

Rifugio dell'Adamello: analisi sulle antiche strutture lignee

In occasione del restauro della struttura, costruita sulla roccia a 3.040 m, le travi della copertura originale sono state messe a disposizione della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Trento per condurre una serie di approfondite indagini sulle membrature e sul loro comportamento in fase d'esercizio

Nel quadro generale del recente, rinnovato, interesse per la conservazione, manutenzione e valorizzazione delle strutture lignee esistenti, un contributo alla ricerca nel settore è stato recentemente fornito dal Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale della Facoltà di Ingegneria di Trento, in occasione del restauro del rifugio "Ai Caduti dell'Adamello" presso la Lobbia Alta (3040 m).

La copertura originale del rifugio, giudicata inadeguata con riferimento alle Normative attuali, è stata completamente sostituita.

Le travi lignee della copertura sono state quindi messe a disposizione del Laboratorio di Prove Materiali e Strutture della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Trento: ciò ha permesso di condurre una serie di indagini molto approfondite sulle membrature nonché di effettuare una serie di considerazioni sul loro comportamento in fase di esercizio.

L'iter metodologico di studio seguito è applicabile, in genere, alle strutture lignee tradizionali; l'eccezionale contesto in cui l'edificio era inserito ha tuttavia suggerito una serie di approfondimenti specifici, in particolare per l'analisi dei carichi da neve.



Indagine storica

Il legname della copertura proviene dalle travi usate per la costruzione dell'accampamento militare conquistato dalle truppe italiane durante la Prima Guerra mondiale combattuta alle pendici del gruppo dell'Adamello (TETTO&PARETI IN LEGNO, dicembre 2005, articolo a firma arch..Giovanni Pallaver).

Successivamente al 1918 prese piede l'iniziativa di dedicare un rifugio ai caduti di quella sanguinosa guerra. Ovviamente l'inaccessibilità del luogo, posto a 3040 m, e la conseguente difficoltà nel trasporto dei materiali da costruzione portò alla conseguente decisione di riutilizzare il più possibile materiale dal vecchio accampamento.



Il rifugio dell'Adamello dopo il 1933, foto (archivio CAI di Brescia)

La costruzione dell'edificio iniziò nell'estate del 1928, su progetto del geometra Remo Segala; successivamente, di conseguenza al grande afflusso turistico, furono effettuati ampliamenti strutturali nel 1933 e nel 1945. La struttura portante dell'edificio, da tale data, è rimasta invariata fino al suo completo rifacimento avvenuto nel 2003.

Indagine Dendrocronologica

Sono stati analizzati e datati 18 campioni provenienti da altrettante travi dislocate in varie parti dell'edificio. Le specie legnose utilizzate sono abete rosso (13 travi) e larice (5 travi).

E' stato individuato l'anno dell'ultimo anello presente sui singoli cam-

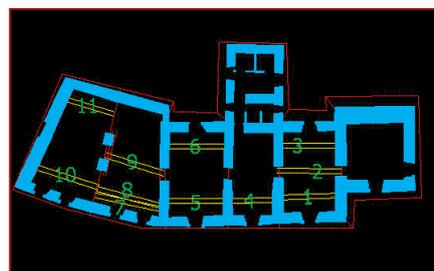
	Datazione ultimo anello	Specie	Datazione edificio
Trave 1	1888	abete rosso (Picea abies Karst.)	1928
Trave 2	1916	larice (Larix decidua Mill.)	1928
Trave 3	1879	abete rosso (Picea abies Karst.)	1928
Trave 4	1917	abete rosso (Picea abies Karst.)	1928
Trave 5	1892	abete rosso (Picea abies Karst.)	1928
Trave 6	1907	abete rosso (Picea abies Karst.)	1928
Trave 7	1916	larice (Larix decidua Mill.)	1945
Trave 8	1901	abete rosso (Picea abies Karst.)	1945
Trave 9	1910	abete rosso (Picea abies Karst.)	1945
Trave 10	1942	abete rosso (Picea abies Karst.)	1945
Trave 11	1941	larice (Larix decidua Mill.)	1945



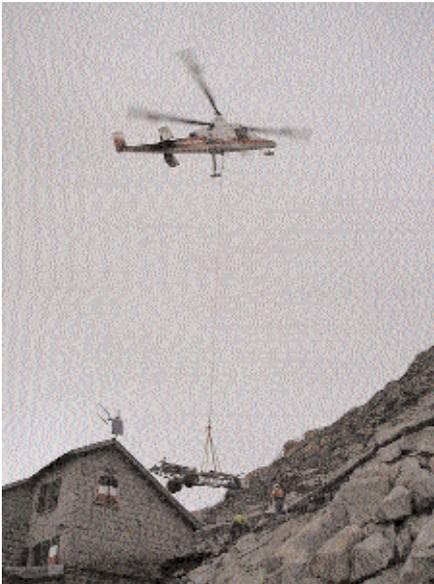
Accampamento militare alla Lobbia Alta (archivio CAI di Brescia)



In tabella datazione e specie dei campioni delle travi a confronto con la data di costruzione della parte del rifugio a cui esse appartenevano al momento dello smantellamento. Sotto: ricostruzione in autocad della posizione delle travi da analizzare



Nelle immagini i lavori di riqualificazione del rifugio con trasporto in elicottero dei materiali da costruzione (foto archivio/TRENTINO SISTEMA E PROGETTO SRL - TN)



pioni e 8 di questi risalgono agli anni che precedono il 1916 a dimostrazione del fatto che è stato utilizzato materiale presente in loco. Gli altri campioni hanno indicato con precisione i due successivi ampliamenti del 1933 e del 1945. (ndr. Maria Ivana Pezzo, Alberto Zamatteo Gerosa, *Analisi dendrocronologica di alcune travi del rifugio "Ai caduti dell'Adamello", Lobbia Alta, Trentino, Annali del Museo Civico di Rovereto, Sezione: Archeologia – Storia - Scienze Naturali, 21, 2005, pp. 153-166*). I risultati dell'analisi sono sinteticamente riportati nella tabella in pagina [...], nella quale, per ciascuna trave indicata nella ricostruzione in autocad [...], viene riportata la relativa datazione e identificazione della specie legnosa.

Analisi strutturale, geometrica e visuale

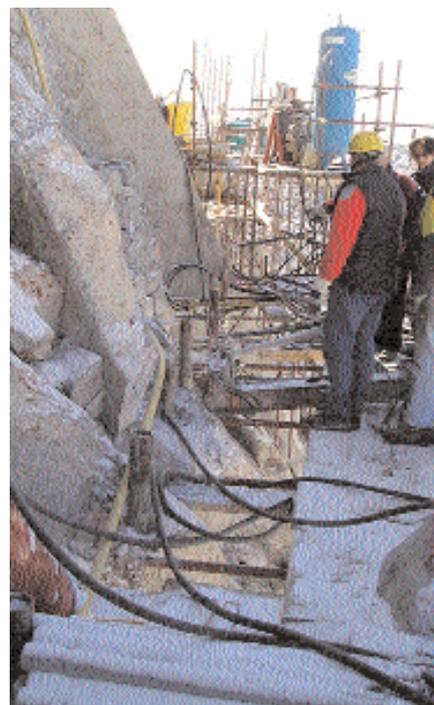
L'analisi visuale delle travi è avvenuta direttamente in laboratorio. Ci si è attenuti, comunque, alle indicazioni contenute nella norma UNI 11035-1-2 o nella norma UNI 11119 e le risultanze ottenute sono sinteticamente riportate nella tabella 1, in termini di tensioni caratteristiche per ciascuna trave (tabella sotto a destra). È immediato notare come travi giudicate "non classificabili" secondo una norma possono non esserlo nell'altra (es. per le travi 3 e 9). Per completezza di indagine e per simulare quanto potrebbe essere fatto realmente in opera, su ogni elemento ligneo sono state svolte più di 30 prove resistografiche e circa 40 battute tramite Pilodyn ottenendo risultati che denunciavano un complessivo buono stato di conservazione.

Il carico da neve

Il rifugio è situato ad una altezza di 3020 m e la mancanza di una stazione di registrazione alla Lobbia Alta ha reso necessario interpolare i dati di altezza di neve al suolo e della sua densità rilevati in due stazioni vicine (Cima Tonale 1880 e Cima Presena 2730 m) ottenendo i dati riportati nella tabella sotto.

In tal modo si è riusciti ad ottenere un valore stimato massimo di

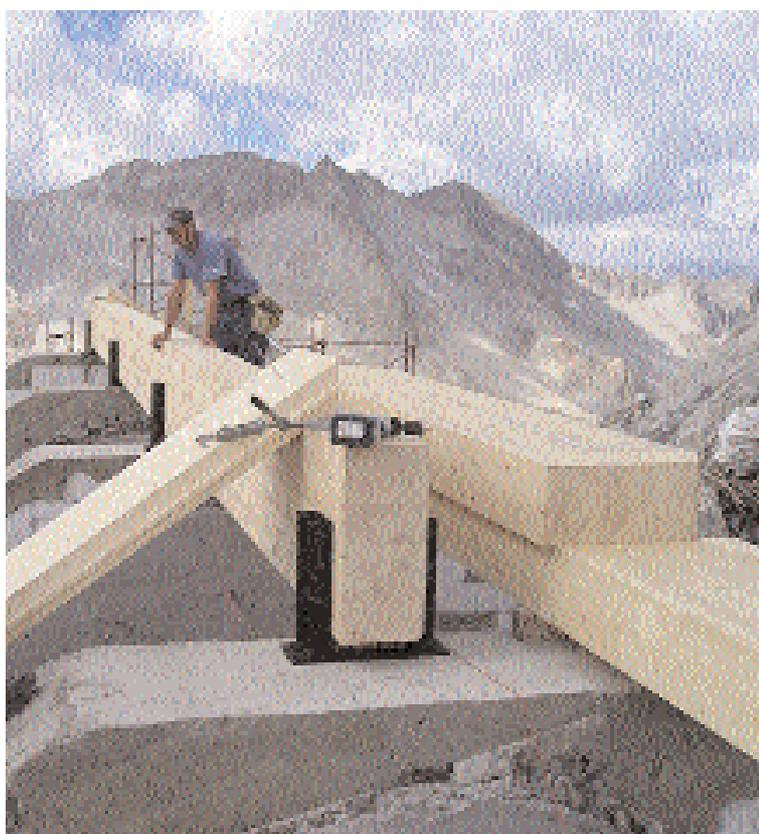
Anno	Altezza di neve al suolo (cm)	Anno	Risultato medio pesata densità (Kg/m ³)
1990	300	2004-2005	86
1991	352	2001-2002	153
1992	325	2000-2001	133
1993	345	1999-2000	131
1994	340	1998-1999	110
1995	315	1997-1998	124
1996	115	1995-1996	134
1997	268	1994-1995	168
1998	300	1993-1994	139
1999	310	1992-1993	165
2000	290	1991-1992	133
2001	485	1990-1991	119
2002	198	1989-1990	166
2003	300		
2004	324		
2005	185		

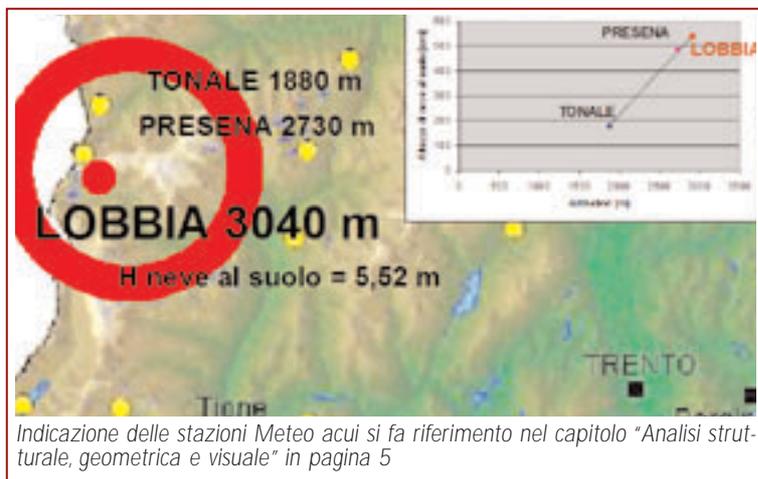


TRAVE	Tensioni caratteristiche UNI 11035 (MPa)	Tensioni caratteristiche UNI 11119 (MPa)
1	29	28
2	17	24
3	N.C.	18
4	23	24
5	N.C.	N.C.
6	23	24
7	17	18
8	29	28
9	N.C.	24
10	23	24
11	17	24

STORIA DEL RIFUGIO

Il rifugio "ai Caduti dell'Adamello" (Passo della Lobbia - TN), la cui struttura moderna ha comportato interventi ad alta quota con trasporto di materiali lignei in elicottero e dove avvenne nel 1984 lo storico incontro tra papa Wojtyła e l'allora presidente della Repubblica Sandro Pertini, annovera una lunga storia e grazie all'ingegno dell'uomo rimane pietra miliare della tradizione alpina. Ad utilizzare i baraccamenti, soggetti a restauro, furono le truppe alpine nell'estate del 1916 dopo la dipartita degli austro-ungarici. Sul pianoro di ghiaccio antistante era sorto un intero villaggio di baracche di cui oggi rimangono i resti sparsi a mucchi sul ghiacciaio, che ogni anno riemergono dal manto nevoso ormai in sempre più rapido scioglimento. Anche durante il conflitto il legno era utilizzato per la sua leggerezza nel trasporto ed adattabilità nella costruzione con tecniche ad incastro, ad elementi scomponibili, resistenti alle intemperie ed ai forti carichi di neve. Oltre ai ricoveri in quel periodo vennero costruiti magazzini, depositi per viveri e munizioni, officine di riparazione, punti di osservazione per le vedette. Le posizioni vennero allacciate fra loro da camminamenti e gallerie nella neve, dotate di trincee, piazzole d'artiglieria ed appostamenti per mitragliatrici, installazioni di riflettori e reticolati, posti di soccorso e piccole infermerie. Due anni dopo la fine della guerra, dato il notevole afflusso al rifugio, venne costruito un nuovo edificio mediante sbancamento sul sedime della caserma Giordana. Nel 1933 si rese necessario un primo ampliamento, con innalzamento del tetto, in modo da rendere abitabile la mansarda, con l'aggiunta di un'ala ad est della costruzione. Nel 1945 venne ampliata l'ala ovest, il retro dell'edificio e si consolidò il pianoro di ghiaione e roccia antistante il rifugio che franava verso valle per colpa del ritiro del ghiacciaio. Il suo progressivo e costante decrescere determinò sempre maggiori problemi di stabilità, in quanto lo strato superficiale di roccia frantumata, non più legata dal gelo e nemmeno bloccata al piede dalla pressione del ghiaccio sul fianco della montagna, iniziava un inesorabile scivolamento a valle. Nel 1966 si decise per la costruzione di due speroni in calcestruzzo armato, ma il pendio non trovava un suo equilibrio e sulla muratura di facciata del rifugio si manifestarono preoccupanti fessurazioni. Questa venne ancorata a monte con tiranti in ferro che avevano il compito di fermare il movimento a valle. Negli anni '90 il rifugio subì ripetute chiusure per inagibilità e si decise il consolidamento "geostatico" del versante montuoso. Dopo la nascita della "Fondazione Caduti dell'Adamello" (CAI di Brescia, Provincia di Trento, Comune e Provincia di Brescia, Associazioni degli alpini di Trento e Brescia), il cui intento era consolidare, ristrutturare, rendere agibile e a norma la storica struttura, nel 2002/2003 vengono eseguiti i rilievi e quindi concretizzato ed approvato il progetto. La struttura moderna ultimata è stata inaugurata nel settembre del 2005.





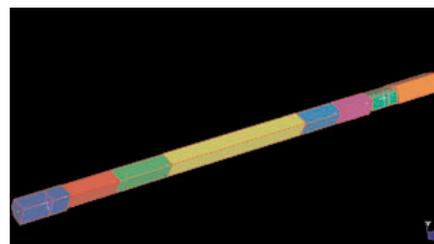
5,52 m di altezza di neve al suolo per il passo alla Lobia Alta ed i seguenti valori di densità della neve al suolo:

_max = 178 kg/m³
 _medio = 145 kg/m³

Per analizzare lo stato di sollecitazione nelle singole travi ci si è avvalsi di un semplice modello matematico con elementi di tipo "trave", tarato però sulla singola trave con i dati ricavati dall'analisi geometrica (sezioni lungo l'asse della trave) e le prove meccaniche in campo elastico. Si è quindi visto che i carichi così determinati avrebbero comportato su ciascuna trave valori di tensione circa 8 - 10 volte superiori a quelli che ciascun elemento poteva sostenere in campo elastico. Si sono quindi svolte le prove meccaniche a rottura riproducendo in maniera accurata la situazione geometrica originale in opera (in particolare il numero e la posizione delle strutture secondarie in appoggio sulle travi principali sotto indagine), superando non poche difficoltà legate soprattutto alla irregolarità geometrica delle travi stesse.

Si commentano, nel seguito, solo le risultanze relative a tre travi in quanto abbastanza singolari o per entità dei carichi che doveva sopportare in opera (trave 10), o per forti irregolarità di sezione tali da renderla "non classificabile" secondo le normative citate (trave 5), o per essere stata quella meglio classificata inizialmente (trave 1). Nella tabella riportata sotto sono riassunti i valori ottenuti dalle prove distruttive paragonati a quelli stimati tramite l'analisi visuale. Si osserva che la trave 1 ha mostrato il peggiore risultato a causa di una rottura innescata da un nodo morto sotto superficie e non rilevabile con il semplice esame visivo. La trave 10 ha mostrato invece una buona corrispondenza tra il carico previsto a rottura e quello corrispondente al reale collasso. La trave 5, giudicata non classificabile, ha mostrato i migliori risultati in termini di resistenza.

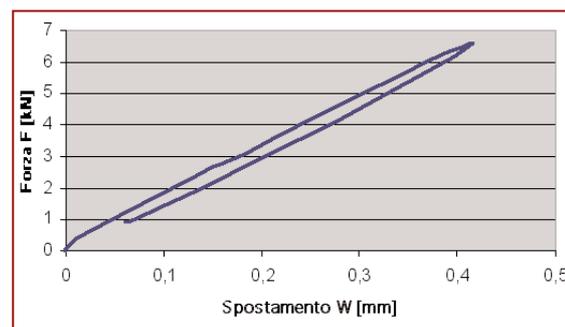
Tensioni massime a trazione ricavate dalle prove a rottura a confronto con le tensioni caratteristiche previste durante l'analisi visuale				
Travi	Tensioni massime sopportabili		Tensioni caratteristiche analisi visuale	
1	19,3	MPa	29	MPa
5	39	MPa	N.C.	MPa
10	35	MPa	23	MPa



Esempio di trave costituita da 8 elementi beam di sezione diversa uniti in un'unica trave (Straus7 ©)



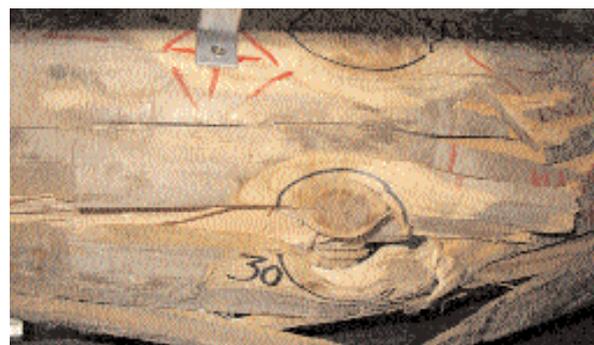
Esempio di prova elastica su trave circolare

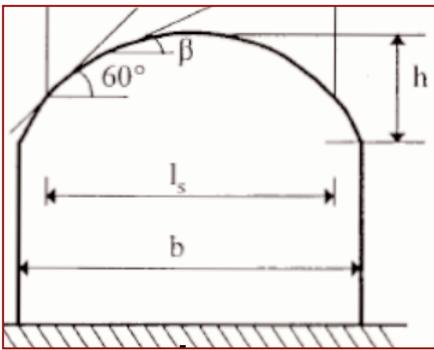


esempio di diagramma forza-deformazione in campo elastico



Rottura delle travi 1,5 e 10

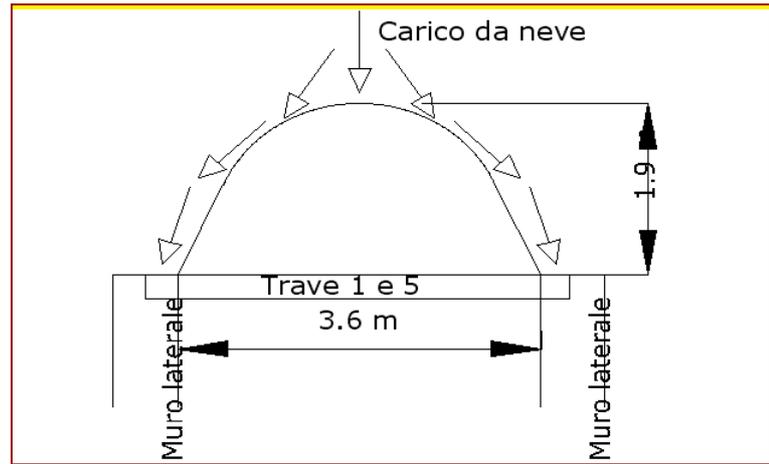




Alla luce dei risultati ottenuti, era quindi necessario capire come i carichi da neve potevano essere sopportati dalla copertura del rifugio, dato che sarebbero risultati assolutamente non sopportabili dalle travi nella configurazione geometrica originale: fissando infatti il carico permanente effettivo ad un valore di circa 1 kN/m^2 , il carico da neve massimo sopportabile dalle travi 1, 5 e 10, visti i risultati delle prove a rottura, non poteva superare il valore di circa $1,9 \text{ kN/m}^2$. Per spiegare tale contraddizione si possono avanzare due ipotesi:

- 1) il cosiddetto "effetto arco", che la massa nevosa può instaurare grazie a tensioni intergranulari;
- 2) l'intensità del vento che, in tale zona e a tale altitudine, tocca velocità prossime ai 180 km/h .

Comunque, assumendo una densità di neve di 178 kg/m^3 , l'altezza



Nei disegni sopra: figura del testo Unico pa.3.5.8.1 sui carichi delle coperture circolari, oltre i 60° il coefficiente di forma del calcolo da neve è nullo; Schema di carico 2 unendo una semicirconferenza ad una linea di pendenza di 60°



massima di neve sopportabile dalle travi studiate era prossima a 1 m (=1,9/1,78). Nel caso delle travi 1 e 5, avvalendosi del cosiddetto "effetto ad arco" e ipotizzando lo scivolamento della neve con angoli superiori a 60°, si potrebbe aumentare l'altezza massima della neve fino al valore di 1,9 m (schemi riportati nella pagina precedente). Dai risultati ottenuti e qui sinteticamente riportati, si può notare come la metodologia di classificazione "a vista" debba essere attentamente e criticamente valutata quale mezzo di classificazione per le travi in opera: questo, per certi versi, è messo anche in evidenza nella norma UNI 11119.

Un'altra considerazione di una certa importanza deve essere fatta a riguardo dei carichi da neve. Le normative a disposizione del Progettista (il D.M. 16/01/96, in primis, con valori riportati non molto differenti nel Testo Unico "Norme Tecniche per le costruzioni" del 2005) permettono di calcolare l'altezza di neve al suolo per siti fino a 1500 m di altezza, lasciando quindi al Progettista il compito di svolgere indagini specifiche per altitudini maggiori.

Si è visto come queste indagini siano fondamentali: attraverso i dati storici ricavati, le azioni sono risultate effettivamente inferiori a quelle che si sarebbero ottenute per semplice estrapolazione del diagramma di cui al D.M. 16/01/96 o al D.P. della Provincia di Bolzano del 2003. In particolare, adottando questo ultimo in quanto più realistico, si sarebbe ottenuto un carico da neve pari a circa 18 kN/m², a fronte di un valore reale massimo negli ultimi 20 anni pari a circa 9,7 kN/m². A ciò si aggiunga il fatto che le prove di rottura cui sono state sottoposte le travi hanno dimostrato che l'azione massima da loro sopportabile corrispondeva ad un carico di circa 1,9 kN/m² valore quindi non superato negli 85 anni di permanenza sulla copertura del rifugio "Ai Caduti dell'Adamello".

A fronte di tale evidenza sperimentale, è bene precisare che il dato è significativo non tanto come valore massimo da assumere semplicemente in sede di progettazione (in quanto altre considerazioni sulla sicurezza dovrebbero essere comunque tenute presenti), quanto come contributo ad una attenta riflessione sui valori dei carichi da neve proposti da normativa nelle regioni alpine (in particolare per siti oltre 750 m di quota) e sulla responsabilità del progettista nella assunzione del valore di progetto per siti oltre 1500 m.

ing. Maurizio Piazza^(*)

ing. Alberto Zamatteo Gerosa^(*)

dr.ssa Maria Ivana Pezzo^(*)

^{*)} Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Trento

Note

Gli Autori ringraziano il Presidente della Provincia Autonoma di Trento, dr. Lorenzo Dellai, in quanto Presidente della Fondazione "Rifugio ai caduti dell'Adamello", e in particolare il Dirigente dr. Dino Leonesi, per aver dato la possibilità di usufruire delle travi del rifugio come materiale di studio, concedendo di accedere al medesimo prima dello smantellamento della copertura.

Si ringrazia inoltre lo studio tecnico TRENTINO SISTEMA E PORGETTO SRL (TN) e, in particolare, l'architetto Giovanni Pallaver per le immagini relative all'intervento di consolidamento, ristrutturazione e ampliamento della struttura (pallaver@tsp.tn.it)

