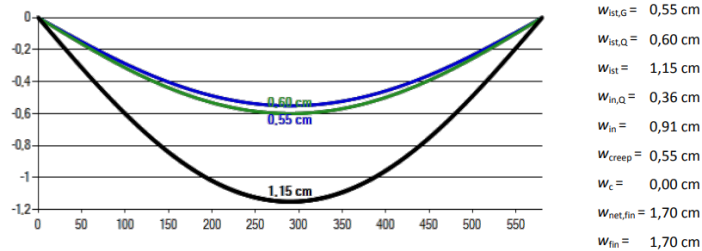
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,86 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,60 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,85 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 16,50 < 19,31$$

Verifiche allo SLE:



VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 1,15 \text{ cm} < 1,93 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 1,70 \text{ cm} < 2,32 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 1,70 \text{ cm} < 3,87 \text{ cm}$$

DIMENSIONAMENTO E VERIFICA TRAVI CHE SORREGGONO LA TERRAZZA IN XLAM

-TRAVI 'T3'

Verifico quindi la trave di luce maggiore (5,3m) soggetta ai seguenti carichi:

- Pannello xlam 5 strati: $0,88 \text{ KN/m}^2 \cdot 0,58 \text{ m} = 0,51 \text{ KN/m } G_1$
- Σ carichi permanenti non strutturali portati : $0,558 \text{ KN/m}^2 G_2$
- Carico accidentale : $4 \text{ KN/m}^2 Q_{k2}$
- Carico neve: $5 \text{ KN/m}^2 Q_{k1}$

Considerando questi carichi ottengo un carico totale distribuito sulla trave allo slu pari a $7,9 \text{ KN/m}$ ed un momento massimo pari a $M_{max}=27,62 \text{ KNm}$. La resistenza di progetto risulta $f_{m,y,d} = (0,7 * 28 \text{ N/mm}^2) / 1,45 = 13,51 \text{ N/mm}^2$. Stabilendo un valore per la base della trave (=12 cm) ricavo l'altezza minima della trave:

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max} / W_{max} \\ W_{max} = bh^2 / 6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max}) / (f_{m,y,d}b)} = 32 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,12 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m} = 0,21 \text{ KN/m } G_1$

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 28,8 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 5 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 21,7 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 3,7 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 117,7 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,055$	$k_{h,B} = 1,100$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 122,3 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 127,4 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 11,6 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 16,9 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

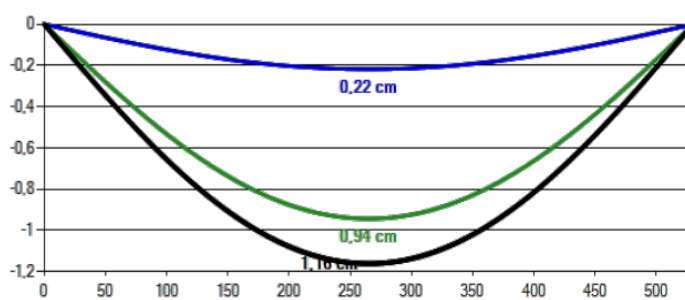
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,96 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,67 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,92 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 11,60 < 16,90$$

Verifiche allo SLE:



$w_{ist,G} = 0,22 \text{ cm}$
$w_{ist,Q} = 0,94 \text{ cm}$
$w_{ist} = 1,16 \text{ cm}$
$w_{in,Q} = 0,27 \text{ cm}$
$w_{in} = 0,48 \text{ cm}$
$w_{creep} = 0,29 \text{ cm}$
$w_c = 0,00 \text{ cm}$
$w_{net,fin} = 1,45 \text{ cm}$
$w_{fin} = 1,45 \text{ cm}$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 1,16 \text{ cm} < 1,77 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 1,45 \text{ cm} < 2,12 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 1,45 \text{ cm} < 3,53 \text{ cm}$$

-TRAVI 'T4'

Le travi T4 hanno luce di 6m. Il carico del solaio sulle travi è stato valutato in funzione della reazione massima esplicita dal solaio stesso all'appoggio più caricato.

Si determina:

$$\text{Carico Pannello xlam 5 strati agente su trave: } 0,88 \text{ KN/m}^2 \cdot 5,3 \text{ m} = 4,664 \text{ KN/m } G_1$$

$$\Sigma \text{ carichi permanenti non strutturali portati su trave : } 0,558 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 5,3\text{m} = 0,167\text{KN/m } G_2$$

$$\text{Carico accidentale : } 4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 5,3 = 21,2\text{KN/m } Q_{k2}$$

$$\text{Carico neve: } 5\text{KN/m}^2 * 5,3 = 26,5 \text{ KN/m } Q_{k1}$$

$$\text{Peso travi T3: } 11 * 0,21\text{KN/m} * 5,3\text{m}/6\text{m} = 2,04\text{KN/m}$$

Si determina:

$$SLU_{max} = 1,3G_1 + 1,3G_2 + 1,5Q_k = 70\text{KN/m}$$

$$M_{max} = 319\text{KNm}$$

Fisso b=40cm

$$\begin{cases} \sigma_{amm} = M_{max}/W_{max} \\ W_{max} = bh^2/6 \end{cases} \rightarrow h = \sqrt{(6M_{max})/(f_{m,y,d}b)} = 59 \text{ cm}$$

Da cui:

- Peso proprio trave: $5 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 0,59\text{m} = 1,18\text{KN/m } G_1$

Non viene verificata a taglio, alzo a 75 l'altezza.

Si ottengono le seguenti sollecitazioni massime e minime:

$$M_{Ed,max} = 326 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,min} = 47 \text{ KNm}$$

$$T_{Ed,max} = 217 \text{ KN}$$

$$T_{Ed,min} = 31 \text{ KN}$$

Verifiche allo SLU:

Tensioni di progetto:	$\sigma_{m,y,d} = 87,0 \text{ daN/cm}^2$	$\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$
Coefficienti moltiplicativi resistenze:	$k_{h,H} = 1,000$	$k_{h,B} = 1,041$
Resistenze di progetto:	$f_{m,y,d} = 115,9 \text{ daN/cm}^2$	$f_{m,z,d} = 120,7 \text{ daN/cm}^2$
Altri coefficienti:	$k_m = 0,7$	$k_{crit,m} = 1,000$
Tensione e resistenza di progetto:	$\tau_d = 16,2 \text{ daN/cm}^2$	$f_{v,d} = 16,9 \text{ daN/cm}^2$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

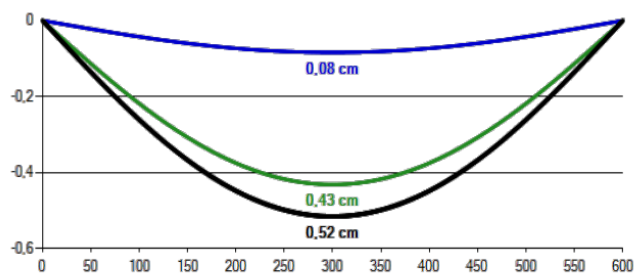
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,75 < 1,00$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,53 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad 0,72 < 1,00$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 16,23 < 16,90$$

Verifiche allo SLE:



$w_{ist,G} = 0,08 \text{ cm}$
$w_{ist,Q} = 0,43 \text{ cm}$
$w_{ist} = 0,52 \text{ cm}$
$w_{in,Q} = 0,12 \text{ cm}$
$w_{in} = 0,21 \text{ cm}$
$w_{creep} = 0,12 \text{ cm}$
$w_c = 0,00 \text{ cm}$
$w_{net,fin} = 0,64 \text{ cm}$
$w_{fin} = 0,64 \text{ cm}$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

$$w_{ist} \leq L / 300 \quad 0,52 \text{ cm} < 2,00 \text{ cm}$$

$$w_{net,fin} \leq L / 250 \quad 0,64 \text{ cm} < 2,40 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq L / 150 \quad 0,64 \text{ cm} < 4,00 \text{ cm}$$

DIMENSIONAMENTO E VERIFICA PILASTRI LIGNEI

Viene presentata la verifica strutturale del pilastro al piano terra 'pilastro 2'. Nella verifica dei pilastri vengono trascurate le forze orizzontali agenti sui pilastri nell'ipotesi che queste vengano assorbite dai numerosi pannelli in xlam di rigidezza superiore rispetto ai pilastri.

'PILASTRO 2' DIMENSIONAMENTO E VERIFICA A COMPRESSIONE E STABILITÀ

Dimensiono e verifico il pilastro a compressione semplice ed instabilità. Per determinare l'area minima di sezione calcolo lo sforzo assiale massimo agente sul pilastro come somma del peso proprio, del peso del pilastro soprastante e delle reazioni vincolari di appoggio sul pilastro esplicitate dalle travi del piano intermedio e dalle travi di copertura (a favore di sicurezza sono utilizzati i valori di taglio massimo calcolati in precedenza). Si considerano quindi:

- Massima reazione travi copertura: $N = T_{Ed,max,TRAVET1-01} + T_{Ed,max,TRAVET1-02} = 392 + 292 = 684 \text{ kN}$
- Massima reazione travi piano intermedio: $N = T_{Ed,max,TRAVET0-01} + T_{Ed,max,TRAVET0-02} = 212 + 212 = 424 \text{ kN}$

Lo sforzo assiale massimo ottenuto alla base del pilastro risulta pari a:

$$N_{ed} = 1108 \text{ KN}$$

Avendo trovato il valore dello sforzo normale di compressione posso trovare ora l'area minima affinché il materiale non entri in crisi. Ho scelto di realizzare i pilastri in legno lamellare incollato GL28h; Considerando la Classe di servizio: I e classe di durata del carico: Permanente ricavo i seguenti parametri:

-coefficiente correttivo che considera umidità e durata del carico $k_{mod}=0,6$ [-]

-Resistenza caratteristica a compressione $F_{c,0,k} = 28.0$ [N/mm²]

Con questi coefficienti ricavo la tensione ammissibile di progetto a compressione:

$$F_{c,0,d} = (0,6 * 28 \text{ N/mm}^2) / 1,45 = 11,586 \text{ N/mm}^2 = 11586 \text{ KN/m}^2$$

L'area minima si può calcolare tramite:

$$A_{min} = N_{ed} / F_{c,0,d} = 956,31 \text{ cm}^2$$

Decido di utilizzare una sezione 40cmx40cm, considerando che allo sforzo normale calcolato in precedenza devo aggiungere il peso proprio del pilastro:

- Peso proprio: $P = 5,5 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 8 = 7 \text{ KN}$

Otengo: $N_{ed} = 1115 \text{ KN}$;

Otengo quindi il seguente sforzo massimo agente $\sigma_{c,0,d}$:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{ed} / (b \cdot h) = 6969 \text{ KN/m}^2$$

Essendo $\sigma_{c,0,d} / F_{c,0,d} = 6969 / 11586 = 0,6 \leq 1 \rightarrow$ VERIFICA SODDISFATTA A COMPRESSIONE.

Per la verifica di stabilità va verificata la seguente disuguaglianza $\sigma_{c,0,d} \leq F_{c,0,d} \cdot k_c$

Nota la geometria del pilastro si ricava la snellezza λ e la si confronta con la snellezza critica λ_{cr} .

Tale λ_{cr} è calcolata dal confronto tra la tensione critica σ_{cr} e la tensione massima sopportabile del pilastro soggetto a compressione $f_{c,0,k}$.

Dove:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0,g,05}}{\lambda^2} = f_{c,0,k} \rightarrow \lambda_{cr} = \pi \sqrt{\frac{E_{0,g,05}}{f_{c,0,k}}} = 3,14 \sqrt{\frac{10500}{28}} = 61,6$$

Calcolo ora la snellezza dell'elemento:

$$\lambda = l_0/i = 3,5/0,115 = 30,4$$

Dove:

-altezza pilastro $l = 3,5m$, da cui $l_0 = l = 3,5m$ considerando lo schema statico di riferimento a doppia cerniera

- Momento inerzia sezione $I_x = I_y = b \cdot h^3 / 12 = 0,00213 \text{ m}^4$

- Raggio d'inerzia $i = \sqrt{I/A} = \sqrt{0,00213/0,16} = 0,115m$

Calcolo ora la snellezza relativa pari alla snellezza assoluta divisa per il valore critico:

$$\lambda_{rel} = \lambda/\lambda_{cr} = 30,4/61,6 = 0,49$$

Visto che $\lambda_{rel} > 0,3$ il pilastro è snello e si deve procedere con la verifica di stabilità.

Quindi si valutano i coefficienti k_c

posto:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,63$$

con

$\beta_c = 0,1$ per legno lamellare

risulta:

$$k_c = 1 / (k + ((k^2 - \lambda_{rel}^2)^{\frac{1}{2}})) = 0,974$$

La verifica risulta soddisfatta se:

$$\sigma_{c,0,d} \leq F_{c,0,d} \cdot k_c$$

Otengo :

$6969 \text{ KN/m}^2 < 11586 \text{ KN/m}^2 \cdot 0,974 = 11284 \text{ KN/m}^2 \rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA A STABILITÀ}$

VERIFICA DELLA PARETE IN XLAM APPARTENENTE ALL'IMPALCATO DI PIANO TERRA ESPOSTA A EST

Viene dimensionata e verificata la parete verticale appartenente all'impalcato di piano terra esposta a est realizzata con pannelli di classe gl 24h di spessore 160 mm a 7 strati soggetta ai seguenti carichi:

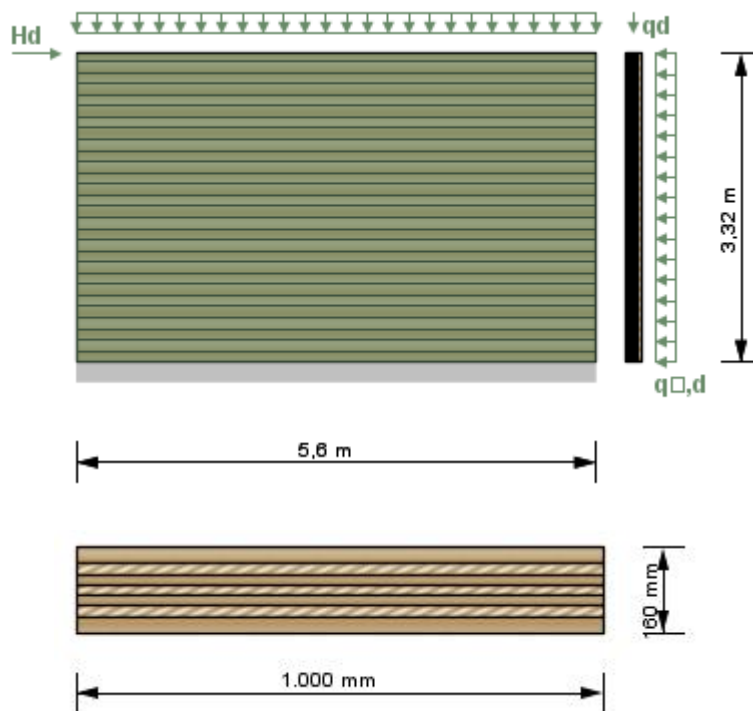
- carico verticale sulla parete: $q_d = (T_{Ed,max,TRAVETL\ 16x\ 51COPERTURA}/i) + (T_{Ed,max,TRAVE\ TL\ 16X45SOLAIO\ INTERMEDIO}/i) + P_{pareteP1} = (32,18KN/0,58m) + (21KN/0,58m) + (5KN/m^3 \cdot 23,7m^2 \cdot 0,16m/5,6m) = 95KN/m$

-carico del vento perpendicolare alla parete: $q_{\perp d} = 1,98KN/m^2$

Il carico orizzontale H_d è stato calcolato considerando che le pressioni del vento sulle superfici dei lati corti dell'edificio sono direttamente trasmesse ai lati lunghi dell'edificio dal momento che nella direzione del vento il baricentro geometrico e delle rigidezze della struttura giacciono sull'asse di simmetria e quindi non esiste momento torcente. Si è ottenuta così una forza totale agente sulle pareti del lato lungo (FILO 2) pari a $H = 3,16\ KN/m^2 \cdot 96m^2 = 303,36KN$. La forza ottenuta è stata ripartita tra il setto in c.a e la parete in xlam in proporzione alla rigidezza delle pareti stesse. La rigidezza complessiva della parete in calcestruzzo C25/30 è pari a $K_{totale} = \frac{1}{\left(\frac{h^3}{12EJ} + \frac{\chi h}{GA}\right)} = 5973597687,2\ N/m$, con E : modulo elastico ($1,575 \cdot 10^{10}\ Pa$); J : momento

d'inerzia associato alla sezione della parete ($90\ m^4$); h : altezza parete ($3,7\ m$). G : modulo a taglio ($9,4425 \cdot 10^9\ Pa$); A : sezione della parete ($5,56\ m^2$); χ : fattore di taglio (pari a $6/5$ nel caso in esame). Mentre la rigidezza della parete in xlam è pari a $11472516\ N/m$.

-Si ha $H_d = F_{x,i} = \frac{F_x \cdot K_{x,i}}{\sum_i K_{x,i}} = \frac{303,36KN \cdot 11472516N/m}{(11472516N/m + 5973597687,2N/m)} = 0,58KN$.



Carichi di dimensionamento

q_d

H_d
 $q_{\perp,d}$

Caratteristiche parete:

Coefficiente di correzione $k_{mod} = 1$ (istantanea, classe di servizio1)

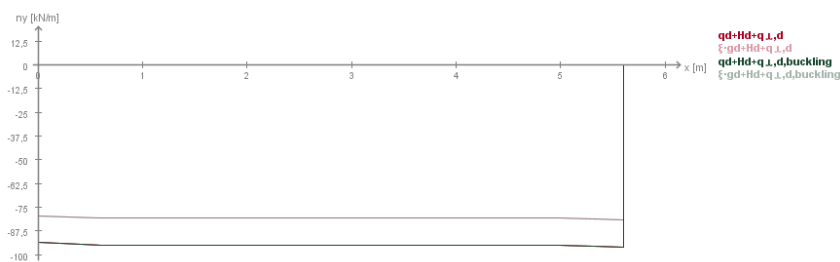
Coefficiente di sicurezza parziale $\gamma_M = 1,45$

Coefficiente di sistema $K_{sys} = 1 + 0,025n = 1,1$, con $n=4$ numero di lamelle sollecitate in parallelo
 scelgo il modello corrisponde ad una soluzione approssimativa di una piastra caricata in piano

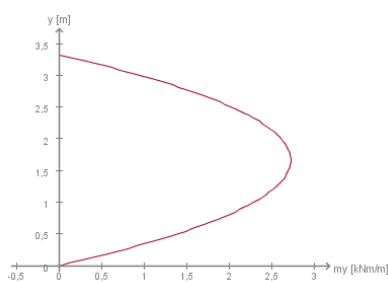
Ottingo le seguenti verifiche di sfruttamento dell'elemento:

Grado di sfruttamento			
Flessione con forza assiale $m_y + n_y$	$\eta_{m_y+n_y}$	12,3 %	k_{mod} 1,00 con $x y = 5,60\text{ m} 1,66\text{ m}$ Combinazione base: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Forza di taglio v_y	η_{v_y}	5,8 %	k_{mod} 1,00 con $x y = 2,80\text{ m} 0,00\text{ m}$ Combinazione base: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Forza di taglio n_{xy} (Taglio lordo)	$\eta_{n_{xy,gross}}$	0,1 %	k_{mod} 1,00 con $x y = 2,80\text{ m} 0,00\text{ m}$ Combinazione base: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Forza di taglio n_{xy} (Taglio netto)	$\eta_{n_{xy,net}}$	0 %	k_{mod} 1,00 con $x y = 2,80\text{ m} 0,00\text{ m}$ Combinazione base: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Forza di taglio n_{xy} (Torsione)	$\eta_{n_{xy,tor}}$	0 %	k_{mod} 1,00 con $x y = 2,80\text{ m} 0,00\text{ m}$ Combinazione base: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Imbozzamento	$\eta_{buckling}$	39,2 %	k_{mod} 1,00 con $x y = 5,60\text{ m} 1,66\text{ m}$ Combinazione base: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$

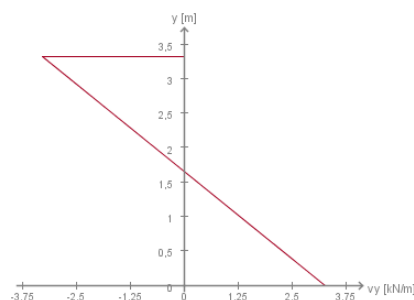
Sforzi assiali



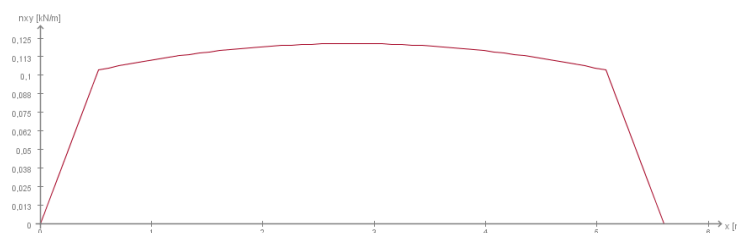
Sforzi assiali



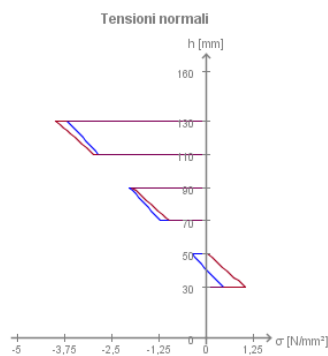
Sforzi di taglio



Torsione

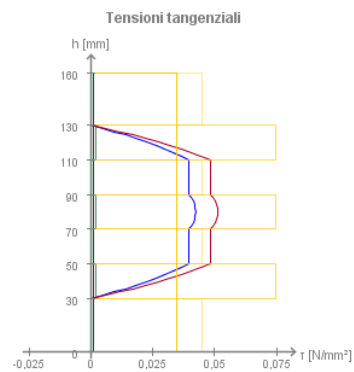


Tensioni normali



- my+ny
- my+ny,fi
- buckling
- buckling,fi

Tensioni tangenziali



- vy
- vy,fi
- nxy,gross
- nxy,net,L
- nxy,net,T
- nxy,gross,fi
- nxy,net,L,fi
- nxy,net,T,fi

DIMENSIONAMENTO E VERIFICA SOLETTA CONTROTERRA IN C.A.

Il solaio controterra è realizzato con un getto di calcestruzzo armato di spessore 30 cm, nota l'altezza del getto, si è determinata l'area dell'armatura minima in zona tesa (rif. NTC § 4.1.6.1.1):

$$A_{s,min} = 0.26 * (f_{ctm} / f_{yk}) * b_t * d$$

dove:

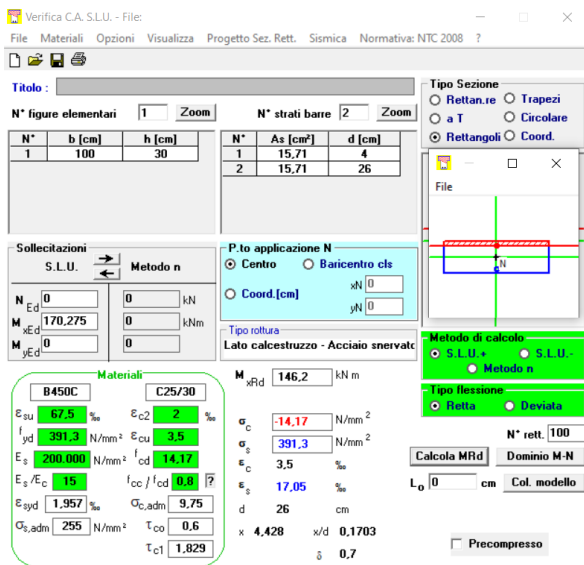
- Armatura minima in zona tesa $A_{s,min}$ [mm²]
- Valore medio di resistenza a trazione f_{ctm} [N/mm²]
- Valore di resistenza caratteristico a trazione dell'armatura f_{yk} [N/mm²]
- Larghezza media della sezione b_t [mm]
- Altezza utile della sezione d [mm]

L'area minima $A_{s,min}$ deve risultare in ogni caso maggiore di $0.0013 * b_t * d = 0.0013 * 1000 * 260 = 338.8$ mm².

Il valore medio della resistenza a trazione f_{ctm} , per classi ≤ C50/60 (rif. NTC § 11.2.10.2, [11.2.3a]) risulta: $f_{ctm} = 2.565$ MPa per calcestruzzo di classe C25/30.

Considerando barre in materiale standard B450C, con $f_{yk} = 450.0$ MPa, il valore minimo di area delle barre vale: $A_{s,min} = 0.26 * (2.565 / 450.0) * 1000 * 260 = 385.32$ mm² che risulta superiore rispetto al limite inferiore ricavato in precedenza, perciò viene assunto come valore effettivo per l'area minima dell'armatura in zona tesa. Il limite superiore dell'area dell'armatura tesa o compressa, al di fuori delle zone di sovrapposizione, è dato dalla seguente espressione: $A_{s,max} = 0.04 * A_c$, dove A_c rappresenta l'area della sezione trasversale di calcestruzzo, nel caso in esame pari ad $A_c = 1000 * 300 = 300000$ mm², da cui: $A_{s,max} = 0.04 * 300000 = 12000$ mm². L'armatura effettiva inserita, ad entrambi i lembi, pari a 1 Φ 20 / 20, che corrisponde, nella sezione ipotizzata, ad un'area effettiva $A_s = 1571$ mm², compatibile con entrambi i limiti calcolati.

Verifico ora la soletta considerando come carico applicato il carico del solaio sovrastante la soletta stessa in combinazione ultima.



4.3 Progetto impiantistico

4.3.1 Impianto elettrico con cogeneratore e fotovoltaico con batteria di accumulo

Prima della valanga del 14 dicembre 2020, il rifugio Pian dei Fiacconi si era dotato di un impianto fotovoltaico che poteva coprire almeno il 50% del fabbisogno energetico, la restante parte di energia era assicurata dal generatore di emergenza da 30 kWh e dall'alimentazione elettrica proveniente dal vicino impianto di risalita. L'impianto era ad alto rendimento da 10 KW/hp.

Anche il nuovo rifugio in progetto prevede di avvalersi in caso di necessità della corrente di rete garantita dalla nuova funivia in corso di realizzazione.

Tuttavia il nuovo rifugio è progettato per essere energeticamente autonomo nei mesi di utilizzo estivi da giugno a settembre.

Si è ipotizzato da dati storici un consumo elettrico medio di 120 kWh al giorno con due picchi di due ore ciascuno (10:30 -13:30) (17:30-19:30) corrispondenti al periodo di funzionamento della cucina del rifugio.

Durante questi due periodi di punta di consumi che raggiungo i 20KW come si evince dalla tabella sui consumi delle apparecchiature, ho previsto di ricorrere al gruppo elettrogeno per dirottargli i carichi elettrici più pesanti dovuti a lavastoviglie, lavatrice, forno elettrico, freezer, frigo bar, frigo cucina e cappa aspirante.

APPARECCHIATURE	Consumo in W
-----------------	--------------

lavatrice	1'300
lavastoviglie	1'700
ventola cappa aspirante	1'550
Frigo bar	150
Frigo cucina	300
Freezer	300
luci	10
Forno elettrico	2'000
stiratrice	1'100
asciugatrice	2'500
caldaia	9'000
TOTALE	19'910 W

Tab.2: Calcolo dei consumi elettrici giornalieri della struttura

Nelle ore di funzionamento del generatore diesel l'energia prodotta in eccesso viene immagazzinata nell'unità di accumulo per mezzo di carica batterie presenti negli inverter bidirezionali, ciò permette di ottimizzare il funzionamento del gruppo elettrogeno diesel, tutto il resto del giorno il fabbisogno elettrico è garantito dai pannelli fotovoltaici.

Visto che i consumi del nuovo rifugio rispecchiano presumibilmente quelli del vecchio si ritiene opportuno mantenere la stessa potenza di punta da 10 KWhp già installata nel passato e ben sperimentata, delegando come allora al generatore Diesel da 30Kwh la copertura delle punte di consumo.

L'impianto da 10 KWhp riesce a soddisfare il 50% del fabbisogno di 120 KWh/gg : il calcolo della resa dei pannelli si ottiene moltiplicando la potenza di picco dell'impianto per il parametro ESH (ore di sole equivalente in un giorno). Il fattore ESH varia da luogo a luogo a seconda della latitudine del periodo dell'anno, dalle condizioni ambientali e metereologiche e viene riportato in modo statistico da apposite tabelle; il valore di ESH tabellare per la zona di Trento è il seguente:

località	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Trento	1.36	2.33	3.81	4.92	5.81	6.44	6.83	5.61	4.31	2.61	1.53	1.14

Tab 3: Valori di ESH

Il valore medio di ESH per i quattro mesi della stagione estiva del rifugio è pari a 5,8 ore.

Si ottiene quindi che l'impianto produce durante i mesi di giugno, luglio, agosto e settembre $10\text{kwhpx}5,8 = 58\text{kwh/gg}$ pari a circa il 50% del consumo di corrente del rifugio di 120 kwh/gg.

Per poter avere un impianto da 10KWhp effettivo bisogna tener conto di alcuni fattori di riduzione:

1) Dell'inclinazione dei pannelli fotovoltaici:

per la zona di Trento l'inclinazione ottimale è di 35,74° e coincide grossomodo con l'inclinazione

delle falde del tetto in progetto e la formula utilizzata per ricavarla è :
 inclinazione ottimale = $3.7+(0.69 \times \text{latitudine}) = 35,74^\circ$ con latitudine Marmolada pari a $46,63^\circ$

2) Dell'orientamento dei pannelli fotovoltaici:

Il rifugio in progetto ha la balconata e la facciata vetrata che guardano la valle verso nord, il corpo dell'edificio si estende da nord in calando verso sud; i pannelli sono posizionati lungo le due falde del tetto che sono poste ad est e ad ovest della linea di colmo del tetto con una resa del 97% come si evince dalla tabella riportata di seguito:

Tilt of collector	orientation of collector						
	south	sse/ssw	se/sw	ese/wsw	e/w	ne/nw	north
horizontal	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
5	91%	91%	91%	90%	89%	87%	86%
10	93%	92%	92%	90%	88%	84%	82%
15	95%	94%	93%	90%	87%	81%	79%
20	97%	95%	94%	90%	87%	79%	75%
25	98%	96%	95%	90%	86%	75%	72%
30	100%	98%	96%	90%	85%	73%	68%
35	99%	97%	95%	89%	83%	70%	65%
40	99%	96%	94%	88%	81%	67%	62%
45	98%	96%	93%	86%	80%	64%	60%
50	96%	93%	91%	84%	77%	61%	55%
55	94%	91%	85%	82%	75%	58%	51%
60	92%	89%	88%	79%	72%	56%	47%
70	85%	82%	79%	73%	66%	51%	43%
80	77%	75%	73%	66%	60%	46%	35%
vertical	69%	68%	66%	60%	54%	41%	35%

Tab.4: Resa dei pannelli fotovoltaici in funzione dell'angolo di inclinazione dei pannelli e dell'esposizione

3) il terzo fattore da considerare è la perdita di prestazioni dovuta al rendimento dei vari dispositivi utilizzati (in particolar modo la batteria) dal momento che nei calcoli viene tenuta in considerazione la potenza di picco del modulo fotovoltaico che la si ha a circa 17 volt e non a 12 volt.

Per questo per impianti a 12 V occorre aumentare di circa il 50% il valore della potenza di picco del modulo necessario.

Considerando i fattori di riduzione la formula per il calcolo dei pannelli necessari per un impianto da 10 KWhp come da progetto diventa: $10\text{Kwhp} \times 1,5 / 0,95 = 15,79 \text{ KWhp}$. Considerando pannelli monocristallini da 450 w, servono 36 pannelli da $1,5 \times 1 \text{ mq}$.

La superficie del tetto occupata dai pannelli è di 54 mq con 2 moduli in serie con 9 stringhe di pannelli in parallelo inclinazione 35° .

Come unità di accumulo si pensa di utilizzare un banco di 48 elementi a vaso aperto di tipo stazionario a piastre tubolari collegati in serie. Gli accumulatori di tipo stazionario al piombo acido e piastre tubolari garantiscono elevata affidabilità e basso autoconsumo. Il ridotto fenomeno di autoscarica accompagnato ai vantaggi delle leghe a basso contenuto di antimonio garantiscono buona capacità di lega e ottimo comportamento ciclico, oltre ad altri vantaggi quali:

- lunga vita stimata 15 anni
- nessuna operazione di rabbocco per periodi oltre tre anni
- bassissima autoscarica
- bassissime correnti di mantenimento
- massima stabilità di lega
- ottimo comportamento con cicli di carica e scarica

Le batterie saranno poste su scaffali a più piani con tutte le avvertenze necessarie per consentire una adeguata aerazione (onde evitare scoppi) e la raccolta di eventuali perdite di elettrolito acido.

Per trasformare la corrente continua proveniente dalle batterie in corrente alternata a 230 V sono previsti quattro inverter tipo HPC8000/48 . In sostanza il modello Hpc può automaticamente spegnersi se è acceso il gruppo elettrogeno che, grazie al modulo caricabatterie, può sia ricaricare le batterie del sistema, che alimentare i consumi elettrici del rifugio.

Ogni qualvolta il generatore diesel è spento l' inverter si riaccende e automaticamente riprende ad alimentare i carichi elettrici previsti . Come già anticipato a supporto dell'impianto fotovoltaico si ipotizza l' installazione di un gruppo elettrogeno da 30 kW da far funzionare solo nelle ore di punta per alimentare i carichi elettrici del rifugio e contemporaneamente ricaricare le batterie.

Il generatore Diesel può essere utilizzato come aiuto in caso di necessità anche nei mesi invernali per il funzionamento di una pompa di calore da 25 kw utilizzata per riscaldare il secondo piano dove vi sono le stanze, in caso di mancanza della corrente di rete proveniente dalla funivia.

D'inverno infatti non può essere di certo sufficiente per il rifugio l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico. Per riscaldare il rifugio infatti ho considerato di utilizzare una stufa a pellet da 30 Kw al piano primo e una pompa di calore da 25 kw per il piano secondo. Infatti considerando che il volume sia al piano primo che secondo è di 750 mc (250mx3m) con una dispersione teorica di 0,03 KW/mc dati dalle caratteristiche di isolamento adottate nel rifugio Pian dei Fiacconi e con un coefficiente di amplificazione di 1,2 per la quota del rifugio, si considera per piano una dispersione pari a:

$$750mc \times 0,03KW/mc \times 1,2 = 27 kW .$$

Considero dunque di utilizzare al piano primo una stufa a pellet da 30 kW come già esisteva nel rifugio travolto dalla valanga che è indicata oltre che per la economicità anche per il senso di calore e accoglienza che infonde a chi entra e si rifocilla nel rifugio, mentre al piano secondo ho considerato di installare una pompa di calore da 25 kilowatt ipotizzando una utilizzazione delle stanze non superiore all' 85%. (27KWx0,85=23kw).

4.3.2 Impianto di ventilazione

Gli ambienti del rifugio hanno bisogno di un ricambio continuo d'aria pulita immessa dall'ambiente esterno e dell'espulsione di quella viziata interna prodotta in vario modo con odori, profumi, vapori della cucina, sostanze tossiche, sudorazione e igiene personale.

Se l'involucro edilizio del rifugio non è sufficientemente ventilato può verificarsi l'insorgere di muffe con un elevato livello di umidità nell'aria, che viene depositato sulle pareti.

E' dunque necessario disporre di un sistema di ventilazione meccanica, essenziale per garantire il massimo livello di comfort ambientale, e termico; ma per non disperdere inutilmente calore il sistema di ventilazione deve essere associato ad un recuperatore di calore che permetta all'aria espulsa di cedere calore all'aria in entrata tramite uno scambiatore a piastre.

Facendo riferimento alle normative UNI EN 15251 e UNI 10339 possiamo stimare la portata dell'aria in gioco, considerando la superficie dell'edificio e il volume dei locali.

Generalmente per gli edifici urbani si considera che un ricambio ottimale si aggiri attorno agli 0,5 volumi/h, tenendo conto che il valore minimo è di 0,3 volumi/h.

Per quanto riguarda un rifugio alpino invece, visto che lo spazio a disposizione è sempre piuttosto ristretto, vanno calcolati i ricambi orari con meno approssimazione tenendo conto del grado di affollamento maggiore del normale per ciascun specifico locale.

La norma UNI 10339 definisce come parametri necessari al calcolo della quantità oraria di aria da ricambiare nell'ambiente rispetto al volume dell'ambiente stesso (1/h), la portata specifica di aria esterna per persona e l'indice di affollamento con:

$Q = (Q_{op} \times 3600/1000) \times n \times S/V$ con:

Q_{op} (10-3 m/s) la quantità di aria da ricambiare nell'unità di tempo nell'ambiente per persona

n il numero di persone

V (m³) il volume dell'ambiente

Per dimensionare correttamente lo scambiatore di calore bisogna tener conto anche della contemporaneità dei flussi, considerando l'utilizzo degli ambienti nelle differenti fasce orarie notturna e diurna.

Un fattore di correzione delle portate dipende poi dall'altitudine del rifugio che per Pian Dei Fiacconi può essere considerato apportando un incremento del 20%.

	piano	attività	Sup. mq	H m	V m3	Qop 10-3mc/s	persone	Q.Avol Vol/h	Q.A M3/h
Garage	t	/	165	3.66	604	/	2	/	/
Bagno bivacco	t	notte+giorno	11	2.7	30	/	/	12	/
Bivacco invernale	t	notte	42	2.7	113	11	4	/	/
Locale impianti	t	/	29	3.66	106	/	/	/	/
Magazzino	t	giorno	27	3.66	99	9	2	0.65	64.8
Cantina lavanderia	t	giorno	33	3.66	121	11	2	0.65	79.2
Scale p.t.	t	giorno	27.8	3.66	102	11	2	0.78	79.2
Bagni donne	t	giorno	40	2.7	108	/	4	12	1296
Bagni uomini	t	giorno	26	2.7	70	/	4	12	840
bar sala da pranzo	P1	giorno	212	3.10	657	10	40	6.79	1440
Cucina	P1	giorno	37	3.1	115	16.5	6	3.09	356.4
Corridoio	P1	giorno	48.5	3.1	150	11	2	0.528	79.2
Stanza ne	P2	notte	22.5	2.7	61	11	3	1.94	118.2
Bagno ne	P2	notte+giorno	5.4	2.7	15	/	1	12	180
Bagno se	P2	notte+giorno	7	2.7	19	/	1	12	228
Stanza se	P2	notte	14	2.7	38	11	2	2.08	79.2
Stanza so	P2	notte	13.8	2.7	37	11	2	2.12	79.2
Bagno so	P2	notte+giorno	5.6	2.7	15	/	1	12	180
Bagno o	P2	notte+giorno	7.5	2.7	20	/	1	12	240
Stanza o	P2	notte	23.5	2.7	63	11	3	2.83	178.2
Stanza no	P2	notte	26.8	2.7	72	11	3	2.48	178.2
Bagno no	P2	notte+giorno	8.3	2.7	22	/	1	12	264
Bagno n	P2	notte+giorno	5.5	2.7	15	/	1	12	180
Stanza n	P2	notte	19.3	2.7	52	11	3	3.43	178.2

Tab. 5:Calcolo della portata d'aria di ricambio per ogni locale

Per il calcolo delle portate d'aria non si considera il bivacco invernale in quanto il bivacco è accessibile solo se il rifugio non è aperto al pubblico, quindi i flussi d'aria del recuperatore tra bivacco e rifugio non possono mai essere contemporanei.

Il garage poi non necessita di ricambi frequenti in quanto non è presidiato da personale.

Dalla tabella si evince che i flussi massimi sono quelli giornalieri che sommati e moltiplicati per 1,2 ammontano a 6000 m3/h, i flussi minimi sono invece quelli notturni che moltiplicati per 1,2 ammontano a 2600 m3/h.

Va quindi installato un recuperatore a piastre da 6000 m3/h di portata d'aria.

La temperatura che il sistema è in grado di immettere negli ambienti interni si ricava dalla seguente formula:

$$T_{\text{immessa}} = T_{\text{est}} + (T_{\text{int}} - T_{\text{est}}) \times K$$

Con K efficienza in regime estivo pari a 0.8,

con Testerna ad esempio giornaliera pari a 10° e T interna pari a 20° la temperatura immessa risulta

di 18°;

con Testerna ad esempio estiva notturna minima pari a 4° e T interna pari a 20° la temperatura immessa risulta di 16,8°.

Dagli esempi si evince che per mantenere in temperatura interna l'edificio durante l'estate basta apportare calore sufficiente ad innalzare di 2° o 3° l'aria immessa, questo può facilmente essere ottenuto anche utilizzando a bassi regimi la stufa a pellet della sala centrale senza ricorrere all'uso di pompe di calore.

La distribuzione della ventilazione meccanica viene effettuata con una serie di bocchette.

Le bocchette di aspirazione/ripresa si occupano di prelevare l'aria dagli ambienti più umidi o che hanno bisogno di far cambiare l'aria (bagni, ripostigli, lavanderia, cucina).

L'aria raccolta da questi ambienti viene convogliata all'interno della macchina, passa all'interno dello scambiatore di calore, per poi essere espulsa verso l'esterno.

Le altre bocchette sono quelle di mandata, che si occupano di immettere l'aria raccolta dall'esterno e filtrata, nei locali meno "inquinati", come la sala comune o le camere da letto.

È consigliabile installare le mandate in basso (ad esempio all'altezza delle prese elettriche) e le riprese in alto rispettivamente nei diversi locali.

Per garantire la massima efficienza di scambio le portate di immissione ed estrazione devono essere perfettamente equilibrate.

Considerando le portate calcolate per ciascuno dei tre piani nella tabella precedente delle portate si calcolano le dimensioni di massima dei canali per ogni ambiente ipotizzando una velocità media dell'aria di 4 m/s utilizzando un software che tiene conto delle perdite di carico.

PIANO TERRA:

	PIANO TERRA	magazzino	Cantina lavanderia	scale	Bagni donne	Bagni uomini
Volume m ³	501	99	121	102	108	70
Portata Mc/h	2830	559	683	585	610	393
Dim. Canali cmxcm	50x55	20x30	20x35	20x30	20x30	20x20

PIANO PRIMO:

	PIANO PRIMO	cucina	Sala mensa
Volume m ³	772	115	657
Portata mc/h	2155	322	1833
Dim. Canali cmxcm	40x50	25x150	40x45

PIANO SECONDO

	PII	Corr.	St.so	St.e	wcso	wco	sto	wce	stno	wcne	wcn	wcno	stne	stn
Volume m3	569	150	37	38	15	20	63	19	72	15	15	22	61	52
Portata Mc/h	2600	680	168	174	69	69	291	88	326	68	68	68	271	229
Dim. Canali diam cm	56	30	20	20	125	125	200	125	250	125	125	125	185	185

Tab.6:Calcolo delle dimensioni di massima dei canali per ogni ambiente

4.3.3 Impianto di scarico acque reflue

In questo paragrafo viene dimensionato l'impianto di scarico secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 12056:2001. L'impianto, articolato in diramazioni di scarico, colonne di scarico e collettori è realizzato utilizzando tubazioni in PVC. Nell'impianto le colonne di scarico verticali vengono prolungate nel sottotetto e portate lateralmente all'esterno con funzione di esalatore, infatti se sbucassero nel tetto verrebbero facilmente ricoperte di neve e otturate.

in riferimento a tale configurazione il sistema risulta a ventilazione primaria (Sistema I). La norma UNI EN 12056 definisce i valori di scarico per ogni apparecchio sanitario come segue:

Unità di scarico (DU)

Apparecchio sanitario	Sistema I	Sistema II
	DU l/s	DU l/s
Lavabo, bide	0,5	0,3
Doccia senza tappo	0,6	0,4
Doccia con tappo	0,8	0,5
Orinatoio con cassetta	0,8	0,5
Orinatoio con valvola di cacciata	0,5	0,3
Orinatoio a parete	0,2*	0,2*
Vasca da bagno	0,8	0,6
Lavello da cucina	0,8	0,6
Lavastoviglie (domestica)	0,8	0,6
Lavatrice, carico max. 6 kg	0,8	0,6
Lavatrice, carico max. 12 kg	1,5	1,2
WC, capacità cassetta 4,0 l	**	1,8
WC, capacità cassetta 6,0 l	2,0	1,8
WC, capacità cassetta 7,5 l	2,0	1,8
WC, capacità cassetta 9,0 l	2,5	2,0
Pozzetto a terra DN 50	0,8	0,9
Pozzetto a terra DN 70	1,5	0,9
Pozzetto a terra DN 100	2,0	1,2

* Per persona.
** Non ammesso.

Tab.7: Valori di scarico degli apparecchi sanitari secondo la norma UNI EN 12056:2001

Il valore della portata totale delle acque reflue prevista per l'impianto di scarico Q_{ww} , calcolata considerando la contemporaneità degli scarichi, si calcola secondo tale formulazione:

$$Q_{ww} = K \sqrt{\sum DU}$$

Dove:

Q_{ww} è la portata totale dell'impianto (carico ridotto) [l/s]

$\sum DU$ è somma dei valori di scarico dei singoli apparecchi

K è il coefficiente di frequenza, considerato pari 0,5 per un uso intermittente degli apparecchi

Considerando i valori di scarico degli apparecchi presenti nel rifugio riportati in tabella si ottiene una portata totale d'impianto Q_{ww} pari a 3,7 [l/s]

APPARECCHIO	QUANTITA' [-]	COEFF. FREQUENZA [-]	PORTATA APPARECCHIO [l/s]
WC	17	0,5	2
Orinatoio	4	0,5	0,2

Lavabo	16	0,5	0,5
Lavello cucina	3	0,5	0,8
Bidet	6	0,5	0,5
Doccia	6	0,5	0,6
Lavatrice	1	0,5	0,8
Lavastoviglie	1	0,5	0,8
		Carico ridotto Q_{ww}:	3,653765181

Tab.8: Calcolo della portata totale di acque reflue

Per il dimensionamento delle diramazioni di scarico, ossia le parti di un impianto a sviluppo orizzontale che hanno il compito di convogliare l'acqua di scarico dei sifoni degli apparecchi alle colonne di scarico, la normativa fissa il diametro nominale in funzione della portata massima che può scorrere in esse. La normativa definisce inoltre dei vincoli geometrici che occorre garantire al fine di salvaguardare la tenuta idraulica dei sifoni, questi limiti sono riportati nelle tabelle sottostanti.

Portata idraulica massima (Q_{max}) e diametro nominale (DN)

Q_{max} l/s	Sistema 1 DN
0,40	*
0,50	40
0,80	50
1,00	63
1,50	75
2,25	100***
2,50	110

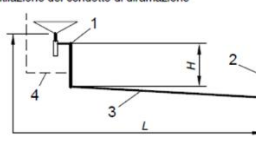
* Non ammesso.
** Senza WC.
*** Massimo due WC e cambiamenti di direzione per un totale massimo di 90°.

Limiti di applicazione

Limiti di applicazione	Sistema I	Sistema II
Lunghezza massima del tubo (L)	10,0 m	Senza limitazioni
Numero max. di curve a 90°*	Senza limitazioni	Senza limitazioni
Dislivello massimo (H) (inclinazione di 45° o maggiore)	3,0 m	3,0 m
Gradiente minimo	0,5%	1,5%

* Curva di raccordo non compresa.
Limiti di applicazione per i condotti di diramazione con ventilazione dei sistemi I, II

- Legenda
- 1) Curva di raccordo
 - 2) Colonna di scarico
 - 3) Diramazione di scarico
 - 4) Ventilazione del condotto di diramazione



Tab.9: Diametri nominali delle diramazioni in funzione della portata e limiti di applicazione

Per il dimensionamento delle colonne di scarico la normativa UNI EN 12056-2 definisce il **DN/OD** (Diametro esterno) del tubo impiegato per la colonna di scarico in funzione della portata massima di scarico, del tipo di raccordo utilizzato per unire colonna di scarico-diramazione e del tipo di ventilazione scelta, secondo la seguente tabella:

Colonna di scarico e sfiato	Sistema 1 Q_{max} (l/s)	
	Braga a squadra	Braga ad angolo
DN/OD		
63	0,5	0,7
75	1,5	2,0
100	2,7	3,5
110*	4,0	5,2
125	5,8	7,6
160	9,5	12,4
200	16,0	21,0

* Dimensione minima quando i WC sono raccordati secondo i sistemi I, III, IV.

Tab.10: Diametri nominali delle colonne di scarico in funzione della portata e del tipo di raccordo tra colonna di scarico e diramazione

Per il dimensionamento dei collettori sub orizzontali le dimensioni dei DN dipendono dalla percentuale di riempimento h/d , dalla pendenza percentuale del tratto e dalla portata massima:

Tab.12 Pendenze dei collettori in funzione di: DN/OD, capacità massima (Q_{max}) del collettore e velocità (V) dei reflui (i risultati corrispondono ad un valore prudenziale di scabrezza $k_b=1mm$ e un grado di riempimento $h/d=0,7$)

Pendenza i cm/m	DN/OD 110		DN/OD 125		DN/OD 160		DN/OD 200	
	Q_{max} l/s	V m/s	Q_{max} l/s	V m/s	Q_{max} l/s	V m/s	Q_{max} l/s	V m/s
0,50	2,9	0,5	4,8	0,6	9,0	0,7	16,7	0,8
1,00	4,2	0,8	6,8	0,9	12,8	1,0	23,7	1,2
1,50	5,1	1,0	8,3	1,1	15,7	1,3	29,1	1,5
2,00	5,9	1,1	9,6	1,2	18,2	1,5	33,6	1,7
2,50	6,7	1,2	10,8	1,4	20,3	1,6	37,6	1,9
3,00	7,3	1,3	11,8	1,5	22,3	1,8	41,2	2,1
3,50	7,9	1,5	12,8	1,6	24,1	1,9	44,5	2,2
4,00	8,4	1,6	13,7	1,8	25,8	2,1	47,6	2,4
4,50	8,9	1,7	14,5	1,9	27,3	2,2	50,5	2,5
5,00	9,4	1,7	15,3	2,0	28,8	2,3	53,3	2,7

Tab.11: Diametri nominali dei collettori in funzione della percentuale di riempimento h/d , dalla pendenza percentuale del tratto e dalla portata massima.

Si riporta il prospetto delle tubature presenti nel progetto:

APPARECCHIO	PORTATA APPARECCHIO [l/s]	QUANTITA' [-]	DIRAMAZIONE	COLONNA
Lavabo	0,5	3	1A	(1;0) A
WC	2	2	1A	(1;0) A
Bidet	0,5	2	1A	(1;0) A
Doccia	0,6	2	1A	(1;0) A
Lavabo	0,5	2	1B	(1;0) B
WC	2	2	1B	(1;0) B
Bidet	0,5	2	1B	(1;0) B
Doccia	0,6	2	1B	(1;0) B

Lavabo	0,5	2	1C	(1;0) C
WC	2	2	1C	(1;0) C
Bidet	0,5	2	1C	(1;0) C
Doccia	0,6	2	1C	(1;0) C
Lavello cucina	0,8	2	0C	(1;0) C
Lavastoviglie cucina	0,8	1	0C	(1;0) C
Lavello cucina	0,8	1	0D	si immette su collettore piano 0
Lavabo	0,5	2	-1 E	si immette su collettore piano -1
WC	2	1	-1 E	si immette su collettore piano -1
WC	2	4	-1 F	si immette su collettore piano -1
Lavatrice	0,5	1	-1 F	si immette su collettore piano -1
Orinatoio	0,2	4	-1 G	si immette su collettore piano -1
WC	2	6	elemento direttamente sul collettore	si immette su collettore piano -1
Lavabo	0,5	7	direttamente sul collettore	si immette su collettore piano -1

Tab.12: Prospetto delle tubature del rifugio

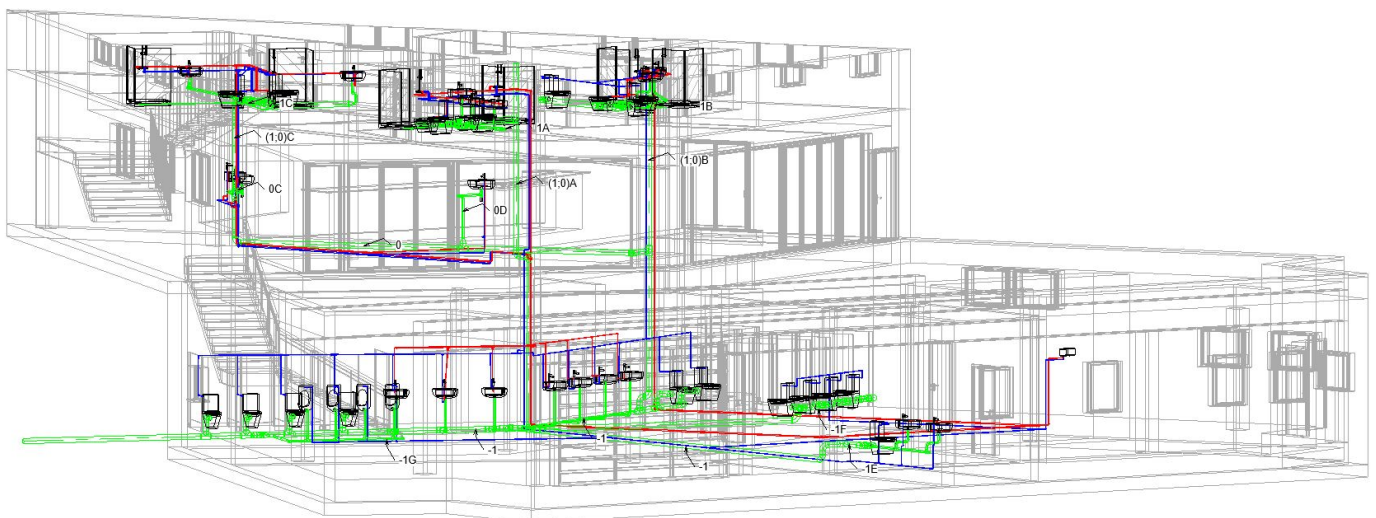


Fig.33: Modello 3D delle tubature del rifugio

Si riporta il prospetto finale con il riepilogo delle tubature di progetto dimensionate:

ELEMENTO	PORTATA[l/s]	DN[mm]
Diramazione 1A	1,387443693	75
Diramazione 1B	1,341640786	75
Diramazione 1C	1,341640786	75
Diramazione 0C	0,774596669	50
Diramazione 0D	0,447213595	40
Diramazione Piano -1 E	0,866025404	63
Diramazione Piano -1 F	1,457737974	75
Diramazione Piano -1 G	0,447213595	40
Colonna (1;0) A	1,387443693	70
Colonna (1;0) B	1,341640786	70
Colonna (1;0) C	1,549193338	70
Collettore piano 0	1,61245155	100
Colonna (0; -1) B	2,097617696	80
Collettore piano-1	3,64348734	125

Tab.13: Calcolo del diametro nominale delle tubature di scarico

Per quanto concerne il sistema di smaltimento dei reflui la Provincia di Trento ha stilato le linee guida per interventi su rifugi alpini secondo i criteri di sostenibilità.

Nei rifugi gestiti regolarmente è obbligo pre-trattare le acque reflue di cucina tramite separatore di olii/grassi e di fanghi. E' poi previsto l'utilizzo di una vasca Himhoff per garantire il rispetto dei limiti di emissione per i solidi sedimentabili (<0.5 mg/l).

Il calcolo della vasca Himhoff va fatto sommando 14 A.E. (abitanti equivalenti) per il secondo piano (considerando 2 A.E. per stanza) , cui vanno sommati 6 A.E. della cucina e 40 A.E. in sala da pranzo/bar: in totale la vasca Himhoff va calcolata per 60 A.E. . Quindi è prevista una vasca dalle dimensioni di 210 cm di diametro e profonda 220 cm.

Disoleatore e vasca Himhoff confluiscono su di un pozzetto di cacciata da cui fuoriescono i tubi forati di sub irrigazione su trincee profonde 1/1.5 metri.

Va prevista la gestione necessaria del trattamento e lo smaltimento dei fanghi e del contenuto solido delle acque che verranno portati a valle periodicamente utilizzando anche i mezzi in dotazione al rifugio.

4.3.4 Impianto idrico e sanitario

Un problema comune a tutti i rifugi alpini d'alta quota è l'approvvigionamento idrico che viene usualmente risolto o con la raccolta dell'acqua piovana, o con l'impiego dell'acqua di scioglimento proveniente da ghiacciaio raccolta con un sistema di condotte e pompa, o con il trasporto con elicottero (solo in casi di necessità) o funivia.

Con riferimento alla prima modalità per Pian dei Fiacconi la raccolta dell'acqua meteorica avviene dalle coperture dell'edificio e dalla terrazza esterna mediante un sistema di collettori e pluviali, l'acqua raccolta viene convogliata alla vasca di raccolta con dei canali sub orizzontali previo filtraggio. La portata d'acqua raccolta, secondo quanto previsto dalle UNI EN 12056:2001, viene calcolata con la formula:

$$Q = r A C$$

Dove

Q è la portata d'acqua in [l/s]

r è l'intensità di precipitazione in [l/(s*mq)]

A è l'area effettiva della copertura [mq]

C è il fattore riduttivo dell'intensità (si considera pari ad 1)

Otengo le seguenti portate:

ELEMENTO	SUPERFICIE [mq]	INTENSITA' [l/(s mq)]	COEFF K[-]	PORTATA[l/s]
Falda Est	137	0,038	1	5,206
Falda Ovest	137	0,038	1	5,206
Terrazza	349	0,038	1	13,262
Totale	623			23,674

Tab.14:Portata d'acqua in funzione dell'intensità di precipitazione

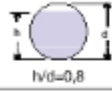
La normativa fornisce delle tabelle per il dimensionamento dei pluviali e dei collettori, considerando le portate affluenti in essi come riportato:

Per i pluviali:

e interno esterno mm	portata Q l/sec.	superficie massima in m ² evacuabile per i.p. = 0.041 l/s.m ²		
		K = 1,0	K = 0,8	K = 0.6
57/63	1,9	46	58	77
69/75	3,6	88	110	146
83/90	5,0	122	152	203
101/110	8,9	217	271	362
115/125	12,5	305	381	508
147/160	25,0	610	762	1016
187/200	47,0	1146	1433	1910
234/250	85,0	2073	2591	3455
295/315	157,0	3829	4786	6382

Tab 13:Diametro nominale pluviali in funzione della portata d'acqua affluente

Per i collettori sub orizzontali:

 $h/d=0,8$	pendenze in %							
	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%	4,0%	5,0%
\varnothing mm	portata Q in l/sec							
69/75	1,3	1,8	2,3	2,6	3,0	3,2	3,8	4,2
83/90	2,0	2,8	3,4	4,0	4,5	4,9	5,6	6,3
101/110	3,6	5,0	6,2	7,2	8,0	8,9	10,2	11,5
116/125	5,2	7,4	9,0	10,5	11,7	12,9	14,9	16,7
147/160	10,0	15,0	18,0	21,0	23,5	26,0	30,0	33,0
187/200	19,0	27,0	33,1	38,1	42,8	47,0	54,3	60,8
234/250	34,5	49,0	60,1	69,5	77,7	85,2	98,4	110,1
295/315	62,6	90,6	111,1	128,4	143,6	157,4	181,8	203,3

Tab 14: Diametro nominale collettori in funzione della portata d'acqua affluente

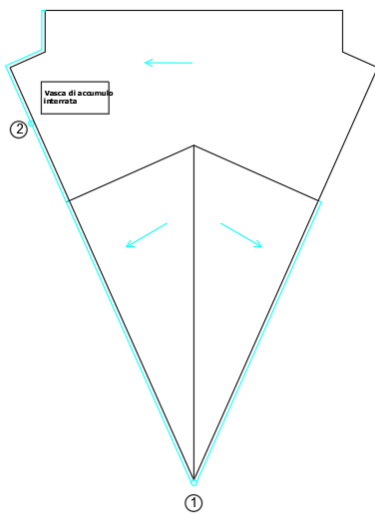


Fig.34 Schema illustrativo della disposizione di collettori e pluviali

il dimensionamento dei pluviali e dei collettori sub orizzontali, scelto il riempimento massimo pari a $0.8 h/d$, è:

-dimensionamento collettori di falda/terrazza:

ELEMENTO	PORTATA[l/s]	DN COLLETTORE	NUMERO PLUVIALE
Falda Est	5,206	125	1
Falda Ovest	5,206	125	1
Terrazza	13,262	160	2

-dimensionamento pluviali:

PLUVIALI	PORTATA[l/s]	DN COLLETTORE
1	10,412	125
2	13,262	160

-dimensionamento collettori alla base:

COLLETTORI	PORTATA[l/s]	DN COLLETTORE
Da Pluviale 1 a 2	10,412	160
Da pluviale 2 a vasca	23,674	230

Come si evince dalla tabella sottostante i consumi medi giornalieri di Pian dei Fiacconi sono stimabili in 3'656 l/gg

APPARECCHIO	QUANTITA' [-]	NUMERO UTILIZZI GG[-]	CONSUMI SINGOLO UTILIZZO [l]	CONSUMI TOTALE APPARECCHIO [l/gg]
WC	17	11	10	1870
Orinatoio	4	1	6	24
Lavabo	16	4	11	704
Lavello cucina	3	10	11	330
Bidet	6	1	8	48
Doccia	6	2	50	600
Lavatrice	1	1	40	40
Lavastoviglie	1	4	10	40
				3656

Tab.16: Fabbisogno d'acqua giornaliero per il rifugio

Per poter diminuire lo spreco d'acqua si utilizzano i 704 l/gg dei lavabi per riempire parzialmente le cassette wc; per questo possiamo ritenere che il fabbisogno giornaliero d'acqua si attesti sui 3 mc/gg (3'656 l/gg-704 l/gg =2'952 l/gg)

Considerando le serie storiche delle precipitazioni mensili medie su Pian Fedaia si può notare che nei mesi di giugno e luglio, nei quali il rifugio è particolarmente affollato, le precipitazioni medie sono rispettivamente di 74.2mm concentrate in 11gg e 58,4 mm concentrate in soli 7 gg , con una raccolta dai tetti di Pian dei Fiacconi ipotizzabile in soli 46mc/mese e 36 mc/mese.

Considerando che il rifugio in progetto ha un utilizzo a luglio di 93 mc (3 mc/gg x 31gg), ben 57 mc/mese devono essere derivati dal ghiacciaio pari a 1,84 mc/gg.

L'acqua addotta dal ghiacciaio deve essere filtrata e immagazzinata in una cisterna di accumulo con capacità di almeno 10gg di consumo tali da poter sopperire a eventuali rotture di tubazioni di adduzione e mancanza di piogge. Quindi considerando l'utilizzo di 3 mc/gg x 10 gg la vasca di accumulo sarà di 30mc posta al di sotto delle scale del piano terra di dimensioni 3x5x2 m.

Giorno	PIAN FEDAIA												
	(Pr)	Bacino: ADIGE										(2044 m s. m.)	
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
1	—	*2,8	*2,0	*4,2	0,6	—	—	2,4	—	—	—	—	
2	—	0,4	—	2,6	0,2	—	—	9,4	—	—	21,4	*0,8	
3	—	—	*0,2	17,6	—	—	18,2	—	—	—	24,6	—	
4	*6,4	1,0	—	5,0	5,8	15,0	—	—	—	—	2,0	—	
5	—	—	—	7,2	27,4	6,0	—	—	0,4	—	9,0	—	
6	—	—	—	—	—	20,6	0,2	5,2	69,0	—	—	—	
7	—	—	—	—	—	—	—	0,6	21,8	5,8	—	*3,6	
8	—	*2,2	—	*2,6	3,0	6,2	—	0,2	1,6	—	—	—	
9	—	2,8	—	—	8,0	—	—	—	6,6	—	—	—	
10	—	1,0	—	*4,2	1,2	—	—	9,6	2,4	—	—	—	
11	—	—	—	6,0	0,4	1,6	—	—	1,2	3,2	—	—	
12	—	—	—	—	—	—	—	0,8	—	—	3,8	—	
13	—	—	—	—	0,2	—	—	9,6	—	—	0,8	—	
14	—	—	—	—	—	—	—	12,0	—	—	—	—	
15	*1,0	0,6	—	—	*1,2	2,0	11,4	4,4	—	—	0,2	*2,2	
16	0,2	—	—	—	23,6	—	4,0	—	25,4	—	0,2	—	
17	*0,2	—	—	*1,4	8,8	—	—	—	3,0	2,4	—	0,2	
18	1,4	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	
19	*0,2	—	*2,6	—	7,4	—	—	—	5,2	—	—	*0,4	
20	1,8	—	2,2	—	9,0	—	5,8	0,2	—	0,2	*4,2	17,4	
21	0,2	—	0,8	—	21,0	1,6	—	—	—	1,2	0,2	—	
22	*2,0	*1,0	—	—	*16,4	6,4	3,6	—	10,8	—	—	—	
23	2,4	—	—	—	7,0	—	0,6	0,8	7,8	—	—	—	
24	2,8	*1,2	0,4	—	3,8	—	—	3,2	12,6	—	0,2	—	
25	1,8	2,4	*1,2	—	—	3,6	1,2	12,6	18,4	—	—	—	
26	0,2	11,8	12,2	—	*5,6	—	13,2	31,6	0,4	—	—	—	
27	—	7,6	3,8	—	6,0	—	—	—	—	9,6	*0,8	—	
28	*0,4	13,6	—	—	12,0	—	—	0,6	—	—	—	—	
29	2,2	—	*3,8	—	8,0	8,8	—	—	—	—	—	—	
30	—	—	4,6	*2,0	9,6	1,8	—	—	—	—	—	—	
31	0,2	—	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Totale mensili	23,4	48,4	36,0	52,8	186,2	74,2	58,4	135,2	165,4	72,6	9,6	20,8	
N. giorni piovosi	9	11	9	10	19	11	7	14	12	7	2	2	
Totale annuo: 883,0 mm				Giorni piovosi: 113									

Tab.15: Ultimi dati disponibili sulla piovosità mensile media a pian fiacconi

Calcolo del serbatoio di accumulo e della caldaia elettrica

Considerando i valori di utilizzo degli apparecchi con acqua calda presenti nel rifugio riportati in tabella si ottiene un consumo di 1762 l/gg di acqua calda. Considerando che l'utilizzo dell'acqua calda è per lo più concentrato ed equamente suddiviso nelle ore in cui è funzionante la cucina a mezzogiorno e alla sera, è consigliabile utilizzare un serbatoio di accumulo di acqua calda da 1000 l, questo serbatoio permette di soddisfare le due punte di domanda di acqua calda sia come richiesta puntuale che può raggiungere i 18.6 l/s come da tabella dei consumi puntuali, sia come quantità (circa 700 l in un'ora). Per rifornire il serbatoio di acqua calda si utilizzerà una caldaia elettrica in grado di produrre 221 l/h di acqua calda a 40°C.

Consumo giornaliero:

APPARECCHIO	quantità	Utilizzi gg	Consumi un utilizzo	Consumi tot apparecchio l/gg
Lavabo	16	4	11	704
Lavello cucina	3	10	11	330
Bidet	6	1	8	48
Doccia	6	2	50	600
Lavatrice	1	1	40	40
Lavastoviglie	1	4	10	40
				1762 l/gg

Consumo puntuale massimo:

APPARECCHIO	quantità	l/s	l/s
Lavabo	16	0,5	8
Lavello cucina	3	0,8	2.4

Bidet	6	0,5	3.0
Doccia	6	0,6	3.6
Lavatrice	1	0.8	0.8
Lavastoviglie	1	0.8	0.8
			18.6 l/s

Per riscaldare 1l d'acqua di 1°C occorrono 1.16 Wh

$Q \text{ l/h} = P \text{ caldaia} / (1.16 \times DT) = 9 \text{ kw} / (1.16 \times 35) = 221 \text{ l/h}$ portata acqua calda a 40°

con: 9 kw potenza caldaia elettrica

DT = differenza tra temperatura di utilizzo dell'acqua (di 40°) e temperatura in entrata dalla vasca di accumulo (di 5°)

4.4 Modello 3D





4.5 Conclusioni

Nello scorrere dei capitoli la mia tesi di laurea ha voluto testimoniare la continua evoluzione e l'adattamento dei rifugi alpini alle esigenze di chi nel tempo li ha frequentati, furono in origine veri e propri ripari di fortuna dei primi esploratori dell'ottocento, poi divennero basi di partenza per i conquistatori delle vette e dei rocciatori di tutto il novecento, fino a diventare strutture di accoglienza per un turismo sempre più diffuso e meno spartano a cui non bastavano più le stanze anguste con qualche letto, un armadio e la brocca con il catino per l'acqua. Il progetto di Pian dei Fiacconi ha voluto creare una struttura in grado di accogliere un vasto numero di utenti coniugando le esigenze di funzionalità e comfort a quelle di rispetto della natura, di autosufficienza e di sostenibilità ambientale. Al giorno d'oggi l'escursionismo e il tracking rappresentano le forme di turismo predominante in montagna e questo è stato tenuto in conto nella progettazione della dimensione delle stanze e della dotazione diffusa di servizi che non sembrerebbero quelle di un rifugio spartano ed essenziale per rocciatori e scalatori. Centrale comunque è rimasta la sala pranzo e bar delegata a grande spazio di relazione tipica di tutti i rifugi dove alpinisti di ogni età sono soliti scambiarsi avventure e esperienze di montagna. Per ottenere un rifugio autosufficiente e sostenibile ambientalmente ho cercato di massimizzare l'efficienza prestazionale dell'involucro e di dimensionare gli impianti secondo la reale utilizzazione dell'edificio ottenendo un rifugio in grado di essere perfettamente autonomo nei mesi da giugno a settembre facendo fronte a un numero importante di escursionisti. Il dubbio rimane però che nella continua ricerca di soddisfare la richiesta di un turismo di massa non si trasformino i rifugi alpini in hotel stellati d'alta quota in cui scompare il senso di frugalità, essenzialità, calore e familiarità che non ha nulla a che spartire con il wellness di un albergo valle.

