

D3.1: Panoramica del parco edilizio della Provincia di Bolzano con focus su edifici esistenti e storici

V1 – M12

FESR 1036 – InRenova

Autori: Lara Briz, Marco Larcher



Content

Il progetto InRenova	4
Introduzione	5
1 Analisi del Parco Edilizio Esistente a Livello Nazionale e Provinciale	6
1.1 Analisi Statistica	6
1.2 Sintesi di Studi Precedenti	13
2 Metodologia della ricerca.....	19
2.1 Cenni Storici sui Periodi di Costruzione	19
2.2 Principali Tipologie Edilizie in Alto Adige	23
2.3 Principali Materiali Utilizzati nella Costruzione	25
2.3.1 La pietra.....	25
2.3.2 Il legno	28
2.3.3 Il mattone	30
2.3.4 Il calcestruzzo e il calcestruzzo armato	32
2.3.5 Intonaci e Malte	32
2.4 Principali Metodi Costruttivi Utilizzati nella Costruzione	33
2.4.1 Muratura in Pietra	34
2.4.2 Muratura in Legno.....	35
2.4.3 Muratura in Mattoni	38
2.4.4 Muratura in Calcestruzzo	39
2.4.5 Struttura a pannelli portanti	40
3 Schede di tipologie costruttive edilizie per periodo di costruzione in Alto Adige	41
4 Conclusioni	47
5 Riferimenti bibliografici.....	48

Acknowledgement

Il progetto InRenova è finanziato dal Programma FESR 2021-2027 “Investimenti a favore dell’occupazione e della crescita”, Autorità di Gestione - Provincia Autonoma Bolzano - Alto Adige, codice progetto EFRE1036 – InRenova, CUPD53C23003110007.

Disclaimer

Il presente documento riflette il solo punto di vista degli autori e non quello della Commissione Europea e/o dell’Autorità di Gestione Provincia Autonoma di Bolzano - Programma FESR 2021-2027. Il lavoro qui presentato si basa su ipotesi elaborate in fase progettuale e durante la realizzazione del progetto. I membri del partenariato InRenova non si assumono alcuna responsabilità per perdite o danni subiti da terzi a causa di errori o imprecisioni in tali dati. Le informazioni contenute nel presente documento sono fornite per un uso finale e non viene fornita alcuna garanzia che tali informazioni siano adatte a scopi specifici diversi da quelli di InRenova. I soggetti interessati utilizzano tali informazioni a loro esclusivo rischio e pericolo e né la Commissione Europea, né l’Autorità di Gestione Provincia Autonoma di Bolzano, Programma FESR 2021-2027, né alcun membro del partenariato InRenova è responsabile per l’uso che possa esserne fatto di tali informazioni.

Il progetto InRenova

La strategia europea “Renovation Wave” mira a raddoppiare il tasso di ristrutturazione annuale degli edifici entro il 2030. Tuttavia, i risultati attuali sono inferiori agli ambiziosi obiettivi europei, rendendo necessarie strategie per stimolare ristrutturazioni energetiche di alta qualità.

Il progetto InRenova aspira a migliorare i processi di progettazione per la riqualificazione energetica di edifici e centri storici esistenti attraverso soluzioni innovative per l'isolamento interno. Saranno sviluppati due processi innovativi: uno rivolto alle imprese per la caratterizzazione delle prestazioni di materiali e prodotti per l'isolamento interno, e un altro rivolto ai progettisti per la valutazione delle soluzioni progettuali per l'isolamento interno.

Questi processi innovativi si baseranno su misure di laboratorio avanzate delle proprietà igrotermiche dei materiali da costruzione e sull'uso di software igrotermici in regime dinamico.

InRenova si concentrerà sull'identificazione delle barriere che limitano l'adozione di soluzioni innovative per l'isolamento interno e cercherà di superarle attraverso una strategia di comunicazione mirata a sensibilizzare gli operatori del settore edilizio e attraverso linee guida e documenti tecnici a supporto dell'implementazione di tali sistemi di isolamento.

Introduzione

La variabilità del patrimonio edilizio è un fattore cruciale da considerare negli interventi di risanamento, soprattutto quando si opta per l'isolamento interno. Questa soluzione, pur essendo indispensabile per ridurre le dispersioni termiche laddove l'isolamento esterno non sia praticabile, richiede una profonda conoscenza del comportamento igrotermico delle pareti. Una mancata comprensione di tali aspetti può comportare problematiche significative, come la condensazione interstiziale e danni correlati all'umidità.

Il risanamento su larga scala, economicamente accessibile e di alta qualità del patrimonio edilizio esistente rappresenta una sfida fondamentale per la transizione energetica nel settore delle costruzioni. Tuttavia, nel caso degli edifici esistenti, questa sfida è resa più complessa dalla conoscenza limitata delle proprietà dei materiali tradizionali e delle tecniche costruttive originali. Questo aspetto è particolarmente rilevante in Italia, dove la diversificazione morfologica degli edifici esistenti rende più complesso l'approccio a tali interventi rispetto ad altri Paesi europei, caratterizzati da una maggiore omogeneità delle facciate.

In Alto Adige, la situazione è ulteriormente complicata dall'esistenza di un ricco patrimonio edilizio storico precedente all'industrializzazione. Di questo patrimonio si conosce poco in termini di comportamento igrotermico delle pareti, con un'eterogeneità che si manifesta non solo tra diverse tipologie edilizie, ma anche tra edifici della stessa tipologia realizzati con materiali locali raccolti in aree geograficamente diverse.

Questo deliverable presenta un'analisi approfondita del patrimonio edilizio della provincia di Bolzano, con un focus sulle tecniche costruttive e sui materiali utilizzati per le pareti che compongono l'involucro esterno degli edifici. L'analisi ha permesso di individuare le tipologie costruttive più diffuse, con particolare attenzione a quelle che potrebbero essere oggetto di interventi di riqualificazione energetica, in quanto realizzate prima dell'introduzione di normative specifiche sui consumi energetici.

Il presente documento è suddiviso in tre sezioni principali. Nella prima parte viene presentata un'analisi del parco edilizio della provincia di Bolzano, basata su uno studio statistico delle costruzioni esistenti e sull'analisi di progetti precedenti che hanno approfondito il patrimonio edilizio altoatesino. Successivamente, viene sviluppata la parte centrale del documento, nella quale si approfondisce l'analisi del patrimonio edilizio della provincia di Bolzano considerando quattro aspetti principali: il periodo di costruzione, la tipologia edilizia, i principali materiali da costruzione e le tecniche costruttive più diffuse. Infine, nella sezione conclusiva, i risultati principali vengono sintetizzati attraverso l'elaborazione di schede descrittive che illustrano le principali tipologie costruttive in relazione al periodo di costruzione nella provincia di Bolzano.

Le informazioni raccolte in questo documento costituiscono una base essenziale per la selezione dei materiali da analizzare nell'ambito del Task 3.2 del progetto. Inoltre, l'identificazione dei dettagli costruttivi tipici sarà utilizzata come riferimento per valutare i benefici dell'isolamento interno, validare gli abachi e realizzare un catalogo dettagliato dei nodi costruttivi.

1 Analisi del Parco Edilizio Esistente a Livello Nazionale e Provinciale

L'analisi del patrimonio edilizio della Provincia Autonoma di Bolzano è stata inizialmente supportata da dati statistici relativi alla distribuzione degli edifici residenziali, al numero di appartamenti suddivisi per epoca di costruzione, alle tipologie costruttive predominanti e ad altri parametri chiave. Le informazioni sono state raccolte da fonti statistiche autorevoli, principalmente l'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT, rapporti dai censimenti del 2001 e 2011) e l'Istituto Provinciale di Statistica (ASTAT). Successivamente, l'analisi è stata arricchita da uno studio delle ricerche precedenti sulle tipologie costruttive del patrimonio edilizio provinciale.

1.1 Analisi Statistica

Numero di edifici ed epoca di costruzione

Secondo i dati ISTAT, il patrimonio edilizio in Alto Adige conta complessivamente **91.341 unità**, di cui **85.644 edifici residenziali** (circa il 94%), una percentuale significativamente superiore alla media nazionale dell'84%. Circa la metà degli edifici residenziali in Alto Adige, il 49%, è stata costruita nel periodo del dopoguerra fino al 1990, il 18% prima del 1919, il 27% dopo il 1990, e solo il 6% tra il 1919 e il 1945 (Figura 1).

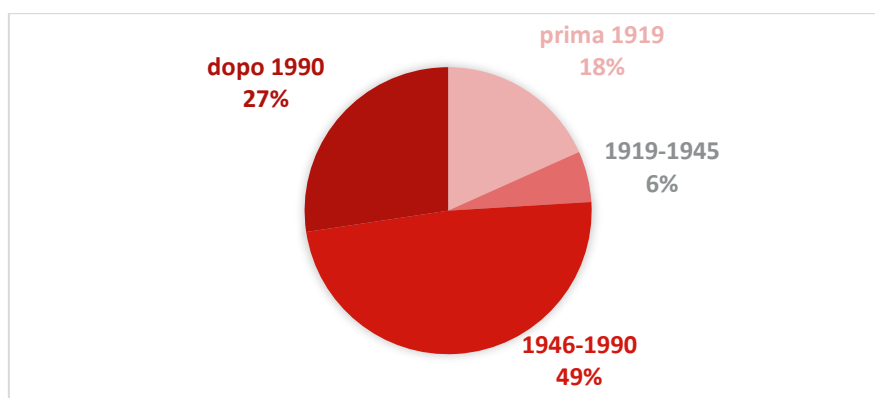


Figura 1. Elaborazione dati ISTAT. Edifici residenziali per epoca di costruzione in Alto Adige (dati censimento 2011)

Circa il 24% degli edifici esistenti, quasi un quarto del totale, è considerato patrimonio storico, essendo stato costruito prima del 1945. La maggioranza, il 73%, è stata costruita prima del 1990. Secondo i dati del **EU Building Stock Observatory** (BPIE, 2017), gli edifici costruiti prima del 1990, che rappresentano il 75% del patrimonio edilizio europeo, presentano prestazioni termiche insufficienti, con valori di trasmittanza termica (U-value) compresi tra 2 e 1,44 W/m²K.

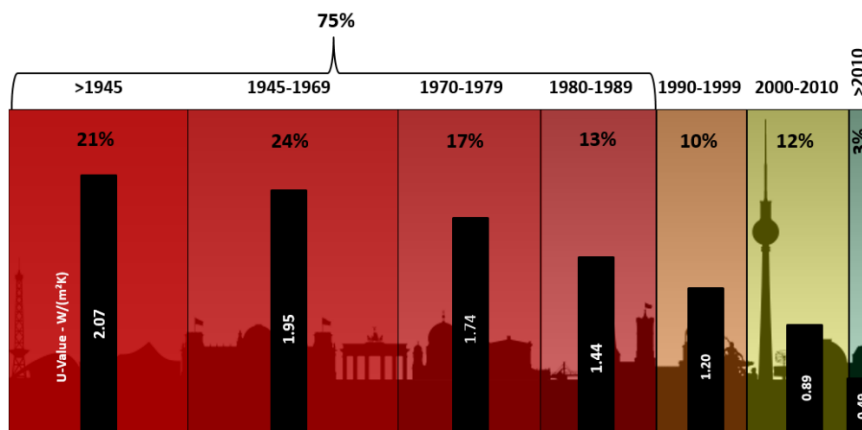


Figura 2. Età del patrimonio edilizio dell'UE e corrispondente valore medio di trasmittanza U per gli involucri edilizi. Fonte: EU Building Stock Observatory in (BPIE, 2017)

Numero di piani fuori terra, abitazioni e usi

I dati del censimento 2011 mostrano che la maggior parte degli edifici residenziali in Alto Adige ha **due o tre piani fuori terra** (Figura 3).

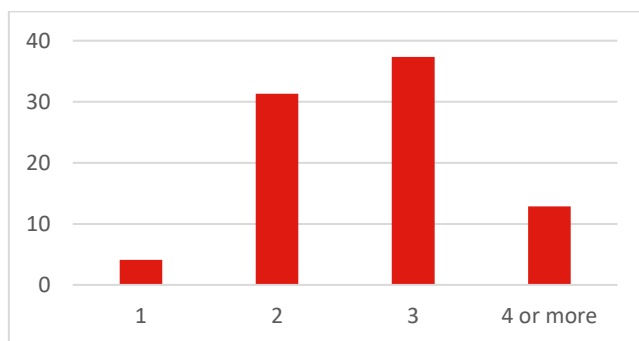


Figura 3. Elaborazione dati ISTAT. Edifici residenziali per numero di piani fuori terra in Alto Adige (dati censimento 2011)

Questi edifici di bassa altezza ospitano prevalentemente una sola unità abitativa, e in misura minore due (Figura 4). Negli edifici a tre piani si osserva una maggiore variabilità nel numero di unità abitative, anche se una percentuale significativa rimane costituita da edifici con una sola abitazione. Solo gli edifici con quattro o più piani includono un numero rilevante di unità abitative, spesso superiori a nove, con una percentuale significativa che arriva a ospitarne 16 o più.

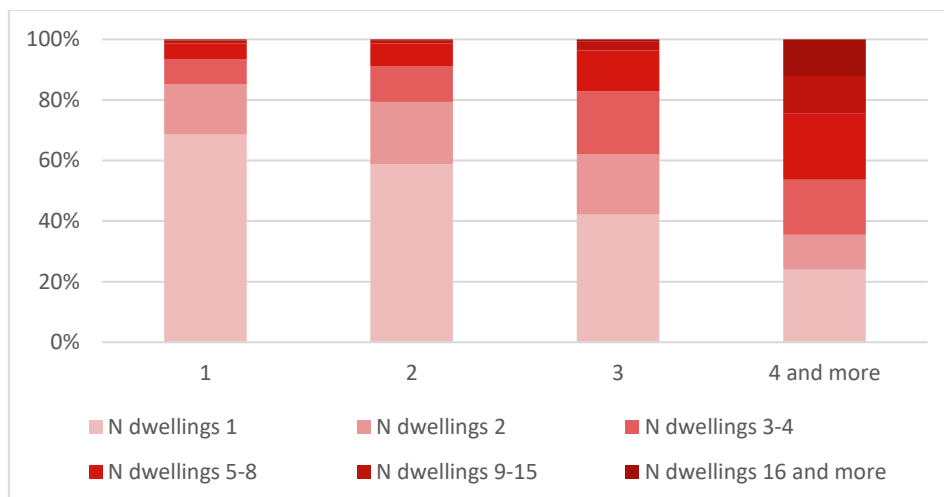


Figura 4. Elaborazione dati ISTAT. Edifici ad uso abitativo per numero di piani fuori terra e numero di interni in Alto Adige (dati censimento 2011)

Come illustrato nella **Figura 5**, questi grandi complessi residenziali (composti da 16 o più unità abitative) sono stati realizzati prevalentemente nei decenni successivi alla Seconda Guerra Mondiale, in particolare negli anni '50, '60 e '70.

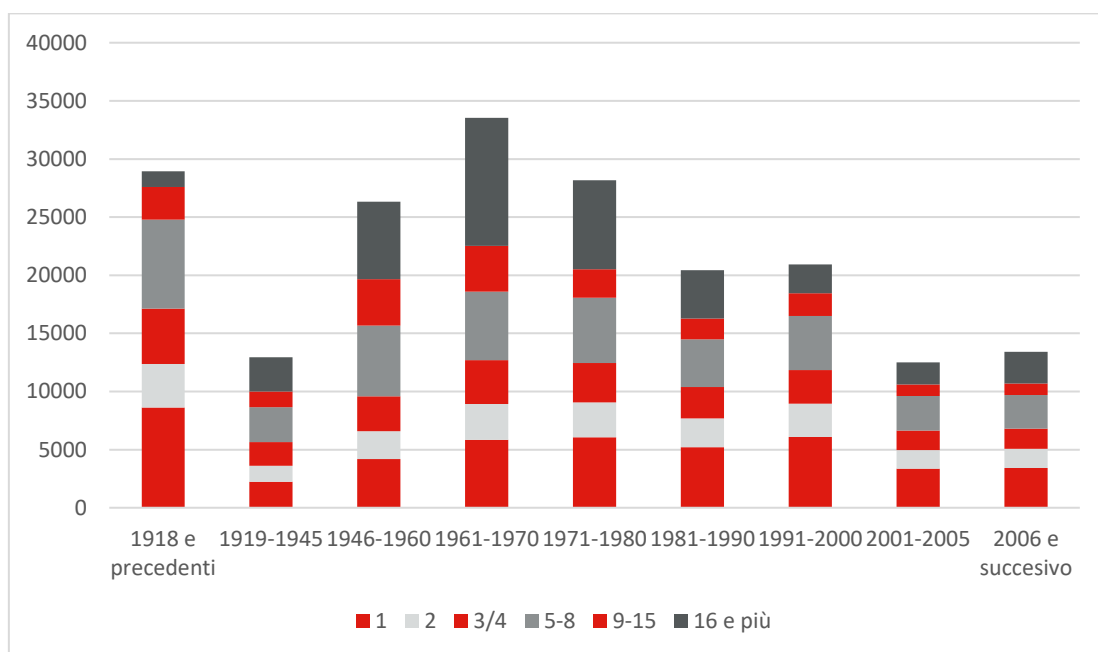


Figura 5. Elaborazione dati ISTAT. Numero di abitazioni in edifici residenziali per epoca di costruzione in Alto Adige (dati censimento 2011)

Ciò implica che la maggior parte delle abitazioni residenziali in Alto Adige, inclusi i grandi blocchi di appartamenti, è antecedente all'introduzione della prima legge sul risparmio energetico, la Legge n. 373 del 1976.

Principali Tipologie Costruttive

Per quanto riguarda le principali tipologie costruttive del patrimonio edilizio residenziale in Alto Adige, il 15° censimento della popolazione e delle abitazioni del 2011 le suddivide in tre categorie principali (**Figura 6**): **muratura portante**, **calcestruzzo armato** e **sistemi diversi da muratura portante e calcestruzzo armato**.

La **muratura portante** è stata la tipologia costruttiva predominante fino agli anni 2000. Prima del 1919, l'uso del **calcestruzzo armato** era pressoché assente nell'edilizia residenziale. Tra il 1919 e il 1945, la muratura portante dominava nettamente rispetto al calcestruzzo armato, anche se questa predominanza si è ridotta progressivamente nei decenni successivi.

A partire dagli anni 2000, la percentuale di edifici costruiti in **calcestruzzo armato** ha superato quella degli edifici in muratura portante, segnando un cambio significativo nelle tecniche edilizie adottate.

Un fenomeno rilevante, evidenziato nella **Figura 6**, è il **boom edilizio degli anni '70 e '80**, che ha interessato non solo l'Alto Adige, ma anche il resto del territorio nazionale, con un aumento significativo del numero di costruzioni in entrambi i sistemi costruttivi principali.

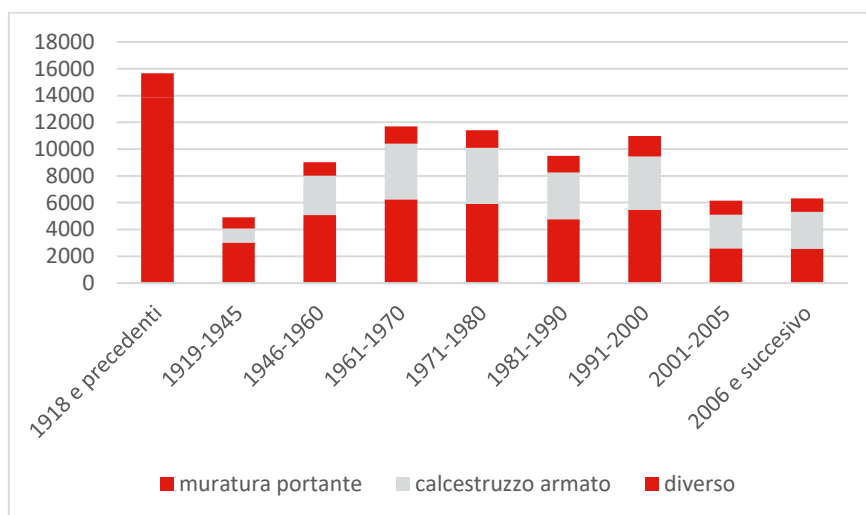


Figura 6. Elaborazione dati ISTAT. Edifici residenziali per tipologia costruttiva e epoca di costruzione in Alto Adige (dati censimento 2011)

Un aspetto peculiare riguarda gli edifici appartenenti alla terza categoria, cioè quelli realizzati con **sistemi costruttivi diversi**. L'Alto Adige, insieme ad altre province del Nord Italia, presenta una quota significativa di edifici di questo tipo, dovuta principalmente alla diffusione di strutture in legno nelle aree montane.

Fino al 1945, l'Alto Adige figurava tra le province italiane con la più alta percentuale di edifici costruiti con sistemi alternativi (**Figura 7**). Tuttavia, al momento del censimento del 2011, la diffusione crescente degli edifici in calcestruzzo armato ha comportato un calo significativo della posizione dell'Alto Adige in questa particolare classifica (**Figura 8**).

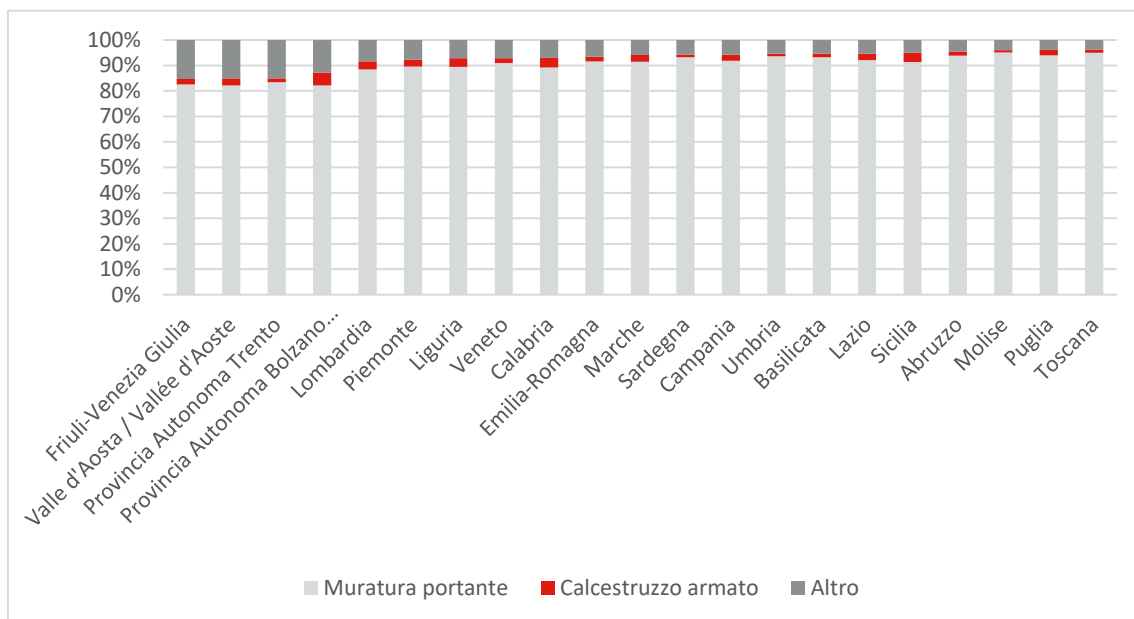


Figura 7. Elaborazione dati ISTAT. Edifici residenziali per tipologia costruttiva fino a 1945 (dati censimento 2011)

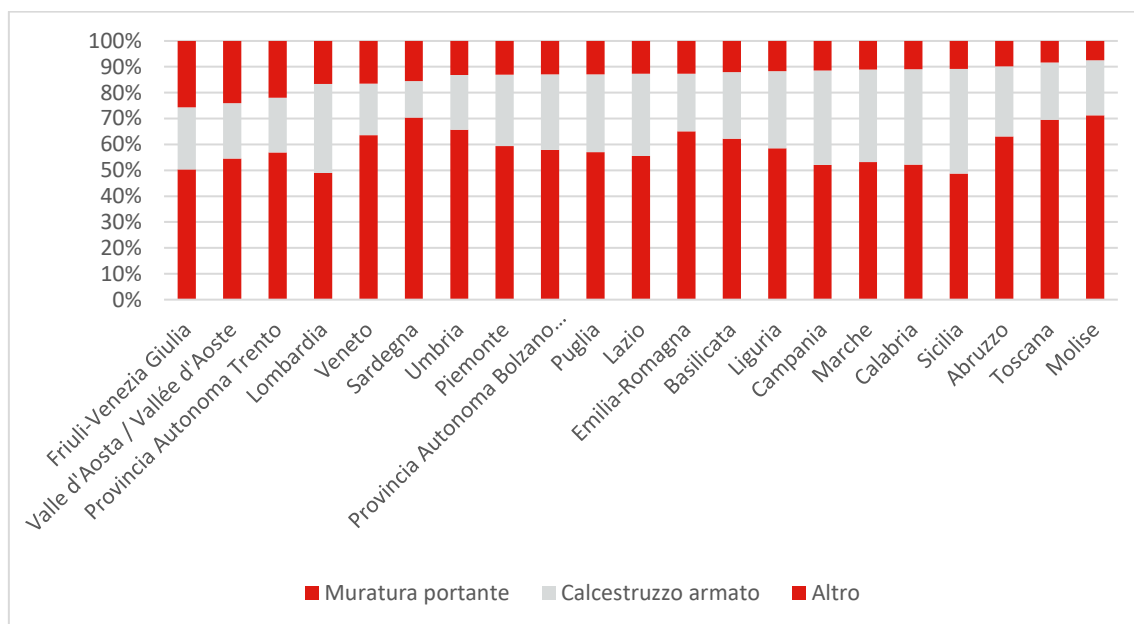


Figura 8. Elaborazione dati ISTAT. Edifici residenziali per tipologia costruttiva fino a 2011 (dati censimento 2011)

Conservazione e Recupero

Secondo i dati ISTAT, gli edifici residenziali in **peggior stato di conservazione** sono principalmente quelli costruiti prima del 1990. Gli edifici realizzati **dopo il 1990** presentano una situazione nettamente migliore, con circa l'80% classificato in stato di conservazione "ottimo". Per gli edifici costruiti tra il **1946 e il 1990**, tale percentuale scende al 25%, mentre negli edifici **pre-1945** non supera il 20%.

Gli edifici costruiti prima del 1990 mostrano inoltre una maggiore incidenza di stati di conservazione **mediocre** (circa il 10%) e **peggiori**, con una concentrazione più alta negli immobili costruiti prima del 1945. Tra questi ultimi, circa l'1,5% si trova in condizioni pessime (**Figura 9**).

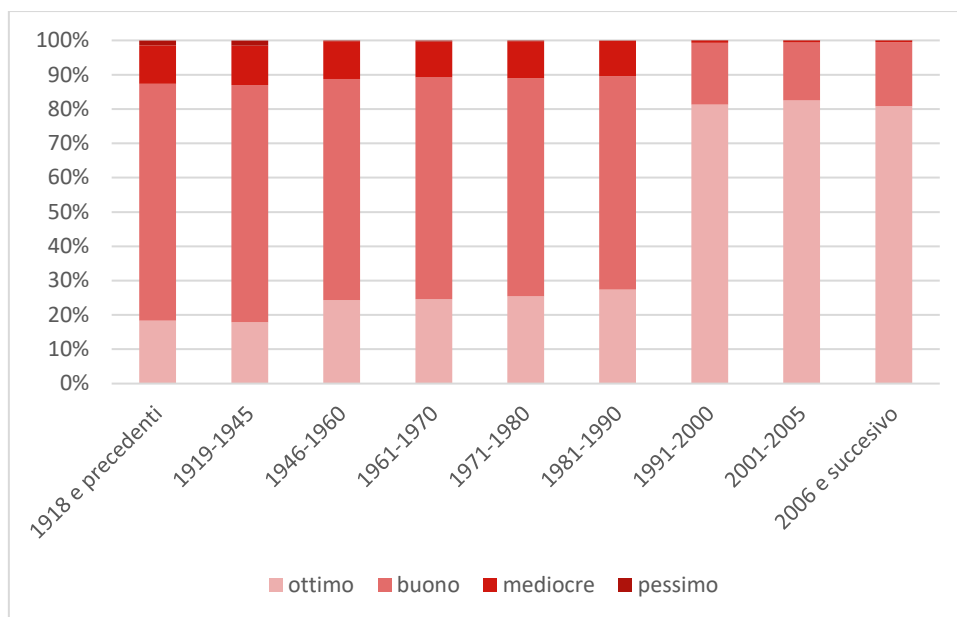


Figura 9. Elaborazione dati ISTAT. Edifici residenziali per stato di conservazione ed epoca di costruzione in Alto Adige (dati censimento 2011)

Analizzando la distribuzione degli interventi di recupero in funzione dello stato di conservazione e dell'epoca di costruzione (**Figura 10 e 11**), emergono alcune tendenze significative:

- Solo il **17,5% degli interventi di recupero** riguarda edifici molto antichi, costruiti **prima del 1919**, benché essi rappresentino il 27% del totale degli edifici in peggiori condizioni (pessimo o mediocre).
- Gli edifici costruiti tra il **1919 e il 1945** ricevono l'**11,3% degli interventi**, una percentuale leggermente superiore alla loro incidenza sugli edifici in condizioni pessime o mediocri (pari al 9%).
- La quota maggiore di interventi, pari al **40,6%**, si concentra sugli edifici realizzati tra il **1946 e il 1971**, nonostante solo il 31% di questa categoria si trovi in cattivo stato di conservazione.
- Le costruzioni più recenti, dagli anni **'70 ad oggi**, rappresentano rispettivamente il **17,2%** e il **13,5%** degli interventi, valori proporzionati alla quota di edifici di questi periodi in condizioni peggiori.

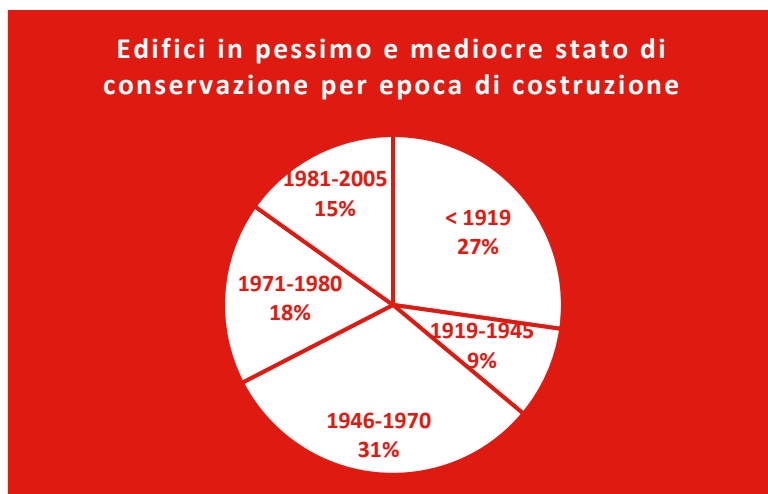


Figura 10. Elaborazione dati ISTAT. Edifici in pessimo e mediocre stato di conservazione per epoca di costruzione (dati censimento 2011)

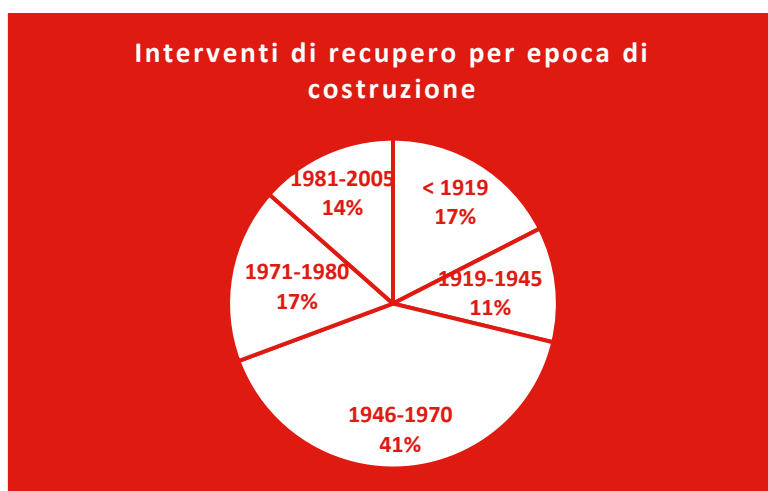


Figura 11. Elaborazione dati ISTAT. Interventi di recupero per epoca di costruzione (dati censimento 2011)

Conclusioni dell'analisi statistica

Dalla precedente analisi statistica si possono trarre alcune conclusioni:

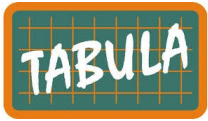
- **Prevalenza di edifici datati e basse prestazioni energetiche:** La maggior parte degli edifici residenziali in Alto Adige è stata costruita prima del 1990, in un contesto normativo poco orientato all'efficienza energetica. Questo aspetto si traduce in prestazioni energetiche mediamente basse, con trasmittanze termiche (U-value) che non soddisfano gli standard attuali, soprattutto negli edifici realizzati prima dell'introduzione della Legge 373/1976.
- **Caratteristiche tipologiche:** Gli edifici di piccole dimensioni (2 o 3 piani) costituiscono la tipologia predominante, riflettendo il carattere rurale e decentralizzato della provincia. Tuttavia, nei centri urbani si osserva la presenza di complessi più grandi (oltre 4 piani), costruiti prevalentemente nei decenni del boom economico del dopoguerra.

- **Tecniche costruttive tradizionali:** L'Alto Adige si distingue per l'elevata percentuale di edifici in legno tra quelli costruiti prima del 1945, a testimonianza di una tradizione costruttiva legata alle risorse locali e alle esigenze climatiche della regione.
- **Conservazione del patrimonio edilizio storico:** Come prevedibile, gli edifici costruiti prima del 1919 presentano condizioni di conservazione mediamente peggiori rispetto a quelli più recenti. Nonostante ciò, gli interventi di recupero si concentrano maggiormente sugli edifici costruiti tra il 1946 e il 1971, lasciando in secondo piano gli edifici storici. Questo fenomeno evidenzia la necessità di una maggiore attenzione verso il recupero del patrimonio storico, spesso trascurato a causa di costi elevati o complessità tecniche.

1.2 Sintesi di Studi Precedenti

Lo studio sistematico delle caratteristiche costruttive del patrimonio edilizio in Alto Adige rappresenta un ambito ancora poco esplorato. Tuttavia, sono disponibili alcune analisi che affrontano, con livelli di approfondimento diversi, il parco edilizio sia a livello nazionale sia, più concretamente, a livello provinciale.

Di seguito si riportano i principali studi consultati, suddivisi per ambito geografico di riferimento.

A LIVELLO EUROPEO:	
	Titolo: TABULA. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana
	Data: 2014
	Autori: Vincenzo Corrado, Ilaria Ballarini, Stefano Paolo Corgnati
Organismi: Politecnico di Torino – Dipartimento Energia Gruppo di Ricerca TEBE	
Descrizione e contenuti utili per InRenova: Il progetto <i>Typology Approach for Building Stock Energy Assessment</i> (TABULA) è un'iniziativa triennale (2009–2012) promossa dal programma europeo Intelligent Energy Europe (IEE). Il progetto ha sviluppato una struttura armonizzata delle "tipologie edilizie europee" per stimare la domanda energetica del patrimonio edilizio residenziale nazionale. In Italia, lo studio si è concentrato sulla zona climatica E (Italia settentrionale), classificando gli edifici in quattro tipologie principali: • Case monofamiliari: unità isolate o confinanti, sviluppate su uno o due piani. • Case a schiera: unità confinanti organizzate in complessi lineari. • Edifici multifamiliari: edifici con 2-5 piani, fino a 20 appartamenti. • Blocchi di appartamenti: edifici di grandi dimensioni con numerose unità abitative. Le tipologie sono state suddivise per epoca di costruzione, considerando materiali, tecniche e impianti ricorrenti. Per ogni tipologia è stato individuato un edificio di riferimento, reale o ideale, per il quale sono state calcolate le prestazioni energetiche secondo le norme UNI/TS 11300, valutando anche possibili interventi di riqualificazione energetica.	

	Titolo: RIBuild D1.1: Report on historical building types and combinations of structural solutions
	Data: 2019
	Autori: Andra Blumberga (RTU), Dagnija Blumberga (RTU), Edite Kamendere (RTU), Agris Kamenders (RTU), Kristaps Kass (RTU), Reinis Purvins (RTU), Gatis Zogla (RTU)
Organismi: AAU, RTU, TUD, KUL, UNIVPM, DTU, SP, HES-SO	
Descrizione e contenuti utili per InRenova: condividendo alcune similitudini con InRenova ma operando su scala europea e con un focus esclusivo sugli edifici storici, il progetto RIBuild aveva l'obiettivo di sviluppare competenze e fornire linee guida per ottimizzare la progettazione e l'installazione dell'isolamento termico interno negli edifici storici dell'Unione Europea. Nella fase iniziale, il progetto ha approfondito la conoscenza degli elementi strutturali più comuni nelle pareti esterne degli edifici storici dei paesi che hanno preso parte al progetto, tra cui l'Italia, analizzandone le proprietà fisiche, i principali sintomi di deterioramento dell'involucro edilizio e le loro possibili cause nei contesti edilizi dei paesi partecipanti al progetto, tra cui l'Italia. L'analisi si è limitata a edifici con pareti massicce (in pietra, mattoni...), escludendo gli edifici completamente in legno.	
A LIVELLO NAZIONALE:	
	Titolo: Stato dell'arte di soluzioni tecnologiche di involucro edilizio esistenti come base per interventi di Deep Renovation del patrimonio immobiliare nel settore abitativo
	Data: 2019
	Autori: F. Cumo, G. Piras, F. Giustini, E. Pennacchia
Organismi: Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Architettura, Università di Roma La Sapienza (CITERA), Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)	
Descrizione e contenuti utili per InRenova: Questo rapporto presenta i risultati del WP2 del Progetto 1.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali". Il rapporto offre un'analisi dettagliata del patrimonio edilizio residenziale nazionale, articolata in macro-aree geografiche. L'indagine individua le tipologie costruttive più diffuse, portando alla creazione di un abaco delle tipologie di pacchetti di involucro edilizio opaco, corredato da schede illustrative che descrivono le diverse combinazioni delle chiusure dell'involucro edilizio.	

16

	Titolo: Direttiva Tecnica “Edifici esistenti & Risanamento”
	Data: Settembre 2017
	Autori: Agenzia per l'Energia Alto Adige - CasaClima
Organismi: Agenzia per l'Energia Alto Adige - CasaClima	
Descrizione e contenuti utili per InRenova: La Direttiva Tecnica “Edifici esistenti & Risanamento” rappresenta un riferimento fondamentale per la certificazione CasaClima degli edifici esistenti o riqualificati nella Provincia Autonoma di Bolzano. Tra i contenuti più rilevanti si segnalano le modalità di calcolo energetico e di verifica della condensazione interstiziale. In particolare, l’Appendice C.3 descrive le tipologie di murature più comuni nel patrimonio edilizio locale, indicando i relativi valori di conducibilità termica da utilizzare nei calcoli.	
	Titolo: Deliverable 3.1.1. Caratterizzazione di edifici di riferimento, driver per il miglioramento prestazionale e requisiti tecnici
	Data: 2017
	Autori: Annamaria Belleri, Chiara Dipasquale, Laura Maturi
Organismi: Eurac Research	
Descrizione e contenuti utili per InRenova: Nell’ambito del progetto KlimaKit, sviluppato da EURAC Research, è stato condotto uno studio sulle caratteristiche degli edifici di edilizia abitativa pubblica situati nella zona di Merano e dintorni, di proprietà di IPES/WOBI, ritenuti rappresentativi del contesto locale. Sebbene l’analisi si concentri su un’area geografica relativamente ristretta e prevalentemente urbana, e consideri edifici costruiti dopo il 1945 (escludendo quindi il patrimonio edilizio storico), offre spunti significativi per la comprensione delle tipologie edilizie locali e dei relativi sistemi costruttivi. Tra gli edifici analizzati sono state identificate quattro principali tipologie abitative (tipologia a blocco, tipologia in linea, tipologia a schiera, tipologia a ballatoio). Queste costruzioni sono state realizzate prevalentemente con sistemi costruttivi tradizionali, come murature in mattoni o blocchi in laterizio e strutture in calcestruzzo armato (cls) gettato in opera. Gli edifici sono stati costruiti utilizzando sistemi costruttivi tradizionali basati sulla posa in opera di mattoni o blocchi in laterizio e con getti di cls in opera. La tipologia strutturale può essere di tipo settiforme in c.a. o con muratura perimetrale portante o mista, ovvero muratura portante perimetrale e uno o più telai di spina, specialmente nel caso di edifici in linea o a blocco. L’ultimo solaio veniva in genere isolato per mantenere il sottotetto ventilato e freddo (ove non abitato).	

I diversi progetti analizzati hanno fornito una prospettiva utile sulle tecniche costruttive del patrimonio edilizio altoatesino nei vari periodi storici. Tuttavia, la letteratura consultata presenta alcune significative limitazioni.

La criticità principale dei progetti di scala più ampia, sia nazionali che legati alla partecipazione italiana in iniziative europee, è rappresentata dalla generalizzazione dei dati. Questo aspetto li rende poco applicabili alla specificità del contesto altoatesino, caratterizzato da peculiarità geografiche, morfologiche e

politiche. In particolare, fino al 1920, le tecniche costruttive adottate in Alto Adige spesso divergono dalle pratiche nazionali italiane.

Inoltre, nei progetti che analizzano il patrimonio edilizio residenziale nel suo complesso, l'attenzione è rivolta prevalentemente agli edifici più recenti. L'architettura storica, invece, tende a essere genericamente classificata in categorie ampie. Mancano tuttavia analisi approfondite sui caratteri morfologici, distributivi e sulle differenze regionali delle soluzioni costruttive adottate.

Gli studi su scala regionale consultati, invece, si focalizzano principalmente sulla valutazione e il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici esistenti. Di conseguenza, il concetto di tipologia edilizia è spesso limitato a parametri correlati al consumo energetico, come zona climatica, epoca di costruzione e dimensione edilizia. Nessuno studio si concentra in modo approfondito sulle specificità costruttive e dei materiali, aspetti essenziali per comprendere il comportamento igrotermico degli involucri edilizi, particolarmente rilevante negli interventi di riqualificazione con isolamento interno.

Per superare queste limitazioni, oltre alle fonti citate, è stato condotto un approfondito lavoro di analisi della letteratura esistente, con particolare attenzione agli edifici storici antecedenti al 1945. Sono stati raccolti dati da ricerche precedenti, revisioni della letteratura, documenti dell'Archivio Storico di Bolzano (come fotografie storiche, permessi di costruzione e planimetrie architettoniche) e interviste. Queste fonti hanno permesso di definire il contesto locale e di identificare le caratteristiche principali dell'architettura altoatesina, fornendo una prospettiva critica utile per l'interpretazione delle tipologie architettoniche.

2 Metodologia della ricerca

La metodologia adottata per questa ricerca combina un'analisi bibliografica approfondita con indagini sul campo, mirate a raccogliere le informazioni necessarie per identificare le caratteristiche comuni del patrimonio edilizio residenziale nella provincia di Bolzano. L'obiettivo principale è stato individuare esempi rappresentativi dei metodi costruttivi e dei materiali maggiormente utilizzati nella regione.

Sebbene ogni edificio presenti peculiarità legate a variabili geografiche, sociali, economiche e storiche, è possibile identificare parametri condivisi che consentono di classificare il patrimonio edilizio esistente e di analizzarne il comportamento energetico, in vista di interventi di ristrutturazione. Tra questi parametri figurano la zona climatica, la tipologia edilizia, il metodo costruttivo, i materiali impiegati, gli impianti tecnologici, ecc. Tuttavia, questa ricerca si è concentrata su quattro parametri principali, selezionati in base alla disponibilità dei dati e agli obiettivi dello studio:

1. **Periodo di costruzione;**
2. **Tipologia dell'edificio;**
3. **Materiali utilizzati;**
4. **Tecnica costruttiva.**

La ricerca ha quindi classificato gli edifici in base a questi parametri, correlando le diverse tipologie edilizie e costruttive alle configurazioni tecniche tipiche degli elementi di involucro. L'analisi così condotta ha portato alla redazione di schede descrittive che illustrano le principali tecniche costruttive adottate nei vari periodi storici.

La conoscenza approfondita della composizione degli involucri esistenti rappresenta un passaggio essenziale per guidare le fasi successive del progetto InRenova.

2.1 Cenni Storici sui Periodi di Costruzione

Lo studio delle pratiche edilizie in Alto Adige ha preso avvio dall'identificazione dei principali periodi di costruzione, strettamente legati agli eventi storici e all'evoluzione delle normative energetiche.

La posizione geografica dell'Alto Adige, situato tra il nord Italia e le pianure europee, ha avuto un ruolo cruciale nel plasmare i modelli insediativi, le attività commerciali e le pratiche edilizie. Il territorio montuoso e la funzione strategica come via di comunicazione—grazie alla presenza di passi alpini relativamente accessibili—hanno favorito lo sviluppo di due tipologie insediative principali: città con lotti stretti e allungati lungo le vie principali nelle valli, e piccoli villaggi o masi isolati nelle zone montane.



Figura 12. Le due principali tipologie insediative dell'Alto Adige: a sinistra, una caratteristica "calle porticata"; a destra, un tipico maso sudtirolese. Foto: Lara Briz

Fino alla metà del XIX secolo, l'economia della regione era prevalentemente rurale, con l'agricoltura come principale attività. Gli edifici erano realizzati utilizzando materiali locali: la pietra per le pareti portanti e le fondamenta, e il legno per i piani superiori e le coperture. Le tecniche tradizionali, come il Blockbau (costruzione in tronchi), erano comuni, mentre le pareti venivano spesso rivestite con intonaco di calce, conferendo agli edifici il caratteristico aspetto imbiancato. I tetti, coperti di scandole di larice, erano appesantiti con pietre o malta per migliorarne la resistenza al fuoco. La fine del XIX secolo segnò l'inizio dell'urbanizzazione, stimolata dalla crescita del turismo montano e dallo sviluppo delle infrastrutture di trasporto. Nonostante ciò, e a differenza di altre zone delle Alpi italiane, che hanno visto fenomeni di spopolamento, l'Alto Adige ha mantenuto il suo carattere rurale, con quasi metà della sua popolazione che risiede ancora oggi in comuni rurali. Queste aree sono caratterizzate da paesaggi dominati da edifici agricoli, siano essi come singole masi o integrati in insediamenti rurali che combinano funzioni agricole con facciate urbane rivolte verso la strada.

Ciononostante, a partire dal 1850, l'adozione di materiali industriali segnò un cambiamento significativo. I mattoni in laterizio, un materiale storicamente meno diffuso in Alto Adige rispetto ad altre aree d'Italia, iniziarono a guadagnare popolarità grazie all'industrializzazione della loro produzione. Al contempo, elementi strutturali come archi, volte e pavimenti in legno furono gradualmente sostituiti da sistemi edilizi più moderni, inizialmente in ferro e successivamente in cemento armato. Tuttavia, la transizione verso l'industrializzazione fu lenta in Alto Adige, limitandosi principalmente agli edifici amministrativi e alle grandi strutture. Nella costruzione residenziale, la muratura tradizionale in pietra rimase prevalente fino ai primi decenni del XX secolo.

Un cambiamento significativo avvenne dopo il 1920 con l'adozione diffusa del cemento armato anche negli edifici residenziali. Dopo la Prima Guerra Mondiale, l'Alto Adige passò sotto il controllo italiano, allineando le tendenze edilizie alle pratiche nazionali. La crescita industriale, lo sviluppo dell'energia idroelettrica e la politica di "italianizzazione" di Mussolini incentivarono la costruzione di abitazioni per lavoratori migranti provenienti da altre regioni. I sobborghi intorno ai centri urbani come Bolzano si espansero sotto regolamenti urbanistici rigorosi, che definivano le distanze tra gli edifici, le altezze, gli spazi abitativi e le aree verdi. Sebbene questi progetti migliorassero le condizioni igieniche e fornissero servizi essenziali, spesso trascuravano il contesto storico e ambientale locale, portando a un declino nella qualità generale degli spazi abitativi.



Figura 13. Veduta aerea del quartiere Semirurale di Bolzano, oggi non più esistente. Fonte: Archivio Storico di Bolzano.

L'adozione del cemento armato facilitò quindi anche cambiamenti significativi nelle tipologie edilizie. I progressi tecnologici permisero la sostituzione delle pareti portanti in muratura con telai in cemento, offrendo layout più flessibili, piani aperti e aperture più ampie nelle facciate. Durante questo periodo, le politiche autarchiche del governo italiano promossero l'uso di risorse interne, scoraggiando l'importazione di materiali stranieri. Il cemento armato divenne ampiamente utilizzato, mentre le importazioni di ferro furono sostituite da alternative. L'introduzione del laterocemento (solai a travetti e blocchi) standardizzò ulteriormente le pratiche costruttive, sostituendo efficacemente i vecchi sistemi come i solai in ferro e le lastre di cemento armato solide.



Figura 14. Costruzione in telaio di calcestruzzo di un lotto in angolo tra via Cassa di Risparmio e via Leonardo da Vinci e stato attuale. Fonte: Archivio Storico di Bolzano e Google Maps 2025

Dopo il 1945, la necessità di proteggere le strutture dai gradienti termici e dall'infiltrazione dell'acqua portò all'adozione di pareti cave, spesso costruite con mattoni forati che sostituirono quelli pieni, migliorando le prestazioni. Il periodo post-bellico vide la costruzione massiccia di residenze per far fronte alle necessità di ricostruzione e per accogliere la rapida urbanizzazione. Il boom economico degli anni '50-'70 portò a sviluppi suburbani su larga scala, con tecniche costruttive che si evolvettero significativamente, passando dai già consolidati telai in cemento armato a strutture portanti in cemento armato e sistemi prefabbricati.

La crisi petrolifera del 1973 rappresentò un momento di svolta per il settore edilizio italiano, inducendo l'introduzione della prima legge sull'efficienza energetica, la Legge 373 del 1976. Questa normativa stabilì le prime linee guida per ridurre il consumo energetico negli edifici. Tra la fine degli anni '70 e gli anni '90, pur mantenendo invariati molti aspetti delle tecniche costruttive, si registrò un'attenzione crescente all'isolamento termico, che divenne un elemento centrale. Materiali come l'argilla espansa, i mattoni forati, i blocchi di cemento leggeri, i sistemi di isolamento esterno e le finestre più sigillate divennero standard. Parallelamente, assunsero maggiore rilevanza gli interventi di ristrutturazione, volti a rivitalizzare i centri storici attraverso l'integrazione di materiali moderni e soluzioni innovative con l'architettura esistente.

A partire dagli anni '90, l'attenzione si spostò progressivamente verso la qualità e la sostenibilità delle costruzioni, riflettendo una crescente consapevolezza della necessità di preservare le risorse naturali e tutelare l'ambiente. Le abitazioni sostenibili iniziarono a dare priorità a elementi quali la sicurezza, la salute, la riduzione dei rifiuti, il riciclo e l'impiego di materiali durevoli. La Legge 10/1991 rappresentò un ulteriore passo avanti, promuovendo l'uso razionale dell'energia attraverso lo sviluppo di fonti rinnovabili e il contenimento dei consumi energetici mediante una progettazione, esecuzione e manutenzione adeguata sia degli edifici che degli impianti.

Nel 2005, l'Italia recepì nuove disposizioni comunitarie con l'introduzione di tre importanti decreti legislativi: il Decreto Legislativo 192/2005, che attuava la direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia, il Decreto Legislativo 311/2006, che apportava modifiche al precedente decreto, e il Decreto Legislativo 115/2008, che implementava la direttiva 2006/32/CE sull'efficienza energetica e i servizi energetici. Questi decreti stabilirono nuovi e più rigorosi parametri per ridurre i consumi energetici e introducendo prescrizioni dettagliate.

Riguardo alla situazione in Alto Adige, già a partire dagli anni '90, la regione aveva iniziato a focalizzarsi sulla sostenibilità ambientale e sull'efficienza energetica, promuovendo politiche innovative volte a ridurre l'impatto ambientale nel settore delle costruzioni. Un passaggio cruciale fu la fondazione dell'Agenzia CASACLIMA (KlimaHaus) a Bolzano nel 2002. Questo programma, ispirato alla Direttiva UE 2002/91/CE e agli obiettivi del Protocollo di Kyoto, si pose l'obiettivo di promuovere l'efficienza energetica e la responsabilità ambientale attraverso valutazioni delle prestazioni energetiche degli edifici, della capacità di isolamento termico e dell'impatto dei materiali utilizzati.

La certificazione CASACLIMA stabilì nuovi standard per gli edifici ad alta efficienza energetica, incentivando le imprese edili ad adottare soluzioni più sostenibili e innovative. Dal 2005, la normativa provinciale ha imposto che tutti i nuovi edifici rispettassero almeno i criteri della classe energetica C, un requisito poi elevato alla classe B a partire dal 2011.

In sintesi, considerando esclusivamente le normative energetiche e l'evoluzione dell'isolamento termico negli edifici, è possibile distinguere quattro principali periodi storici:

- **Fino al 1976:** Non si utilizzano materiali isolanti, poiché non esiste alcuna regolamentazione sul risparmio energetico negli edifici. Di conseguenza, la trasmittanza termica dell'involucro edilizio è determinata esclusivamente dai materiali costituenti e dal loro spessore.
- **Dal 1976 al 1991:** Con l'introduzione della prima normativa sull'efficienza energetica (Legge 373/1976), si registra un livello minimo di isolamento dell'involucro edilizio, con valori indicativi della trasmittanza termica delle pareti (ad esempio, $U_{wall} \approx 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$).

- **Dal 1991 al 2005:** L'entrata in vigore della Legge 10/1991 e dei suoi decreti attuativi segna un aumento dei requisiti di isolamento termico. In questo periodo si raggiunge un livello medio di isolamento, con valori indicativi di trasmittanza pari a circa $U_{wall} \approx 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- **Dopo il 2005:** Le normative nazionali (Decreti Legislativi 192/2005 e 311/2006) e regionali introducono requisiti più severi, fissando valori massimi di trasmittanza termica sempre più bassi per l'involucro edilizio (ad esempio, $U_{wall} \approx 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Incorporando invece anche le tradizioni costruttive e gli eventi storici, soprattutto in relazione al processo di industrializzazione, è possibile suddividere i periodi di costruzione come segue:

- **Pre-1920:** Predominano i metodi tradizionali, con l'uso di materiali locali come legno e pietra. I tetti erano realizzati in legno, mentre i solai erano in legno o, occasionalmente, in acciaio a partire dalla metà del XIX secolo.
- **1920-1945:** Introduzione dei telai in cemento armato negli edifici residenziali, con riempimenti in pietra o mattoni. Il laterocemento si afferma come soluzione innovativa per i solai, mentre i tetti rimangono prevalentemente in legno.
- **1945-1975:** Costruzione rapida e di bassa qualità con telai in cemento armato e mattoni forati in monostrato o a doppio strato. Furono introdotte pareti portanti in cemento e prefabbricati. Solai e tetti in laterocemento divennero standard.
- **1975-1990:** Sebbene le tecniche costruttive non subiscano cambiamenti significativi, il miglioramento dell'isolamento termico diventa una priorità sia nelle nuove costruzioni che nelle ristrutturazioni.
- **Dopo il 1990:** Maggiori requisiti di isolamento. Maggiore enfasi sulla sostenibilità, sull'efficienza energetica e sulle certificazioni ecologiche.

2.2 Principali Tipologie Edilizie in Alto Adige

L'analisi delle tipologie edilizie è stata elaborata partendo da studi precedentemente condotti nel contesto del progetto Tabula. Sebbene questa classificazione sia relativamente generica e abbia adottato come campione di riferimento esclusivamente la zona climatica E (area climatica media con gradi-giorno compresi tra 2101 e 3000), essa risulta comunque adeguatamente adattata alla realtà edilizia dell'Alto Adige.

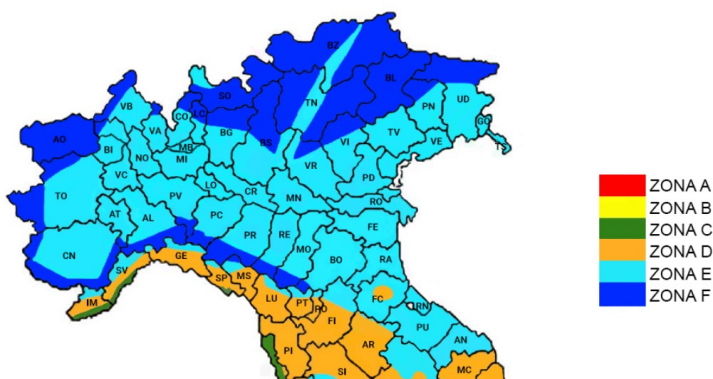


Figura 15. Zone climatiche nel nord dell'Italia. Fonte:
<https://luceegasitalia.it/2020/01/22/le-zone-climatiche-italiane-e-i-periodi-di-accensione-degli-impianti-di-riscaldamento/>

Quindi, per quanto riguarda la categorizzazione in base alla dimensione edilizia, sono state identificate quattro classi principali:

- casa monofamiliare,
- casa a schiera,
- edificio multifamiliare,
- blocco di appartamenti.

Questa classificazione considera diversi aspetti legati alla forma degli edifici e alla loro collocazione nel territorio. Tra questi aspetti si includono la compattezza (solitamente espressa tramite il rapporto superficie/volume, S/V) e la relazione con gli edifici circostanti. In questo contesto, è importante fare un breve inciso sulla particolare situazione dell'architettura rurale dell'Alto Adige, con un focus sulle unità agricole e sulla loro interazione con il paesaggio residenziale costruito.

Dal punto di vista morfologico, gli edifici rurali rivestono un ruolo fondamentale nella definizione del tessuto urbanistico e delle unità abitative in Alto Adige. Spesso queste strutture agricole sono integrate nel contesto rural e semi-urbano, con accesso diretto alla via principale, e costituiscono una parte significativa delle facciate che si affacciano sulla strada. Per quanto riguarda le unità residenziali isolate, le varie configurazioni di abitazioni combinate con unità agricole (sia nella forma di Einhof con le sue diverse configurazioni, sia come edifici a corte con spazi residenziali e agricoli disposti attorno a un cortile interno) costituiscono una parte rilevante del panorama edilizio altoatesino.



Figura 16. Diverse configurazioni di Einhof in base alla posizione dell'edificio agricolo rispetto a quello residenziale. Foto: Lara Briz

Queste unità agricole, realizzate talvolta in pietra e talvolta in legno, pur non essendo riscaldate, influiscono significativamente sul comportamento energetico complessivo dell'edificio. Ad esempio, contribuiscono a proteggere dal vento e ad aumentare l'inerzia termica della struttura. Pertanto, è fondamentale considerare queste peculiarità in un'analisi più approfondita delle diverse tipologie edilizie presenti sul territorio.

2.3 Principali Materiali Utilizzati nella Costruzione

Dalla sezione 3.1 si evince che i materiali utilizzati fino ai primi anni del XX secolo erano quelli reperibili localmente e impiegati direttamente nella costruzione, con poche modifiche. Questi materiali includevano principalmente la pietra e il legno. Il mattone, sebbene di grande importanza in altre regioni, non acquisì rilevanza in Alto Adige fino al secondo quarto del XX secolo, insieme ad altri materiali industriali, principalmente il cemento armato.

Di seguito viene presentata una panoramica dei principali materiali utilizzati in Alto Adige.

2.3.1 La pietra

La geologia dell'Alto Adige è caratterizzata da una grande varietà di formazioni rocciose, risultato di milioni di anni di processi geologici. La regione si trova all'incrocio tra le Alpi Orientali Centrali e le Alpi Carniche, separate dalla Linea Periadriatica, che corre da sud-ovest a nord-est attraverso Merano e la Val Pusteria.

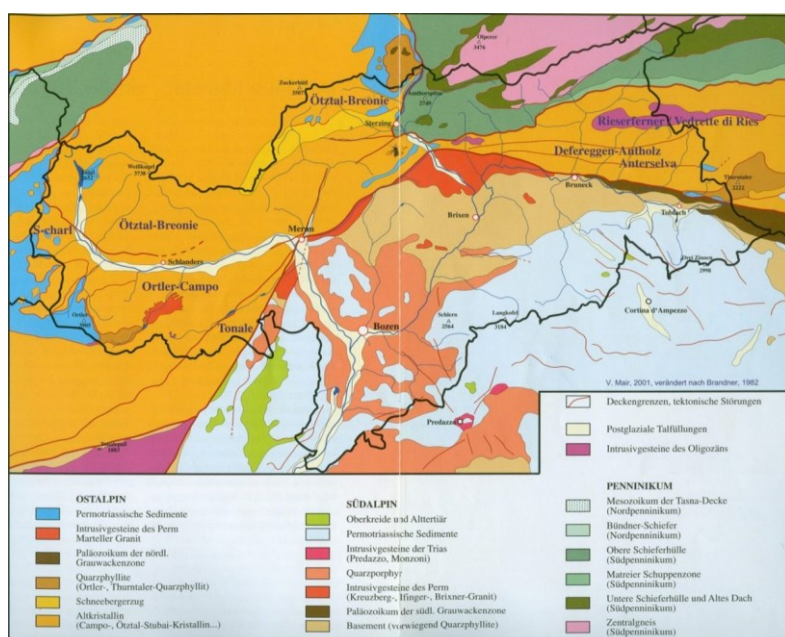


Figura 17. Carta geologica dell'Alto Adige. Fonte: V. Mair da Brandner, 1982, in (Pedri & Haas, 2014)

A nord e a ovest, la geologia dell'Alto Adige è dominata da rocce metamorfiche antiche come lo gneiss e il micascisto, formatesi circa 500 milioni di anni fa sotto alte pressioni. A sud della Linea Periadriatica, il dominio Alpino meridionale presenta rocce magmatiche e sedimentarie più giovani, con la fillite quarzifera come base principale. L'attività magmatica che ha avuto luogo alla fine dell'era Paleozoica (260–250 milioni di anni fa) ha portato alla formazione di granito (ad esempio, nei pressi di Bressanone) e depositi vulcanici come il porfido quarzifero trovato nella conca di Bolzano.

Durante il periodo Mesozoico (240 milioni di anni fa), il porfido quarzifero di Bolzano fu ricoperto da materiali sedimentari (ad esempio sabbie). Successivamente, la regione passò da un clima semi-arido ad ambienti marini, con la formazione di strati di calcare derivanti da sedimenti ricchi di carbonato. Se esposti ad acque ricche di magnesio, questi si trasformarono in dolomia. Il periodo Triassico fu cruciale per la formazione delle Dolomiti, poiché si accumularono strati di calcare e dolomia ricchi di fossili.

L'arco alpino emerse circa 50 milioni di anni fa a seguito della collisione tra le placche africana ed eurasiatica. Dal periodo Quaternario (2,6 milioni di anni fa), le fluttuazioni climatiche hanno modellato il

paesaggio dell'Alto Adige. Le glaciazioni e i periodi più caldi di fusione dei ghiacciai hanno scolpito valli e fiumi, dando forma alla geomorfologia attuale della regione.

Pertanto, relativamente alla sua provenienza, l'Alto Adige presenta tre principali tipologie di rocce:

- **Rocce Ignee:** Formate dal raffreddamento e dalla solidificazione del magma, tra cui porfido, granito e, in misura minore, basalto.
- **Rocce Sedimentarie:** Formate dalla deposizione di particelle nel tempo, tra cui arenaria, calcare, dolomia e, occasionalmente, tufo e conglomerato.
- **Rocce Metamorfiche:** Create attraverso la trasformazione di rocce preesistenti sotto alta pressione e temperatura, tra cui gneiss, quarzite, marmo e scisto mica.

Tipo di Pietra	Caratteristiche	Uso Principale	Localizzazione Principale
Rocce Ignee			
Granito di Bressanone  Photo: Lara Briz	- Alta durabilità - Aspetto estetico - Dopo il XIX secolo, estrazione per la ferrovia del Brennero e edifici di interni	Muratura, pavimentazioni, zoccoli, portali, scale	Attorno a Bressanone, Alta Val d'Isarco (in forma di Granito-Gneiss)
Porfido di Bolzano  Photo: Lara Briz	- Utilizzato in una vasta gamma di tipi d'edifici - Altamente durevole e resistente agli agenti atmosferici - A partire dalla seconda metà del XIX secolo, sviluppo dell'industria delle cave di porfido in Bassa Atesina	Muratura, pavimentazioni, zoccoli, portali, scale, paesaggistica	Conca di Bolzano, Bassa Atesina, Oltradige, Bassa Val Sarentino
Basalto di Seiser  Photo: Lara Briz	- Alta durezza e durabilità	Muratura, pavimentazioni	Poca diffusione, esclusivamente nelle Alpi di Siusi e nella Val Gardena
Rocce Sedimentarie			

Arenaria di Ortisei / Meltina  Photo: Lara Briz	- Buona combinazione di lavorabilità e durabilità	<i>Muratura (principalmente edifici religiosi), blocchi angolari, pavimenti, elementi decorativi finemente scolpiti in finestre e porte</i>	<i>Valle dell'Adige tra Bolzano e Merano, Bassa Atesina, Oltradige (come elementi decorativi scolpiti)</i>
Calcare / Dolomia  Photo: Lara Briz	- Durezza relativamente bassa e scarsa resistenza atmosferica - La dolomia è suscettibile alle condizioni atmosferiche acide dovute all'inquinamento atmosferico	<i>Muratura, scale, materia prima per la produzione di calce</i>	<i>Regioni meridionali e orientali (Bassa Atesina, Val Gardena, Val Badia...)</i>
Tufo  Photo: Lara Briz	- Riconoscibile per la sua struttura porosa e spugnosa - Roccia leggera	<i>Materiale da costruzione leggero per volte, come pietra di riempimento in pareti a telaio di legno e per elementi architettonici come finestre, porte e mensole</i>	<i>Alta Val Venosta</i>
Rocce Metamorfiche			
Gneiss e altre rocce metamorfiche stratificate  Photo: Lara Briz	- Presenta una foliazione riconoscibile - Relativamente fragile	<i>Muratura</i>	<i>I gneiss è principalmente presente in Val Passiria e Val Venosta, mentre lo gneiss-granito si estende prevalentemente nella parte settentrionale della Val Pusteria</i>
Marmo	- Tessitura a grana grossa, foliazione minima e aspetto massiccio	<i>Principalmente in edifici religiosi per la sua durabilità e il suo fascino estetico. Negli</i>	<i>Val Venosta vicino a Lasa, intorno a Vipiteno</i>

 Photo: Suestirol-stein.com	- <i>Il marmo di Lasa è rinomato come uno dei marmi più bianchi e duri al mondo</i>	<i>edifici laici, limitato a elementi decorativi e caratteristiche architettoniche come cornici di porte e finestre</i>	
---	---	---	--

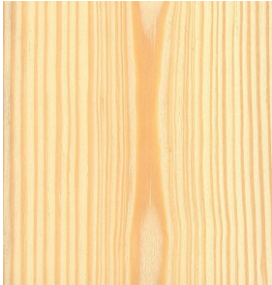
2.3.2 Il legno

Le foreste dell'Alto Adige, modellate da climi e altitudini diverse, offrono una varietà di specie arboree utilizzate nella costruzione tradizionale. Alle altitudini più elevate (1.900–2.100 metri), predominano il **larice europeo** (*Larix decidua*) e il **pino cembro** (*Pinus cembra*), apprezzati per la loro durabilità e resistenza all'umidità. Le foreste di media altitudine (900–1.900 metri) sono principalmente costituite da **abete rosso** (*Picea abies*), che copre il 60% della superficie forestale, mentre il **pino silvestre** (*Pinus sylvestris*) e l'**abete bianco** (*Abies alba*) compaiono in proporzioni minori. A quote più basse si trovano boschi misti con castagni e faggi, che si trasformano in macchie sub-mediterranee e boschi ripariali sotto i 900 metri.

Storicamente, la selezione del legno per la costruzione in Alto Adige dipendeva dalla disponibilità, dalla funzionalità e dalle proprietà dei materiali. A differenza della pietra, il cui utilizzo era fortemente condizionato dalla presenza locale, il legno veniva trasportato dai fiumi, quindi l'uso di un tipo di legno piuttosto che di un altro dipendeva più dall'uso strutturale all'interno dell'edificio che dalla semplice disponibilità. Le conifere erano generalmente preferite per la loro crescita diritta, il peso ridotto e la facilità di lavorazione, in particolare per la costruzione tradizionale Blockbau (costruzione a tronchi). Il larice era favorito per la sua eccezionale durabilità e resistenza all'umidità, rendendolo ideale per elementi strutturali esposti e scandole. L'abete rosso, pur essendo meno duraturo, divenne il legno dominante nella costruzione per la sua ampia disponibilità, facilità di lavorazione e convenienza economica. Il pino silvestre e l'abete bianco, sebbene adatti per l'uso strutturale, erano meno utilizzati a causa della loro distribuzione limitata. Il pino cembro, apprezzato per le sue proprietà aromatiche e le qualità estetiche, veniva spesso usato per il rivestimento interno, in particolare nelle Stube.

Mejorar con → (Tosco, 2024)

Tipo di Legno	Caratteristiche	Uso Principale	Localizzazione Principale
Larice Europeo (<i>Larix decidua</i>)  Photo: Lara Briz	- <i>Legno durevole e impermeabile</i> - <i>Duro, quindi non facile da lavorare</i> - <i>Alto contenuto di resina che lo aiuta a resistere al calore e all'umidità</i>	<i>Scandole per tetti, elementi strutturali come travi, elementi costruttivi, costruzione in muratura portante Blockbau</i>	<i>Secondo tipo di legno più comune</i>

Abete Rosso (<i>Picea abies</i>)  Photo: Lara Briz	- Legno morbido, leggero e facile da lavorare - Compromesso tra durabilità e lavorabilità - Durabilità accettabile se protetto adeguatamente dall'umidità	Elementi strutturali, costruzione Blockbau	Tipo di legno più comune in Alto Adige
Pino Cembro (<i>Pinus cembra</i>)  Photo: Lara Briz	- Legno forte, con aroma piacevole, colore rosso-giallo e abbondanza di nodi, con la credenza nei suoi benefici per la salute - Valori estetici apprezzati	Elementi costruttivi, rivestimenti interni (panelli)	Cresce ai margini delle foreste, resistente al clima severo delle alte montagne e in grado di sopportare gelate sotto i -40°C
Pino Silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>)  Photo: wood-database.com	- Legno morbido, ricco di resina, molto durevole e resistente agli agenti atmosferici	Elementi strutturali	Cresce in luoghi dove altre specie di alberi non crescono più (aree asciutte e rocciose, così come zone umide come le paludi)
Abete Bianco (<i>Abies alba</i>)  Photo: wood-database.com	- Legno di abete privo di resina, ottimo per la costruzione	Elementi strutturali, scandole per tetti	Aree ombreggiate e piovose

2.3.3 Il mattone

L'utilizzo dei mattoni come materiale da costruzione in Alto Adige è stato limitato fino all'avvento dell'industrializzazione, principalmente a causa della disponibilità di materiali alternativi come pietra e legno, della scarsa qualità dell'argilla locale per la produzione di mattoni e delle difficoltà legate al clima, in particolare ai cicli di gelo e disgelo che rendevano i mattoni vulnerabili ai danni.

Prima del 1500, i mattoni erano usati raramente e principalmente come riempimento per strutture in legno o per cornici di porte e finestre. Con l'arrivo del Rinascimento, le tecniche di costruzione in mattoni introdotte dai costruttori italiani portarono alla produzione su piccola scala, realizzata da famiglie itineranti provenienti da regioni come il Veneto e la Lombardia, nonché da monasteri locali come quello di Neustift, vicino a Bressanone. Entro la fine del XVI secolo, le normative antincendio urbane iniziarono a richiedere l'utilizzo di coperture resistenti al fuoco, come le tegole "a monaco e a suora", prodotte nelle fornaci locali. Tuttavia, nelle aree rurali, le scandole in legno rimasero dominanti fino alla fine del XIX secolo.

L'industrializzazione della produzione di mattoni in Alto Adige iniziò a metà del XIX secolo con l'introduzione di tecnologie moderne, come le presse a estrusione e i forni ad anello. La produzione meccanizzata, sostenuta da nuove scoperte e invenzioni, permise una produzione su larga scala e lo sviluppo di nuovi formati, come i mattoni forati e i blocchi, che vennero successivamente impiegati nei sistemi in laterocemento. Nonostante ciò, i mattoni continuarono a essere secondari rispetto alla pietra fino al 1920, quando la domanda crebbe esponenzialmente, soprattutto a Bolzano e nei dintorni. Tra i principali siti di produzione figuravano Siebeneich, che negli anni '30 produceva milioni di mattoni all'anno, e Vetzan, in Val Venosta.

Con l'introduzione del cemento armato, i mattoni tradizionali pieni vennero progressivamente sostituiti dai mattoni forati, utilizzati principalmente come riempimento nei telai in cemento armato. Questi mattoni offrivano vantaggi rispetto a quelli pieni, come leggerezza, maggiore maneggevolezza e migliori proprietà di isolamento termico e acustico. Con il tempo, i formati dei mattoni si evolsero in blocchi di grandi dimensioni (elementi con volume minore o uguale a 5500 cm³), che potevano essere posati in uno strato singolo o doppio con l'aggiunta di materiali isolanti.

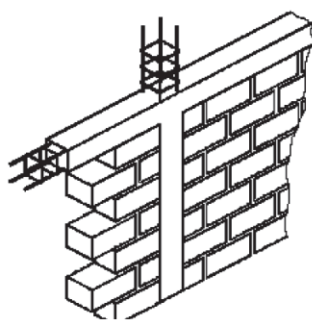


Figura 18. Muratura in mattoni intelaiata mediante cordoli in cemento armato orizzontali e verticali. Fonte:

https://moodle2.units.it/pluginfile.php/389693/mod_resource/content/1/04a%20STRUTTURA%202020-21%20rev%2015.0.pdf

Oggi il mattone è il materiale da costruzione più utilizzato in Italia. In particolare, per gli edifici residenziali costruiti in Italia a partire dagli anni '70, predominano le pareti realizzate con mattoni alveolari e blocchi forati. La produzione nazionale di laterizi raggiunge circa 4,5 milioni di tonnellate all'anno, includendo blocchi alleggeriti portanti, antisismici, mattoni forati per tamponature e tavelloni per solai.

I mattoni possono presentare diverse tipologie di foratura: verticale, orizzontale o parallela. La foratura orizzontale, tuttavia, non è permessa per scopi strutturali. A seconda dell'uso e della percentuale di vuoti, i mattoni utilizzati in edilizia possono essere classificati come segue:

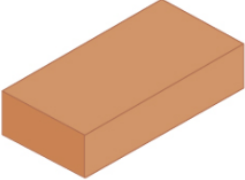
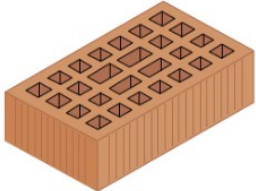
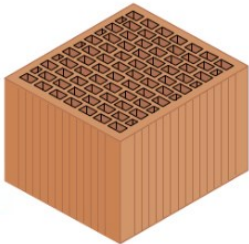
Tipo di Mattone	Caratteristiche	Uso Principale
Mattone pieno  Photo: stabila.it	- Percentuale di foratura inferiore al 15% - Buoni isolanti termoacustici - Resistenti alla compressione e alle sollecitazioni	Utilizzati per strutture portanti fino al 1945 e successivamente come rivestimento in pareti faccia a vista
Mattone/blocchi forati semipieni  Photo: stabila.it	- Percentuale di foratura, tra il 15% e il 45% - Rispetto al mattone pieno ha minore resistenza e può sopportare meno pressione	Muri di tamponamento perimetrali (tra le colonne e le travi di cemento armato) e nei muri portanti
Mattone/blocchi forati  Photo: stabila.it	- Percentuale di foratura > del 55% - Ridotta resistenza alla compressione	Muri divisorii, nei solai come alleggerimento, nelle coperture
Tavelle e tavelloni 	- Tipi di laterizi forati con lunghezza molto maggiore rispetto allo spessore.	Le tavelle sono utilizzate prevalentemente per ottenere orizzontamenti non portanti (controsoffitti); i tavelloni per orizzontamenti anche portanti

Photo: wienerberger.it		
------------------------	--	--

2.3.4 Il calcestruzzo e il calcestruzzo armato

Il calcestruzzo è un materiale composito costituito da cemento, acqua, sabbia e ghiaia, miscelati in proporzioni precise. Il cemento funge da legante, mentre sabbia e ghiaia agiscono come inerti, con l'acqua che favorisce l'idratazione e la lavorabilità della miscela. Nel tempo, l'introduzione di additivi e miscele minerali ha migliorato le proprietà fisiche, chimiche e meccaniche del materiale. Sebbene oggi il cemento sia il legante predominante, in passato venivano utilizzati leganti a base di calce, come nel caso della miscela impiegata dai Romani, che utilizzavano pozzolana e calce per creare un materiale simile al calcestruzzo. Lo sviluppo moderno del calcestruzzo, tuttavia, risale alla fine del XVIII secolo e al XIX secolo, grazie agli studi sui leganti e alle proprietà delle marne calcaree cotte, culminando nella nascita del calcestruzzo armato.

Il calcestruzzo armato, noto anche come cemento armato, è caratterizzato dall'inserimento di un'armatura in acciaio all'interno della matrice di calcestruzzo. Questa combinazione sfrutta la resistenza alla compressione del calcestruzzo e quella a trazione dell'acciaio, creando un materiale versatile e adatto a molteplici applicazioni. Inoltre, la fluidità del calcestruzzo durante il getto consente di realizzare forme complesse e superfici lisce, soddisfacendo tanto le esigenze strutturali quanto quelle architettoniche.

In Alto Adige, l'uso del cemento armato risale già agli ultimi decenni dell'Impero Asburgico, verso il 1880, inizialmente per la costruzione di fortificazioni militari. L'adozione di questa tecnica da parte dell'esercito favorì la formazione di manodopera locale, che successivamente ne comprese il potenziale e iniziò a impiegarlo anche nel settore civile. L'introduzione del calcestruzzo armato in Alto Adige non fu immediata, probabilmente a causa della disponibilità di ottimi materiali da costruzione sul territorio. Pertanto, fino ai primi decenni del XX secolo, il cemento armato fu prevalentemente utilizzato per infrastrutture difensive. Tuttavia, una volta scoperti i numerosi vantaggi di questo materiale, in particolare per la sua resistenza al fuoco, durabilità, igiene e rapidità costruttiva, esso divenne il principale materiale da costruzione. Inizialmente impiegato nella costruzione di telai strutturali in cemento armato, successivamente venne utilizzato anche come muratura portante e sotto forma di elementi prefabbricati.

2.3.5 Intonaci e Malte

La calce, utilizzata fin dall'antichità, ha avuto un ruolo cruciale nella produzione di malte e intonaci. Le prime testimonianze dell'uso della calce provengono dalle civiltà della Valle dell'Indo e dalle piramidi egizie, ma fu nell'epoca romana che ne venne perfezionato l'uso, arricchendola con pozzolana per ottenere malte idrauliche capaci di realizzare strutture durevoli e complesse. Dopo la caduta dell'Impero Romano, l'uso della calce idraulica subì un lungo declino, lasciando spazio a malte aeree più semplici. Tuttavia, durante il Rinascimento, si riscoprirono le antiche tecniche, e dal XVII secolo l'interesse per la calce idraulica riprese vigore, anticipando lo sviluppo del cemento romano e, successivamente, del cemento Portland, che nel XX secolo sostituì quasi completamente le malte tradizionali.

In Alto Adige, la produzione di calce ha avuto un impatto determinante nell'architettura vernacolare. Il calcare locale veniva cotto in piccole fornaci situate vicino alle cave, e l'intero processo produttivo richiedeva una costante supervisione per produrre calce viva, da utilizzare immediatamente o da conservare per usi futuri. La qualità della calce variava a seconda della sua provenienza: quella della Val Venosta, di alta purezza, veniva preferita per applicazioni delicate come gli affreschi, mentre quella ricca di magnesio proveniente dalle regioni orientali era destinata a malte più robuste. Nelle zone prive di calcare, come la Val Sarentino, o dove il trasporto risultava difficoltoso, venivano impiegate malte a base di terra cruda, riservando la calce principalmente per gli intonaci di finitura.

Le malte tradizionali in Alto Adige venivano preparate prevalentemente con grassello di calce o mediante la miscelazione a caldo con calce viva, una tecnica economica e particolarmente efficace per malte da muratura e intonaci grezzi. La qualità della malta dipendeva anche dalla tipologia di sabbia, frammenti di

mattoni o altre sostanze organiche utilizzate. Tuttavia, con l'avvento dell'industrializzazione e l'introduzione del cemento Portland, l'uso della calce tradizionale iniziò a declinare, in particolare quella dolomitica, penalizzata dall'inquinamento e dai cambiamenti nelle tecniche di cottura. Già a metà del XX secolo, la produzione tradizionale di calce era praticamente scomparsa.

Gli intonaci e le malte, sia storici che moderni, sono elementi fondamentali nell'architettura dell'Alto Adige, poiché conservano tracce significative della storia delle tecniche costruttive e delle diverse fasi culturali. In questa regione, è difficile trovare edifici di qualsiasi epoca che non presentino intonaci, così come è raro trovare murature storiche che non siano composte da pietre di varie dimensioni e provenienze, saldamente unite grazie a un buon contenuto di malta. Gli intonaci rappresentano una sorta di "pelle" storica di ogni edificio, offrendo testimonianze delle modalità espressive tipiche di epoche diverse: dai semplici intonaci medievali, stesi a frattazzo e imitanti conci, agli intonaci rigati tipici dello Jugendstil, fino alle tecniche di pittura a spruzzo. Ogni periodo ha lasciato una sua impronta, testimoniando le tecniche e i materiali impiegati.



Figura 19. Sinistra: Diversi strati di intonaco sovrapposti su un maso in Val Pusteria. Destra: intonaco rigato in un palazzo in Vipiteno, tipico dello Jugendstil dei primi del '900. Foto: Lara Briz

2.4 Principali Metodi Costruttivi Utilizzati nella Costruzione

La muratura è il risultato di un assemblaggio metodico di elementi naturali o artificiali, come pietre o mattoni, disposti ordinatamente e legati tra loro mediante una sostanza adesiva, solitamente la malta. Sebbene esistano esempi di murature a secco (senza l'uso di malta), tali soluzioni non sono comuni in Alto Adige, dove l'impiego della malta è stato sempre prevalente.

In base alla funzione strutturale all'interno dell'edificio, si possono distinguere tre gruppi principali di muratura:

- **Muratura portante:** Costituisce l'elemento strutturale principale dell'edificio, sostenendo i carichi verticali (provenienti da solai e murature superiori) e resistendo alle forze orizzontali, come quelle provocate dal vento e dai sismi. Questa tipologia si suddivide in muratura ordinaria, armata e intelaiata/confinata.
- **Muratura di tamponamento:** Utilizzata come separazione tra l'ambiente interno e l'esterno in edifici con struttura portante intelaiata (in cemento armato o acciaio). Sebbene non portante, svolge un ruolo fondamentale nell'isolamento termico e acustico degli spazi interni.
- **Muratura di suddivisione (pareti divisorie):** Impiegata per separare gli ambienti interni, senza avere funzione portante. Questi muri, di spessore ridotto, ottimizzano lo spazio abitabile, mantenendo una funzione esclusivamente divisoria.

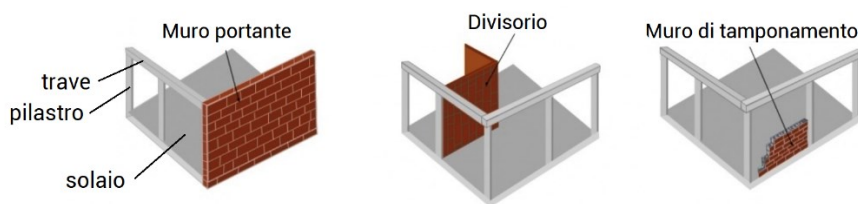


Figura 20. Tipologie di muratura in base alla loro funzione strutturale. Fonte: <https://www.tecnologiaduepuntozero.it/2018/12/06/elementi-edificio/>

Fino all'avvento delle costruzioni in cemento armato e acciaio, i muri perimetrali in Alto Adige erano quasi esclusivamente portanti. Le strutture risultanti avevano un aspetto solido e robusto, spesso realizzate in pietra naturale o mediante l'uso di blocchi di legno (Blockbau). Più raramente, si incontravano strutture completamente costruite con telaio in legno; tuttavia, anche in questi casi, il telaio in legno veniva generalmente eretto su basi realizzate in pietra o con Blockbau.

Di seguito vengono analizzati i principali tipi di muratura utilizzati nel corso della storia e nello sviluppo edilizio dell'Alto Adige.

2.4.1 Muratura in Pietra

Storicamente, la pietra è stata uno degli elementi fondamentali nella costruzione in Alto Adige, non solo come materiale di costruzione primario, ma anche come componente strutturale per isolare le strutture in legno dall'umidità del terreno. Le tecniche utilizzate nella muratura in pietra sono state profondamente influenzate dalle caratteristiche naturali del materiale stesso.

Nel caso delle murature in pietra, più che nel caso dei laterizi, la resistenza della muratura è fortemente influenzata da:

- La regolarità della muratura;
- La forma degli elementi (pietre squadrate o sbozzate);
- La tessitura e tipologia della muratura in pietra;
- Le caratteristiche resistenti della malta.

L'Alto Adige vanta una notevole varietà di tipi di pietra all'interno di un'area geografica relativamente compatta, ciascuno dei quali è adatto a metodi di lavorazione specifici. Ad esempio, il granito denso e omogeneo presente nei pressi di Bressanone richiede un grande impegno per essere estratto e lavorato, favorendo l'uso di blocchi grandi e minimamente rifiniti. Al contrario, il calcare stratificato nelle regioni meridionali e sud-orientali si presta facilmente a essere spaccato in blocchi di dimensioni maneggevoli e grezzamente squadrate, semplificando la costruzione con materiali adatti al trattamento manuale. Altri tipi di pietra, come il tufo poroso della Val Venosta o l'arenaria, non sono ideali per blocchi di grandi dimensioni, ma si prestano perfettamente ad applicazioni decorative intricate, come cornici, telai per porte o mensole.

La tipica muratura portante in pietra è costituita da due strati esterni e un nucleo centrale di frammenti di pietra di dimensioni ridotte, noto come "riempimento". La sovrapposizione tra gli strati esterni è fondamentale per l'integrità strutturale della muratura, poiché contribuisce a stabilizzare il nucleo e a mitigare la deformazione degli strati esterni (Valluzzi, 2000). Lo spessore delle pareti tende a diminuire con l'altezza dell'edificio, passando da almeno 70 cm al piano terra a circa 50 cm nella parte superiore.

Anche la dimensione delle pietre diminuisce progressivamente con l'altezza. In alcuni casi, le murature venivano costruite in due fasi, con ciascuna metà che operava indipendentemente e supportava le travi del piano superiore. Lo spazio centrale risultante poteva essere lasciato vuoto o riempito con materiali isolanti, come paglia o scarti di legno, ottenendo così pareti che talvolta superavano il metro di spessore.



Figura 21. Sezione di muro in pietra danneggiato in Val Senales, con due strati esterni e un nucleo centrale composto da frammenti di pietra di piccole dimensioni. Foto: Lara Briz

La costruzione della muratura seguiva generalmente un processo orizzontale e gerarchico. I blocchi di pietra più grandi venivano posizionati per primi per definire gli strati esterni e interni, seguiti da pietre più piccole e frammenti per garantire l'interconnessione. La malta, in questo processo, svolge un ruolo essenziale nell'eliminare le irregolarità delle pietre, nel legare gli elementi, nel riempire le fessure e nel distribuire uniformemente i carichi. L'irregolarità delle pietre e delle giunture richiedeva l'uso di malta di alta qualità, una risorsa che le abbondanti cave di calcare dell'Alto Adige erano in grado di fornire in modo adeguato. Nonostante l'aspetto apparentemente irregolare della muratura non intonacata, la malta garantiva la stabilità e conferiva un aspetto uniforme alla struttura una volta intonacata.

2.4.2 Muratura in Legno

Fin dai tempi antichi, l'uomo ha impiegato il legno per la costruzione delle sue abitazioni, apprezzandone la disponibilità economica, soprattutto nelle aree in cui era facilmente reperibile, e le sue eccellenti proprietà meccaniche, come la resistenza alla trazione e alla compressione. Il legno ha continuato a essere uno dei materiali da costruzione più usati, al pari della pietra, fino alla fine del XIX secolo. Tuttavia, con il progresso della deforestazione, lo sviluppo del turismo e la crescente adozione di materiali e tecniche moderne, il legno ha visto una progressiva diminuzione del suo impiego, cedendo il passo ad altri materiali più adatti agli standard contemporanei.

Nella regione alpina, questo cambiamento è coinciso, non casualmente, con il declino del modello economico agropastorale. In Alto Adige, un'economia ancora radicata nell'agricoltura rurale, ha permesso un uso del legno leggermente più prolungato rispetto ad altre zone alpine. Inoltre, il modernismo tirolese, che si è sviluppato fino agli anni '30 del Novecento, ha visto il legno come un elemento distintivo dello stile "Heimatstil" (Abram, 2001), che esaltava le tradizioni locali e la tutela del paesaggio, idealizzando la tipica baita alpina. Oggi, l'uso del legno nelle costruzioni sta vivendo una vera e propria rinascita, sia in Alto Adige che in altre regioni, grazie non solo alle sue qualità strutturali e tecnologiche, ma anche al suo fascino estetico intrinseco.

Nel valutare le strutture in legno esistenti nella regione, è importante considerare che, a differenza delle costruzioni in pietra, quelle in legno sopravvissute fino ad oggi non rappresentano la totalità di quelle originariamente edificate. La deperibilità del legno ha infatti portato alla perdita di numerosi edifici storici,

un destino meno comune per gli edifici in pietra. Inoltre, il legno veniva spesso impiegato per costruzioni temporanee o per edifici agricoli all'interno di complessi rurali. L'evoluzione delle necessità agricole e la crescente pressione del mercato hanno portato alla sostituzione di molte di queste strutture con edifici più moderni.

L'edilizia in legno in Alto Adige si distingue per due principali sistemi costruttivi:

- **Sistema Blockbau/setti portanti:** Questo sistema prevede la sovrapposizione di tronchi incastrati agli angoli per formare pareti solide. Negli edifici agricoli, spesso si utilizzavano tronchi circolari posizionati in modo poco preciso per garantire una ventilazione adeguata al processo di essiccazione del fieno. Nelle strutture residenziali, invece, si impiegavano tronchi squadrati, isolati con muschio, e con incastri agli angoli particolarmente curati per assicurare stabilità e isolamento.
- **Sistemi a Telaio:** Comprendono il sistema *Ständerbau* ("ritti e panconi"), il *Bundwerk* ("crociera") e, più raramente, il *Fachwerk* ("a graticcio" o "a traliccio"). Questi sistemi si basano su una struttura portante composta da elementi verticali e orizzontali, con tamponamenti in legno o altri materiali. Il sistema *Ständerbau* e *Bundwerk* si distinguono per l'intreccio delle travi in legno e per le decorazioni, come i motivi traforati per la ventilazione. Il sistema *Fachwerk*, caratterizzato da bracci triangolari con riempimenti in pietra o malta, è raro ma presente in insediamenti densi come la Val Venosta o nella parte superiore di edifici rurali in pietra, dove era necessaria una maggiore leggerezza.

L'uso del legno variava in base alla localizzazione geografica e alla funzione degli edifici. Nelle altitudini più elevate, per esempio, dove le foreste di conifere fornivano abbondante materiale, si preferiva il sistema *Blockbau* con tronchi massicci, mentre nei fondovalle e nelle zone più basse erano più comuni i sistemi a telaio, più leggeri. Non era raro che edifici agricoli e residenziali combinassero più tecniche costruttive, adattandosi alle esigenze specifiche di ventilazione e stabilità strutturale di ciascuna parte dell'edificio.

Le principali tecniche costruttive menzionate sono sintetizzate nella tabella seguente.

Tecnica costruttiva	Caratteristiche	Uso Principale	Localizzazione Principale
Sistema Blockbau			
Blockbau a tronchi squadrati  Photo: Lara Briz	- Realizzato con tronchi squadrati incastrati agli angoli senza spazi tra loro - Le giunzioni sono talvolta riempite di muschio per aumentare l'isolamento	Muratura portante	Medie e alte altitudini seguendo le tradizioni edilizie locali (in particolare Val d'Ultimo, Val Ridanna, Val Senales)
Blockbau con tronchi arrotondati	- Costruito con tronchi rotondi sovrapposti, lasciando uno spazio tra gli incastri per la ventilazione	Muratura portante, quasi esclusivamente in edifici agricoli	Medie e alte altitudini in tutto il territorio

 Photo: Lara Briz			
Sistemi a Telaio			
Ständerbau / «ritti e panconi»  Photo: Lara Briz	- Elementi verticali (ritti) posti a intervalli regolari, con scanalature laterali per inserire gli elementi orizzontali (panconi)	<i>Tipicamente nella parte superiore dell'edificio, sopra una base di muratura in pietra</i>	In tutto il territorio secondo le tradizioni locali
Bundwerk / «crociera»  Photo: Lara Briz	- Elementi squadrati in legno di piccole dimensioni che costituiscono l'intelaiatura (pilastri e travi) e con tavole per la chiusura delle pareti.	<i>Tipicamente nella parte superiore dell'edificio, sopra una base di muratura in pietra</i>	In tutto il territorio secondo le tradizioni locali (ad esempio Val Sarentino)
Fachwerk / “a graticcio” o “a traliccio”  Photo: Lara Briz	- Intelaiature in legno, con gli spazi fra le travi riempiti da pietre e malta	<i>Tipicamente nell'ultimo piano dell'edificio</i>	<i>Su tutto il territorio, in particolare Val Venosta e valli vicine</i>

2.4.3 Muratura in Mattoni

La muratura in mattoni è costituita dall'unione di mattoni o blocchi legati da malta. Sebbene simile alla muratura in pietra, la disposizione regolare dei mattoni conferisce a questa tecnica caratteristiche uniche sia funzionali che estetiche.

Fino ai primi anni del XX secolo, in Alto Adige la muratura in mattoni era poco diffusa e utilizzata principalmente come muratura portante, realizzata con mattoni pieni disposti in configurazioni variabili in base allo spessore richiesto (una testa, due teste, tre teste, ecc.). Successivamente, nel corso del XX secolo, la pietra e i mattoni iniziarono a essere combinati in murature miste, in cui i mattoni venivano utilizzati per "listare" la pietra. L'introduzione del cemento armato in questo periodo fu limitata principalmente a travi appoggiate su murature miste, che sostenevano i primi solai in laterocemento, mentre cominciavano a comparire anche i primi edifici residenziali con telaio in cemento armato.

Con il passare del tempo, la pietra perse il suo ruolo predominante e la muratura portante in mattoni pieni divenne più comune. Tuttavia, in Alto Adige il mattone pieno non raggiunse mai una diffusione significativa, venendo presto sostituito dai mattoni forati, più leggeri e versatili. Questi mattoni si adattavano meglio alla costruzione di murature di tamponamento all'interno di telai in cemento armato, seguendo così l'evoluzione nazionale verso questa tecnica costruttiva.



Figura 22. Muratura in laterizio forato a monostrato in un edificio degli anni '60 ad Appiano.
Foto: Lara Briz

A partire dagli anni '70, durante la crisi energetica, si iniziò a produrre oltre al laterizio tradizionale anche laterizi alleggeriti, per migliorare le caratteristiche di isolamento termico. Negli ultimi decenni, è stata sviluppata la tecnologia dei laterizi alleggeriti termoisolanti, come il Poroton®, un laterizio porizzato ottenuto mediante l'aggiunta di polistirolo espanso (piccole sfere di 1-2 mm di diametro) all'argilla cruda. Questo materiale, nato per migliorare la resistenza termica, ha acquisito nel tempo caratteristiche di versatilità e completezza, diventando un vero e proprio sistema costruttivo.

A seconda della configurazione, le murature in laterizio si suddividono principalmente in due categorie:

- **Monostrato:** in cui lo spessore della muratura corrisponde a quello del singolo elemento.
- **Doppio o pluristrato:** in cui la muratura è composta da due o più strati di laterizio, che possono essere contigui o separati.

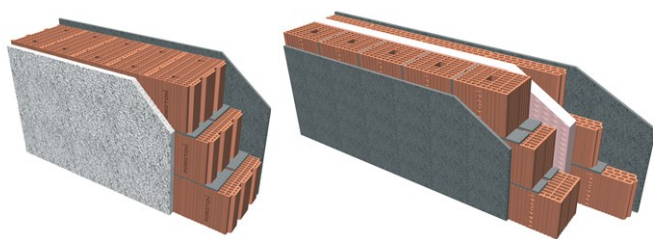


Figura 23. Murature in mattoni monostrato e a doppio strato. Fonte: <https://www.lavoripubblici.it/prodotti/Blocchi-POROTON-R-Termoisolanti/613>

Nelle murature portanti, i mattoni svolgono sia funzioni statiche sia di isolamento termico, con prestazioni variabili in base alla tecnologia costruttiva e alle esigenze progettuali. Quando si tratta di murature a doppio strato, il comportamento monolitico si ottiene solo se esiste un collegamento solido ed efficace tra gli strati. Questa configurazione consente di separare le funzioni strutturali da quelle di isolamento o estetiche, con strati spesso separati da un'intercapedine riempita con materiale isolante per migliorare le prestazioni termiche complessive.

La posizione dello strato portante dipende dalla progettazione. Quando lo strato portante è interno e l'isolamento esterno, si ottimizza l'accumulo termico, risultando ideale per ambienti che richiedono un'elevata conservazione del calore. Lo strato esterno, in questo caso, può essere lasciato "a faccia vista" senza necessità di intonaco, anche se questa soluzione, comune in altre parti d'Italia, è rara in Alto Adige. Al contrario, quando lo strato portante è esterno e l'isolamento è interno, la capacità di accumulo termico diminuisce, ma l'isolamento rimane comunque efficace.

Inoltre, i mattoni in laterizio possono essere impiegati per realizzare murature armate. In queste strutture, le armature verticali vengono inserite in alloggiamenti o fori nei blocchi, successivamente riempiti con malta o calcestruzzo. Le armature orizzontali, invece, vengono posizionate nei letti di malta o in scanalature, utilizzando barre, tralicci o reti elettrosaldate. Questi accorgimenti migliorano la resistenza alla flessione, aumentano la stabilità contro azioni orizzontali come vento e sisma, e riducono il rischio di collassi fragili, garantendo maggiore duttilità e resistenza a lungo termine.

2.4.4 Muratura in Calcestruzzo

L'uso del calcestruzzo fin dai suoi primi impieghi si è distinto principalmente nella realizzazione di telai in cemento armato. Questi telai includono cordoli in cemento armato disposti sia orizzontalmente che verticalmente, adeguatamente connessi tra loro e aderenti agli elementi murari, con i quali formano un unico organismo resistente. L'effetto dell'intelaiamento è quello di conferire maggiore duttilità alla muratura, ridurre il degrado della resistenza e diminuire la suscettibilità ai danni.

Quando il calcestruzzo viene utilizzato sotto forma di blocchi, questi sono classificati in base alla percentuale di foratura, analogamente ai laterizi, e si possono produrre essenzialmente due tipologie: blocchi in calcestruzzo normale e blocchi in calcestruzzo alleggerito. Quest'ultima variante viene ottenuta miscelando argilla espansa o altri aggregati a bassa densità al conglomerato cementizio.

I blocchi in calcestruzzo trovano impiego sia nella muratura ordinaria sia nella muratura armata. La loro forma è progettata in modo da facilitare l'inserimento delle armature, rendendoli un materiale versatile e adatto a diverse esigenze costruttive.

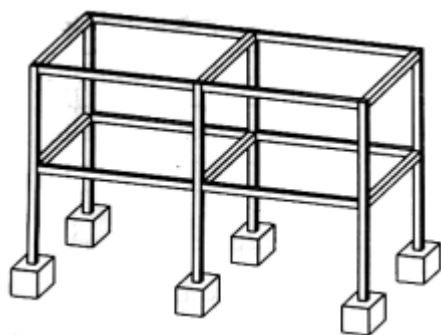


Figura 24. Telaio in cemento armato a nodi rigidi. Fonte:
<http://www.marcogelati.it/WEB/00%20-%20PRINCIPI%20DEL%20TELAIO%20IN%20CEMENTO%20ARMATO.pdf>

2.4.5 Struttura a pannelli portanti

Per concludere il capitolo dedicato ai sistemi costruttivi dell'Alto Adige, è importante menzionare l'uso dei pannelli prefabbricati, inizialmente in cemento armato e, successivamente, anche in legno. La prefabbricazione si riferisce a un processo industriale che prevede la produzione di elementi edilizi, interamente o parzialmente preassemblati in fabbrica, destinati poi a essere montati sul sito di costruzione.

Questa tecnica ha radici storiche: già nel XIX e all'inizio del XX secolo, si esploravano soluzioni prefabbricate per rispondere alle emergenze abitative post-belliche e per ridurre costi e tempi di costruzione. Negli anni '60, la diffusione dei pannelli portanti prefabbricati subì un'accelerazione, ispirata dalle esperienze dell'Europa dell'Est nella realizzazione di grandi complessi residenziali. Sin da allora, e soprattutto negli ultimi anni, il settore ha conosciuto una crescita esponenziale a livello globale, con previsioni di aumento del mercato modulare del 6% annuo fino al 2025. L'Italia, pur essendo tradizionalmente in ritardo rispetto ai paesi anglosassoni, ha recuperato rapidamente terreno, quintuplicando il mercato della prefabbricazione dal 2007, in particolare nel settore residenziale (Muratore, 2022).



Ragione sociale	Divisione prefabbricati	Ricavi 2018 (€)	Ricavi 2017 (€)	Provincia
WOLF SYSTEM SRL	Wolf Haus	84.960.536	72.580.611	Bolzano/Bozen
IMOLA LEGNO SPA	Building Division	70.768.768	74.254.020	Bologna
RUBNER HAUS SPA	-	n.d.	42.476.283	Bolzano/Bozen
RUBNER OBJEKTBAU SRL	-	17.832.468	23.100.872	Bolzano/Bozen
RUBNER HOLZBAU SPA	-	23.821.183	26.581.335	Bolzano/Bozen
WOOD BETON SPA	-	28.094.755	12.013.928	Brescia
DAMIANI-HOLZ&KO SPA	Ligno Alp	30.688.353	28.975.160	Bolzano/Bozen

Figura 25. Distribuzione regionale delle case in legno in Italia, tratta dal "Rapporto case ed edifici in legno 2019" di Federlegno, e tabella con le principali aziende produttrici di pannelli prefabbricati in legno in Italia (Muratore, 2022)

In Alto Adige, la produzione di pannelli prefabbricati in legno è un pilastro dell’economia edilizia regionale. Beneficiando di abbondanti risorse forestali e di una lunga tradizione artigianale, il territorio ospita alcune delle aziende più importanti del settore, responsabili del 51% della produzione nazionale (Tosco, 2024). Gli sviluppi tecnologici, come la digitalizzazione e l’uso del Building Information Modeling (BIM), insieme agli incentivi provinciali per la ricerca e lo sviluppo, hanno rivoluzionato il settore, garantendo precisione, riduzione degli errori e integrazione tra progetto e produzione.

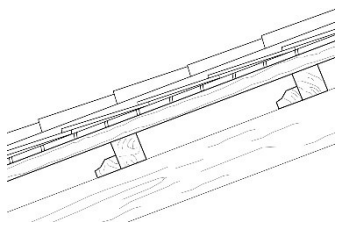
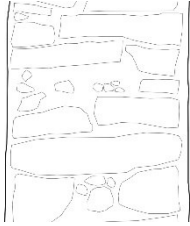
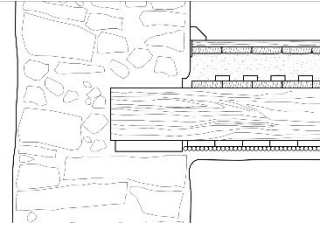
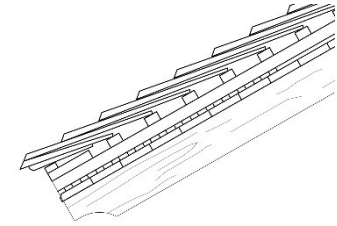
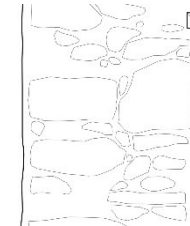
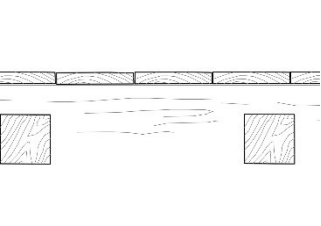
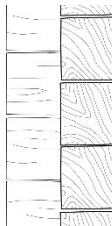
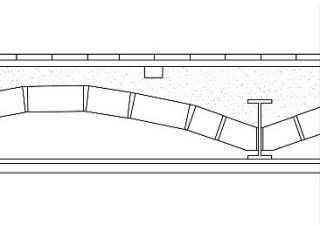
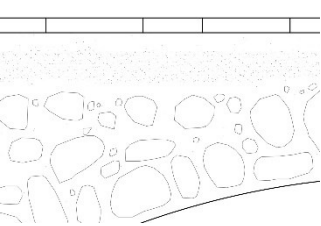
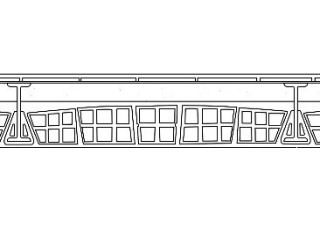


Figura 26. Modulo in legno prefabbricato del progetto Legnattivo, monitorato presso il parco Eurac. Il progetto, già descritto nella sezione 2.2, mira a sviluppare sistemi di facciata prefabbricata multifunzionale in legno per il retrofit di edifici residenziali, ottimizzando i tempi di cantiere. Fonte: <https://www.marlegno.it/blog/marlegno/facciate-in-legno-per-il-risana-mento-energetico>

3 Schede di tipologie costruttive edilizie per periodo di costruzione in Alto Adige

Le informazioni raccolte nelle sezioni precedenti sono state sintetizzate in schede organizzate secondo cinque periodi costruttivi (<1920, 1920-1945, 1945-1975, 1975-1991 e >1991). Per ciascun periodo, sono presentate immagini esemplificative delle tipologie edilizie più comuni, secondo la classificazione descritta nel paragrafo 3.2 (casa monofamiliare, casa a schiera, edificio multifamiliare e blocco di appartamenti). Inoltre, sono stati analizzati e disegnati i principali dettagli costruttivi riscontrati nel patrimonio edilizio esistente della provincia di Bolzano, suddivisi in tre categorie: coperture, chiusure verticali e solai.

<1920			
Principali Tipologie Edilizie:			
			
Photo: Lara Briz	Photo: Lara Briz	Photo: Lara Briz	Photo: Lara Briz
Casa monofamiliare	Casa a schiera	Edificio multifamiliare	Blocco di appartamenti
Principali Tipologie Costruttive:			

TETTO	CHIUSURE VERTICALE	SOLAIO
		
Tetto a falde con strutture e tavolato in legno, coperture in tegole ceramiche	Muratura di pietra intonacata	Solaio in legno e riempimento in terra o pietra
		
Tetto a falde con strutture e tavolato in legno, copertura in tegole di legno	Muratura di pietra e pannello di legno	Solaio in legno secco a orditura semplice o doppia
		
	Muratura a tronchi squadrati/Blockbau	Solaio a profilati in acciaio e voltine in laterizio
		
	Muratura a "ritti e panconi" o a "crociera"	Volta in pietra
		

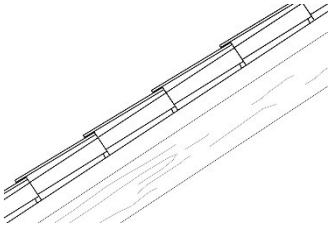
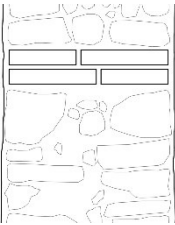
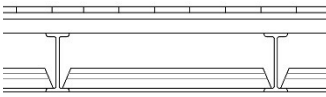
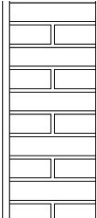
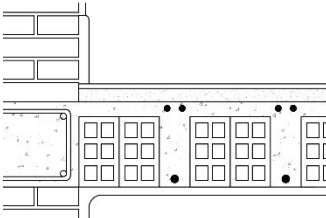
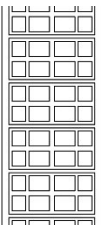
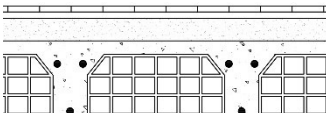
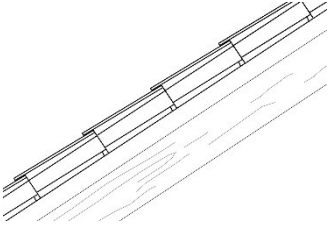
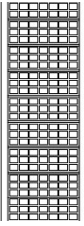
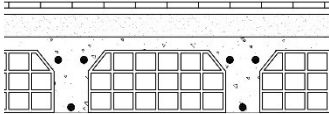
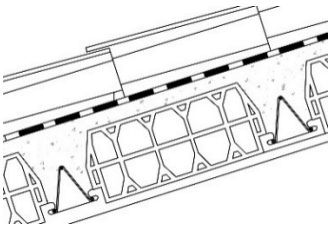
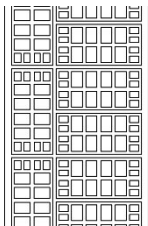
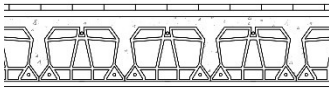
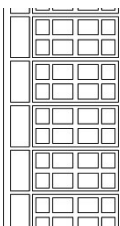
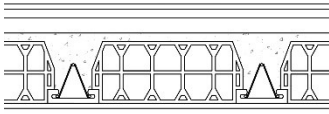
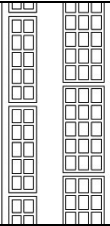
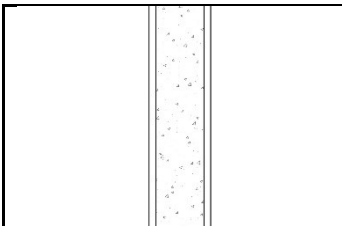
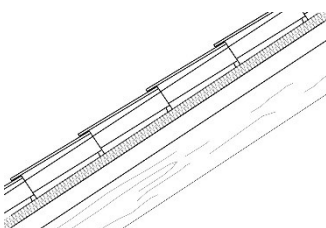
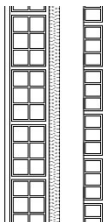
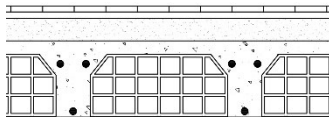
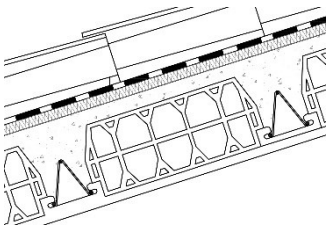
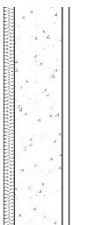
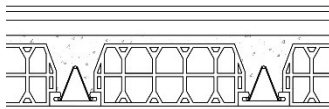
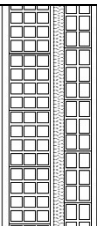
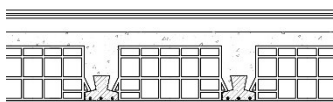
	Muratura “a graticcio” e riempimento in terra o pietra	Solaio a profilati in acciaio e volterrane	
1920-1945			
Principali Tipologie Edilizie:			
			
Photo: Google Maps 2025	Photo: Google Maps 2025	Photo: Google Maps 2025	Photo: Google Maps 2025
Casa monofamiliare	Casa a schiera	Edificio multifamiliare	Blocco di appartamenti
Principali Tipologie Costruttive:			
TETTO	CHIUSURE VERTICALE	SOLAIO	
			
Tetto a falde con strutture e tavolato in legno, coperture in tegole ceramiche	Muratura di pietra listata con mattoni	Solaio a profilati in acciaio e tavelloni in laterizio	
			
	Muratura in mattoni pieni a due o tre teste	Solaio latero-cementizio con mattoni forati	
			
	Muratura semplice in mattoni forati	Solaio latero-cementizio con blocchi in laterizio	
1945-1975			
Principali Tipologie Edilizie:			

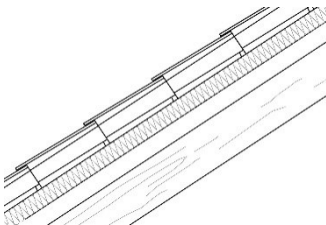
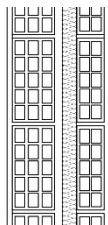
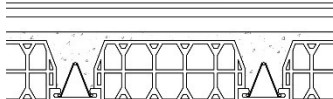
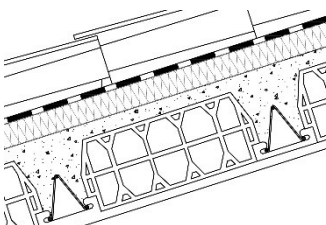
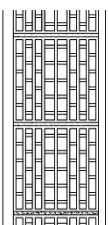
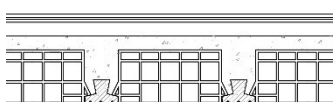
 Photo: Google Maps 2025	 Photo: Google Maps 2025	 Photo: Google Maps 2025	 Photo: Google Maps 2025
Casa monofamiliare	Casa a schiera	Edificio multifamiliare	Blocco di appartamenti
Principali Tipologie Costruttive:			
TETTO	CHIUSURE VERTICALE	SOLAIO	
			
Tetto a falde con strutture e tavolato in legno, coperture in tegole ceramiche	Muratura semplice in mattoni forati/blocchi di calcestruzzo	Solaio latero-cementizio con blocchi in laterizio	
			
Tetto a falde in laterizio	Muratura doppia in mattoni forati/blocchi di calcestruzzo	Solaio latero-cementizio a travi in laterizio armato	
			
	Muratura in mattoni pieni e forati, con o senza intercapedine d'aria	Solaio latero-cementizio a travi tralicciati	
			
Muratura a cassa vuota in mattoni forati			

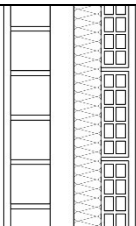
				
		Muratura in calcestruzzo con getto in opera		

1975-1991				
Principali Tipologie Edilizie:				
				
Photo: Google Maps 2025		Photo: idealista.it		
				
Photo: Google Maps 2025		Photo: Google Maps 2025		
Casa monofamiliare		Casa a schiera		
		Edificio multifamiliare		Blocco di appartamenti

Principali Tipologie Costruttive:		
TETTO	CHIUSURE VERTICALE	SOLAIO
		
Tetto a falde con strutture e tavolato in legno, coperture in tegole ceramiche	Muratura a cassa vuota con mattoni forati/blocchi di calcestruzzo e intercapedine, basso livello d'isolamento	Solaio latero-cementizio con blocchi in laterizio
		
Tetto a falde in laterizio con basso livello d'isolamento	Muratura di calcestruzzo, con getto in opera/prefabbricata, basso livello isolamento	Solaio latero-cementizio a travi tralicciati

		
	Muratura a cassa vuota con mattoni forati/blocchi di calcestruzzo, basso livello d'isolamento	Solaio latero-cementizio con travi prefabbricati

Dopo 1991			
Principali Tipologie Edilizie:			
 Photo: idealista.it	 Photo: idealista.it	 Photo: Google Maps 2025	 Photo: Google Maps 2025
Casa monofamiliare	Casa a schiera	Edificio multifamiliare	Blocco di appartamenti
Principali Tipologie Costruttive:			
TETTO	CHIUSURE VERTICALE	SOLAIO	
			
Tetto a falde con strutture e tavolato in legno, coperture in tegole ceramiche	Muratura a cassa vuota con mattoni forati/blocchi di calcestruzzo, medio o alto livello d'isolamento	Solaio latero-cementizio a travi tralicciati	
			
Tetto a falde in laterizio con medio o alto livello d'isolamento	Muratura monostrato di blocchi forati in laterizio	Solaio latero-cementizio con mattoni forati	

		
	Muratura a cassa vuota con mattoni forati/blocchi di calcestruzzo e intercapedine, medio o alto livello d'isolamento	
		
	Calcestruzzo getto in opera/prefabbricato, medio o alto livello d'isolamento	

4 Conclusioni

Il presente rapporto ha avuto come obiettivo principale l'analisi del patrimonio edilizio della provincia di Bolzano, con l'intento di identificare le principali tecniche costruttive e i materiali prevalenti negli edifici esistenti.

Lo studio è stato avviato con un'analisi statistica che ha rivelato come la maggior parte degli edifici della provincia siano stati costruiti prima dell'introduzione della prima legge sul risparmio energetico (n. 373 del 1976). Questa analisi, integrata da una sintesi di studi a livello europeo, nazionale e regionale, ha fornito un quadro articolato del patrimonio edilizio residenziale, considerando fattori come l'altezza degli edifici, i periodi di costruzione, i tassi di rinnovamento e altre caratteristiche rilevanti.

In Alto Adige, il risanamento energetico rappresenta oggi il principale ambito di intervento edilizio, sia in termini di numero di progetti sia per l'entità degli investimenti. La tendenza prevalente è quella di privilegiare la riqualificazione energetica rispetto alla costruzione di nuovi edifici. La maggior parte degli interventi di riqualificazione si concentra sugli edifici costruiti tra il 1946 e il 1971. Al contrario, gli edifici realizzati in periodi precedenti, sebbene spesso caratterizzati da condizioni conservative più critiche, mostrano tassi di rinnovamento inferiori. Questo fenomeno può essere attribuito, almeno in parte, alla mancanza di conoscenze tecniche sui materiali e sulle configurazioni storiche, che risultano spesso incompatibili con gli attuali standard.

Fino al 1945, le tecniche costruttive erano principalmente basate sull'uso di materiali locali e sull'applicazione di tradizioni artigianali. A partire dal 1920, con l'industrializzazione crescente, nuove tecnologie brevettate hanno iniziato a influenzare in modo significativo le pratiche edilizie. Successivamente, a partire dal 1976, la crisi energetica e l'introduzione di normative più rigorose hanno spinto verso un'evoluzione nelle modalità costruttive.

Le schede tecniche elaborate, frutto dell'analisi bibliografica e delle indagini sul campo, offrono una panoramica rappresentativa delle principali soluzioni costruttive presenti sul territorio, suddivise per periodi storici di costruzione. Sebbene queste schede coprano solo una parte della vasta varietà di configurazioni esistenti, esse forniscono una base solida per supportare le fasi successive del progetto. In particolare, i risultati ottenuti saranno fondamentali per il Task 3.2, dedicato all'identificazione e al reperimento dei materiali tipici dell'Alto Adige, che verranno successivamente analizzati in laboratorio nel Task 3.3. Inoltre, le informazioni raccolte orienteranno la selezione degli edifici rappresentativi su cui verranno effettuate le misure in situ previste dal Task 3.4. Infine, la conoscenza dei dettagli costruttivi tipici sarà determinante per la realizzazione del catalogo di nodi costruttivi per soluzioni di isolamento interno nel Task 5.2.

5 Riferimenti bibliografici

- Abram, Z. (2001). Episoden der Holzgeschichte. *Turris Babel. Holzhäuser / Case in Legno* 52, 6-.
- BPIE. (2017). *Factsheet: 97% of Buildings in the EU Need to be Upgraded*. 2. http://bpie.eu/wp-content/uploads/2017/12/State-of-the-building-stock-briefing_Dic6.pdf
- Muratore, F. (2022). *I processi di industrializzazione dell'edilizia prefabbricata, I contesti della sperimentazione*.
- Pedri, U., & Haas, F. (2014). *Gewürztraminerweine unter verschiedenen Standortbedingungen Klimaekdaten*.
- Tosco, A. (2024). *L'innovazione tecnologica del settore AEC nel contesto del Trentino – Alto Adige. Il processo evolutivo dell'involucro edilizio e il caso studio dell'Hotel La Briosà*. Politecnico di Torino.
- Valluzzi, M. R. (2000). *Comportamento meccanico di murature consolidate con materiali e tecniche a base di calce*. Università degli Studi di Padova, Università degli Studi di Trento.