

Indice degli argomenti

Introduzione	5
1. Architettura bioclimatica	7
1.1 Le radici dell'architettura bioclimatica	12
1.2 I sistemi passivi	16
1.2.1 Produzione e mantenimento del calore	16
1.2.2 Protezione dal surriscaldamento estivo	24
1.2.3 Aerazione dei locali	26
1.2.4 Sfruttamento dell'illuminazione diurna	27
1.3 I sistemi attivi	28
1.3.1 Produzione del calore	29
1.3.2 Conservazione del calore	37
1.3.3 Distribuzione del calore a basse temperature	39
1.3.4 Produzione di energia elettrica	40
1.4 Bibliografia dedicata	43
2. La certificazione energetica degli edifici	45
2.1 Evoluzione normativa in Italia	49
2.1.1 La normativa tecnica	54
2.1.2 La normativa regionale	57
2.2 Lo standard CasaClima	58
2.3 Lo standard Vi.Energia	61
2.4 Bibliografia dedicata	65
3. Storia dell'architettura alpina	67
3.1 Gli anni Trenta	72
3.2 Gli anni Cinquanta	76
3.3 Il risveglio delle Alpi Orientali	78
3.4 Gli anni Sessanta	84
3.5 Il contemporaneo	87
3.6 Bibliografia dedicata	95

4. L'architettura vernacolare nello Zoldano	99
4.1 Il Comune di Forno di Zoldo	103
4.2 Le tipologie edilizie della tradizione	106
4.3.1 I materiali	114
4.3 Il paese di Fornesighe	117
4.4 Bibliografia dedicata	134
5. Relazione di progetto	137
5.1 La scelta del sito	151
5.1.1 Il contesto climatico	154
5.2 La scelta della destinazione	157
5.3 Bibliografia dedicata	159
5.4 La forma	160
5.5 I materiali	171
5.6 Gli accorgimenti bioclimatici	178
5.7 Il sistema impiantistico	184
5.8 La certificazione energetica	192
5.9 Il foglio di calcolo	194
Bibliografia completa	223
Ringraziamenti	227

Introduzione

Allo scopo di interpretare al meglio gli insegnamenti forniti dal corso di laurea in Ingegneria Edile Architettura, si è deciso di coronare il percorso di studi con un laboratorio di tesi volto alla sintesi di aspetti tecnici insieme ad altri di natura architettonica, in un'ottica di multidisciplinarietà.

Il lavoro verte alla progettazione di un edificio turistico-ricettivo di tipo ostello per la gioventù da collocarsi all'interno del paese gioiello di Fornesighe, situato tra le montagne bellunesi.

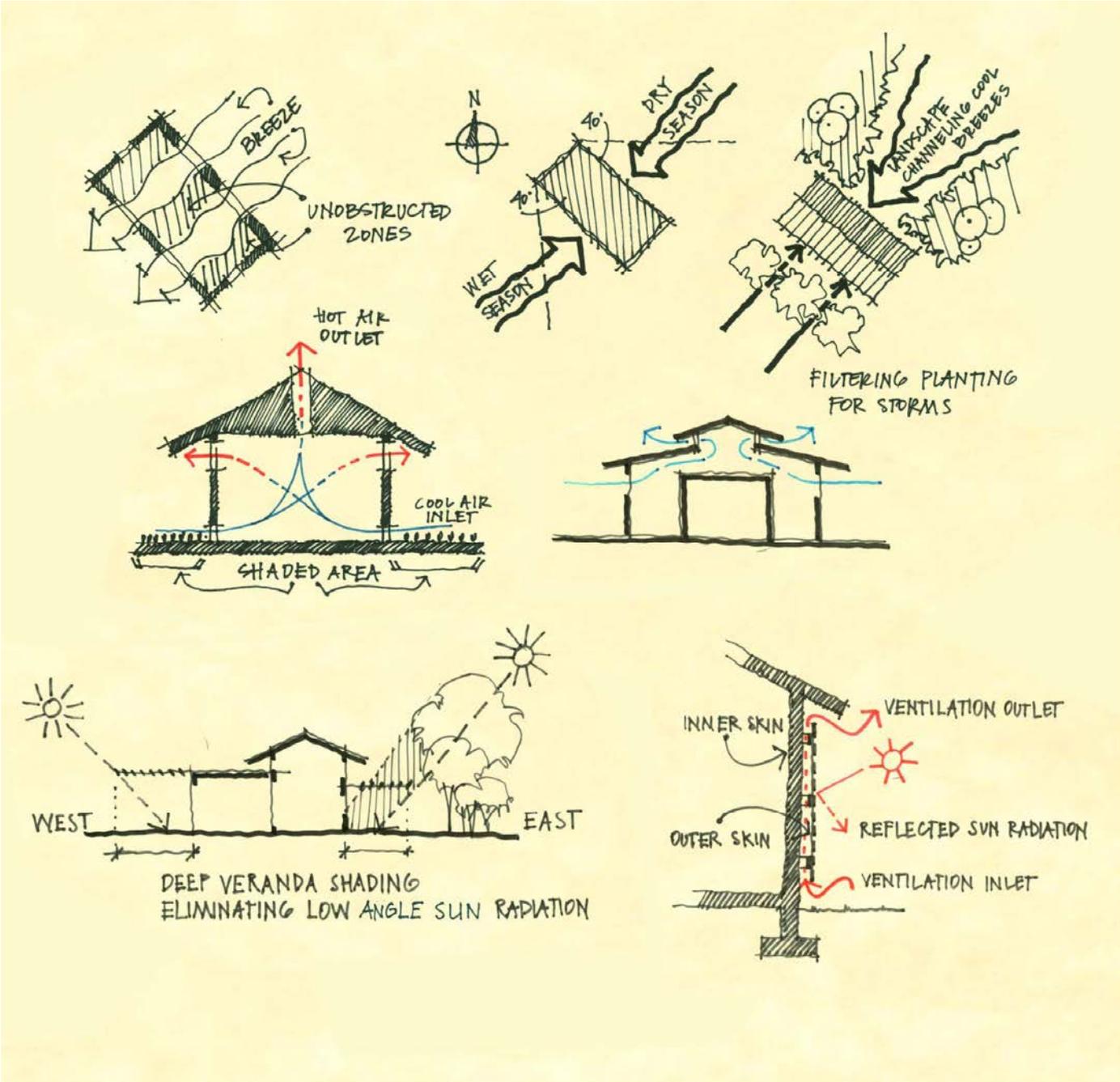
Lo scopo ultimo è quello di arrivare alla definizione di un progetto architettonico che si fondi su tre solide basi le quali, pur essendo originate in tempi e luoghi molto distanti, portano spesso alle stesse scelte progettuali.

Le discipline qui considerate, il cui studio si ritiene indispensabile per costruire un nuovo edificio in ambito montano, sono l'architettura vernacolare del luogo che ospiterà il progetto, i principi di architettura bioclimatica e le dinamiche dalla storia dell'architettura alpina contemporanea.

Si procederà quindi, innanzitutto, all'analisi dei principi fondanti e alla ricomposizione delle vicende storiche che caratterizzano i tre ambiti, per poi comprendere quali di queste siano applicabili alle condizioni al contorno prescelte.

L'edificio risultante sarà in questo modo guidato nel suo sviluppo da un connubio tra architettura e ingegneria, ma anche fra tradizione e innovazione, con l'obiettivo di cogliere il meglio da ciascuno di questi aspetti.

1. Architettura bioclimatica



L'Istituto Nazionale di Bioarchitettura (INBAR), fondato nel 1991, nel suo statuto enuncia all'art. 2: "Si definisce Bioarchitettura l'insieme delle discipline che attuano e presuppongono un atteggiamento ecologicamente corretto nei confronti dell'ecosistema antropico-ambientale. In una visione caratterizzata dalla più ampia interdisciplinarietà e da un utilizzo razionale e sostenibile delle risorse, la Bioarchitettura tende alla conciliazione e integrazione delle attività e dei comportamenti umani con le preesistenze ambientali e i fenomeni naturali, al fine di realizzare un miglioramento della qualità della vita attuale e futura." (cit. statuto dell'Istituto Nazionale di Bioarchitettura, 1987)

A livello operativo, però, tale definizione tralascia alcuni aspetti fondamentali per procedere a un lavoro di progettazione.

La letteratura non aiuta, poiché è possibile riscontrare in diversi testi numerosissime definizioni dissimili per il termine "architettura bioclimatica", molte delle quali sono incomplete o confuse con quelle di ambiti limitrofi, quali "architettura sostenibile" o "architettura solare", il cui limite risulta poco chiaro.

Nell'ambito di questo studio si è scelto, quindi, di avvalersi di quella formulata

dell'Arch. Valeria Roviglioni in sede di tesi di dottorato:

"Per edilizia bioclimatica si intende quella specifica branca della bioarchitettura finalizzata al raggiungimento del comfort ambientale all'interno di un edificio, procedendo in prima istanza alla minimizzazione dei consumi energetici necessari per la realizzazione del benessere abitativo (riscaldamento, raffrescamento e illuminazione diurna) e, allo stesso tempo, alla limitazione dell'inquinamento dell'ambiente circostante.

Questa disciplina affida, quindi, in modo prevalente, al contesto climatico in cui viene realizzato l'edificio, al suo orientamento e alla sua struttura, il compito di sfruttare la radiazione solare e di trarre il maggior vantaggio dal microclima locale, per ottenere il soddisfacimento delle esigenze progettuali. L'edilizia bioclimatica diventa, in questo modo, una delle principali risorse tra le tecnologie energetiche basate su fonti nuove e rinnovabili, sfruttando al massimo gli apporti energetici naturali in maniera "passiva". (Cit. V. Roviglioni, Tesi di dottorato: *Ricerca delle condizioni di applicabilità delle Fonti Energetiche Nuove e Rinnovabili sul territorio. Il modulo urbano sostenibile per piccoli insediamenti*, Cap.

1.2, p.21, relatore Prof. V. Naso, Università Roma La Sapienza, 2005).

- Concetti chiave nella definizione di "architettura bioclimatica":
- realizzazione del comfort ambientale interno
 - limitazione dei consumi energetici
 - riduzione dell'inquinamento
 - studio del microclima locale
 - sfruttamento degli apporti energetici gratuiti
 - concezione intelligente degli impianti
 - utilizzo consapevole dei materiali da costruzione

Tale definizione mette in luce tutta la complessità realizzata dal legame tra i temi fondamentali che caratterizzano l'architettura bioclimatica, i quali toccano ambiti talvolta molto diversi come lo studio del macroclima ambientale, il concetto di comfort interno di un edificio, la progettazione dell'involucro allo scopo di captare l'energia in modo passivo e la concezione efficiente degli impianti di climatizzazione.

I principi della bioclimatica forniscono una serie di indicazioni allo scopo di guidare la progettazione.

Essi tengono conto dei metodi a più basso impatto per fornire i requisiti necessari alla realizzazione del comfort interno, che sono legati a elementi naturali, e individuati in: produzione e mantenimento del calore (caldo), generazione del freddo e smaltimento di calore (freddo), razionalizzazione della ventilazione (aria), ottimizzazione dell'illuminazione (luce), cui si aggiungono, per garantire l'utilizzo degli spazi, la disposizione di acqua potabile e di acqua sanitaria (acqua) e la generazione di energia elettrica (elettricità).

Questi fattori possono essere sempre prodotti, o in alcuni casi mantenuti, attraverso metodi attivi o passivi.

Con sistemi attivi si definiscono quei dispositivi in grado di produrre energia,

termica o elettrica, a partire da fonti di tipo rinnovabile grazie all'uso di impianti tecnologici.

Ne sono un esempio i pannelli solari termici e le pompe di calore geotermiche o ad aria per la produzione di energia termica, e i pannelli fotovoltaici, le pale eoliche o gli impianti idroelettrici per la produzione di elettricità.

I sistemi passivi, invece, sfruttano le componenti proprie dell'edificio per la captazione, l'accumulo e la distribuzione dell'energia; ciò può accadere nel caso di vaste vetrate esposte a sud, di grandi masse murarie o di dispositivi quali i muri di Trombe-Michelle.

Tali apporti, seppur completamente gratuiti, richiedono uno sforzo progettuale in fase iniziale, poiché prevedono la concezione dell'edificio stesso come una macchina per raccogliere e conservare energia attraverso l'ottimizzazione dell'involucro edilizio.

In entrambi i casi, trattandosi di fonti rinnovabili, la produzione di energia avviene sfruttando elementi naturali propri del sito di costruzione, come la radiazione solare, i venti dominanti, l'inerzia del terreno o la temperatura dell'aria esterna.

Va reso noto che, in questo studio, alcuni dei requisiti sopra citati verranno affrontati solo marginalmente, si tratta della tematica

della produzione di freddo, in quanto non si è reso necessario progettare un sistema di climatizzazione estiva nell'ambito di progetto scelto, e dello studio della luce, poiché la destinazione alberghiera non richiede condizioni particolari, in quanto si prevede una permanenza limitata nel tempo degli ospiti.

Al contrario, l'aspetto su cui ci si è più concentrati è il mantenimento e la produzione di calore, poiché, collocando l'edificio oggetto di studio, in ambiente montano, questo risultava l'indicatore più critico, ed è sembrato coerente dedicargli maggiore attenzione.

Fattori elementari per la realizzazione del comfort interno:

- Caldo - produzione e mantenimento del calore
- Freddo - generazione del freddo e smaltimento di calore
- Aria - razionalizzazione della ventilazione
- Luce - ottimizzazione dell'illuminazione
- Acqua - disposizione di acqua potabile e acqua sanitaria
- Elettricità - generazione di energia elettrica

Prospetto 1: Obiettivi e strategie dell'architettura bioclimatica

Obiettivi



Caldo



Freddo



Luce



Aria



Acqua



Elettricità

Produzione e conservazione di calore

Raffrescamento degli ambienti

Illuminazione dei locali

Ventilazione e purezza dell'aria

Disposizione di acqua sanitaria

Utilizzo di energia elettrica

Strategie



Ottimizzazione della geometria



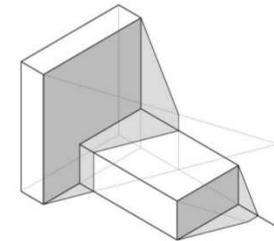
Coibentazione dell'involucro



Sfruttamento delle superfici trasparenti



Orientamento all'interno del lotto



Ombreggiamento



Sfruttamento della radiazione solare



Impianti sostenibili

Caldo
Freddo
Luce
Aria

Caldo
Freddo

Caldo
Luce

Caldo
Freddo
Luce
Aria

Freddo
Luce

Caldo
Acqua
Elettricità

Caldo
Freddo
Aria
Acqua
Elettricità
Luce

1.1 Le radici dell'architettura bioclimatica

Sebbene la tematica dell'architettura bioclimatica e, più in generale, quella della sostenibilità, sia ancora in corso di definizione, e stiano assumendo proprio in questi anni una valenza fondamentale, è importante ricordare che non si tratta solo di questioni legate alla vita moderna, ma, al contrario, tali considerazioni affondano le loro radici in tempi molto antichi.

Le prime abitazioni che l'uomo costruiva, infatti, non avevano alternative se non quella di adattarsi al clima del territorio su cui sorgevano e, in questo modo, esse costituivano, inconsapevolmente, modelli di architettura bioclimatica.

Gli esempi si possono ricercare a tutte le latitudini, in quanto, se si guarda alla produzione edilizia tradizionale, fin dai tempi più remoti ciascuna fascia climatica ha sviluppato tipologie costruttive che permettessero il miglior comfort interno possibile, a partire dalle condizioni esterne. Nel corso della storia, in un primo momento tutte le potenzialità di controllo del microclima interno vengono affidate

all'involucro dell'edificio e alla posizione dello stesso nei confronti del territorio.

Limitandosi nella considerazione alla sola penisola italiana, si assiste a una divisione in due filoni di strategie bioclimatiche fondamentali, per far fronte alle due situazioni climatiche predominanti: il clima mediterraneo, caratterizzato da inverni miti e piovosi ed estati calde e secche, e quello alpino, decisamente più rigido nella lunga stagione fredda e fresco e piovoso in estate.

Le strategie adottate dall'architettura spontanea nel primo caso si possono riassumere in:

- uso di grandi masse murarie allo scopo di fornire un'elevata inerzia termica che ritarda l'ingresso del calore;
- adozione di colori chiari per i paramenti esterni così da minimizzare i guadagni solari;
- sfruttamento degli elementi di ombreggiamento quali tende o vegetazione distribuite all'interno del tessuto urbano;
- realizzazione di fontane in prossimità degli abitati per giovare del raffreddamento evaporativo.

Esempi applicativi di quanto enunciato possono essere i Trulli, edifici tipici di alcune zone della Puglia, tra cui Alberobello.



Figura 1.1. I Trulli di Alberobello

Fonte: B. Rudosky, *Le meraviglie dell'architettura spontanea*, Ed. Laterza, 1979

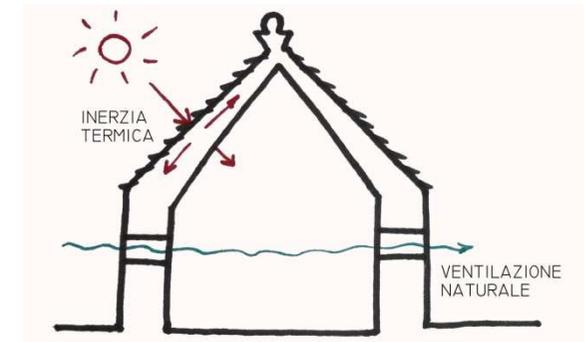


Figura 1.2. Schema del funzionamento bioclimatico di un Trullo

Tale tipologia è caratterizzata da una pianta sviluppata a partire da un'aggregazione di forme circolari o quadrate, chiusa da una soffitto a cupola e rivestita in copertura da un manto di lastre di pietra calcarea.

La struttura del tetto, così pensata, rende agevole lo scolo delle acque piovane che sono poi raccolte in una cisterna sotterranea. La regolazione del microclima interno è invece affidata alle murature perimetrali in blocchi di tufo intonacate di bianco, che, arrivando fino a un metro di profondità, garantiscono una temperatura interna quasi costante durante tutto il corso dell'anno.

Altri accorgimenti si possono riscontrare nella distribuzione delle aperture: l'ingresso avviene, infatti, da un'unica porta collocata al sud, al fine di proteggere l'accesso dai venti provenienti da nord, e le finestre sono poche e allineate così da poter essere sfruttate per la ventilazione naturale degli ambienti.

Nella situazione opposta, in clima alpino, i principi seguiti dall'architettura vernacolare sono invece tutti volti al mantenimento del calore interno e individuabili in:

- limitato rapporto tra superficie e volume dell'edificio per ridurre le perdite di energia termica per trasmissione;
- ampie facciate esposte a sud e limitate nelle altre direzioni grazie al

parziale interrimento nel terreno in dislivello, allo scopo di proteggere l'abitazione dai venti freddi provenienti da settentrione;

- limitazione delle aperture quali porte e finestre, che hanno sempre sviluppo minimo al fine di limitare le dispersioni;
- presenza di locali tampone (come fienili o stalle) o di elementi addossati alle pareti (depositi di legna da ardere) per aumentarne la resistenza termica;
- falde di copertura poco inclinate per mantenere la neve che funge da tappo termico;
- insediamenti compatti al fine di realizzare un fronte unico contro l'attacco delle correnti d'aria fredda e delle nevi.

La tipologia edilizia di riferimento è piuttosto simile in tutto l'arco alpino, pur assumendo nomi diversi in base ai dialetti locali, ed è individuabile nel modello del *tabià*, che verrà trattato nel capitolo sulla produzione edilizia del territorio di Forno di Zoldo.

Nonostante la buona riuscita, l'abitudine a costruire secondo l'attitudine del luogo viene persa quando, con un processo avviatosi dalla rivoluzione industriale, cominciano ad essere disponibili risorse energetiche senza un apparente limite di quantità e a basso costo. In concomitanza a

tale scoperta cominciano ad essere progettati e prodotti i primi sistemi di riscaldamento e climatizzazione degli ambienti.



Figura 1.3. Tabià in Comelico
Fonte: V. Ferrario, Tabià. Recupero dell'edilizia rurale alpina nel Veneto, Regione Veneto, 2006

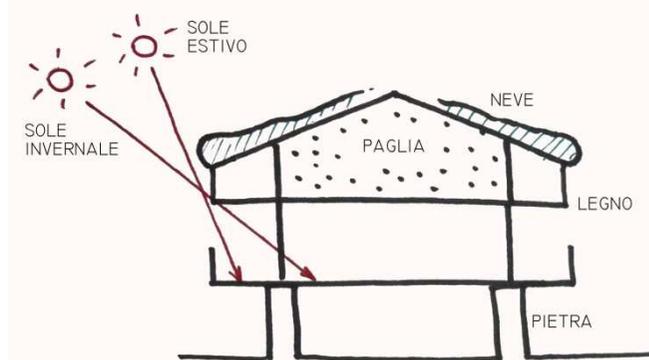


Figura 1.4. Schema del funzionamento bioclimatico di un tabià

In tal modo si procede lentamente alla perdita di quell'architettura spontanea che sfruttava a suo favore il sito su cui sorgeva, andando verso un modello che riconosce la sua forza energetica nella sola componente impiantistica, e svincola completamente la progettazione dalle considerazioni sul macroclima del luogo in cui sorge.

Tale processo viene ulteriormente accelerato quando, al termine della Prima Guerra Mondiale, si viene a definire il Movimento Moderno, il quale scollega l'involucro dell'edificio da qualsiasi onere strutturale ed energetico, privilegiando invece strutture puntuali tamponate da elementi leggeri.

Così, oltre allo smarrimento delle tecniche costruttive tradizionali, si assiste anche, quantomeno negli ambiti più urbanizzati, a un appiattimento delle forme edilizie che non hanno più la necessità di distinguersi per motivi energetici.

Con questa motivazione, che rimane in un primo momento perlopiù economica, vengono riattivati gli studi sull'isolamento termico dei materiali e sulle potenzialità bioclimatiche delle forme.

L'involucro edilizio viene migliorato progressivamente grazie dall'applicazione di tecnologie quali i vetri camera e i materiali isolanti sintetici.

In questi anni cominciano inoltre a formarsi le prime leggi in materia energetica, che in Italia si concretizzano con la Legge 373/1976 che contiene le prime raccomandazioni in merito alle dispersioni termiche degli edifici.

Inoltre, con gli anni Ottanta una nuova preoccupazione si aggiunge a quella economica; sta, infatti, nascendo la questione ambientale, e si comprende che le risorse petrolifere, oltre a non essere illimitate, sono anche particolarmente dannose per il pianeta.

Questo elemento dà la spinta definitiva a una serie di riflessioni sulle responsabilità del consumo di risorse da parte dell'umanità, che culminano nella stesura della definizione di sostenibilità come "equilibrio fra il soddisfacimento delle esigenze presenti senza compromettere la possibilità delle future generazioni di sopperire alle proprie", stilata nel documento *Our Common Future*, redatto dalla Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo (WCED) nel 1987.

Tale concezione si riversa subito nell'ambito edilizio, e dà origine a concetti come quello di Architettura Sostenibile e Architettura Bioclimatica, proponendo un passo indietro rispetto al punto di massimo consumo cui si è giunti, per tornare a

valutare le conoscenze antiche che sono andate perse.



Figura 1.5. Vista di Ville Savoye, Poissy, 2011

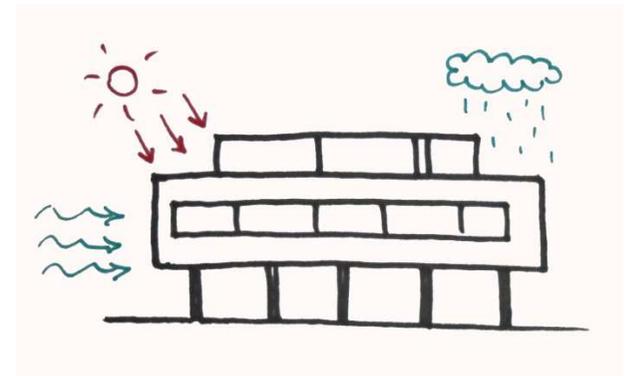


Figura 1.6. Indipendenza dell'architettura moderna dal contesto climatico

Oggi, le teorie legate all'architettura bioclimatica non si limitano a indicare una sterile regressione, ma impongono di edificare in modo responsabile bilanciando correttamente il peso dell'impianto di climatizzazione e le considerazioni sulla vocazione del territorio, così da realizzare la migliore sintesi di quanto si è imparato nel corso della storia.

Nel frattempo, infatti, anche l'industria impiantistica si è adattata ai nuovi concetti, ed ha concentrato la propria produzione su macchine che limitano al massimo gli sprechi e sfruttano le fonti rinnovabili di energia.

Progettare secondo questi principi significa, quindi, recuperare le conoscenze antiche che permettevano lo sfruttamento passivo delle risorse disponibili e, nel contempo, avvalersi in modo intelligente delle tecnologie sviluppate nel campo degli impianti.

Questa scelta, a fronte di un maggiore investimento di tempo in fase progettuale, premette di giovare di numerosi vantaggi, che si vanno ad aggiungere a quelli già citati di risparmio economico ed energetico. Attraverso l'attenta selezione di ciascun componente edilizio e, non meno importante, la corretta messa in opera del medesimo, è possibile ottenere un sistema edificio che offra ai suoi ospiti il massimo

del comfort pur mantenendo a livelli minimi l'inquinamento e l'impatto ambientale.

Nel quadro di riferimento contemporaneo, il settore civile-edile ha, inoltre, il dovere di porre grande attenzione al risparmio energetico, il quale porta molto spesso con sé gli altri tre sopra citati, poiché nell'economia globale dei consumi esso svolge un ruolo di rilievo.

Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, infatti, gli studi condotti nel 2000 dall'Unione Europea al fine della pubblicazione del *Libro Verde*, hanno dimostrato che il nostro continente utilizza, per il settore edile e civile, il 45% dell'energia totale prodotta, ed è responsabile del 50% dell'inquinamento atmosferico e del 50% dei rifiuti prodotti annualmente (fonte: L. Caputo, *Politiche dell'ambiente e del territorio*, Ed. Tangram, 2011).

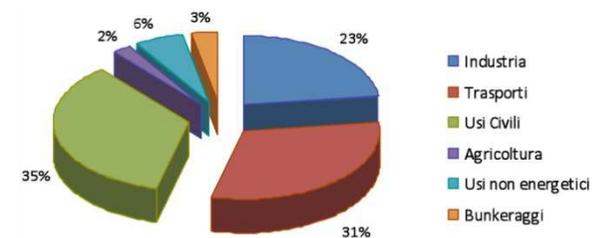


Figura 1.7. Impieghi finali di energia per settore (2010)
Fonte: Elaborazione ENEA su dati MSE

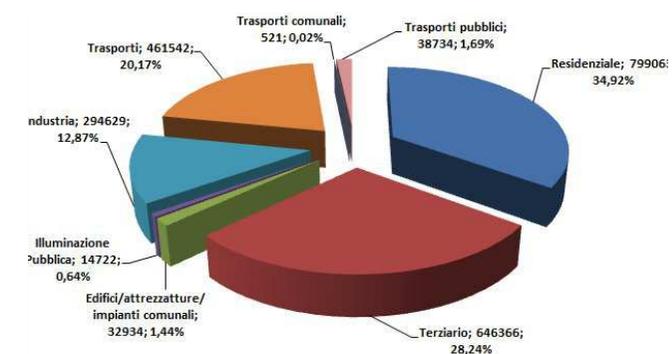


Figura 1.8. Emissioni di CO₂ per settore (2005)
Fonte: BEI 2005

1.2 I sistemi passivi

I sistemi passivi sono costituiti da tutti i metodi per la conservazione del microclima interno ideale che non richiedano l'uso di impiantistica e, di conseguenza, affidino tutto il loro potenziale all'involucro dell'edificio.

Diventa così immediatamente chiaro quanto sia importante, nell'ambito di un progetto bioclimatico, una concezione meticolosa di tale componente.

Ottimizzare l'involucro dal punto di vista energetico non significa solo isolarlo, e quindi renderlo efficace nei confronti delle temperature fredde, ma è necessaria un'operazione più complessa che renda la superficie esterna mutevole a seconda delle variazioni delle condizioni climatiche esterne, così da poter fornire all'occorrenza sia l'energia termica che il riparo da questa.

1.2.1 Produzione e mantenimento del calore

Alle latitudini italiane, l'involucro deve essere in grado parimenti di conservare, produrre e smaltire il calore dell'edificio.

Tuttavia nell'ambito del caso studio scelto per la tesi corrente, le necessità di raffrescamento vengono ridotte al minimo poiché il clima risulta piuttosto rigido.

In questo caso il primo obiettivo diventa quello della conservazione del calore, attraverso una forte coibentazione di tutte le componenti della costruzione a contatto con l'esterno.

La grandezza utilizzata per descrivere la prestazione dell'edificio in tale senso può essere individuata nel coefficiente specifico di perdite di calore per trasmissione (W/m^2k), che rappresenta la somma delle perdite da parte di tutte le superfici, opache e non, che costituiscono l'involucro, già corrette considerando l'entità dei ponti termici.

Tale parametro non costituisce un indicatore preciso del comportamento globale della costruzione, in quanto tralascia diversi fattori, essa si dimostra, tuttavia, utile per fornire un'idea del grado di isolamento dello stesso.

A questa quantità vanno aggiunte, ad esempio, le perdite di calore per ventilazione, che influiscono in modo importante nell'economia dell'edificio.

Una volta considerati i valori relativi alle perdite di calore, vanno computati i guadagni di cui la costruzione può disporre in assenza di impianti.

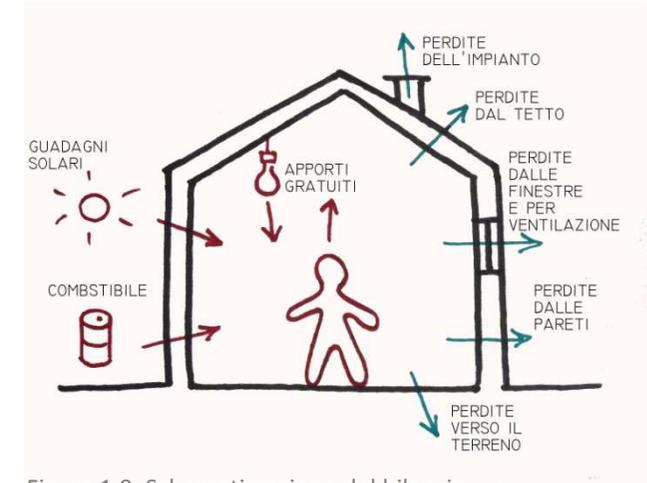


Figura 1.9. Schematizzazione del bilancio energetico di un edificio

Stima del bilancio energetico di un edificio tradizionale:

Guadagni:

- Apporti solari - 28%
- Contributo di impianti a combustibile - 43%
- Apporti gratuiti - 29%

Perdite:

- Perdite dell'impianto - 20%
- Perdite dal tetto - 19%
- Perdite dalle pareti opache - 18%
- Perdite dalle finestre - 15%
- Perdite per ventilazione - 18%
- Perdite verso il terreno - 10%

Questi provengono dalle fonti di calore interne agli ambienti, quali persone, dispositivi di illuminazione, elettrodomestici ecc., e dallo sfruttamento delle superfici vetrate esposte a sud.

Entrando nello specifico è possibile migliorare l'involucro dell'edificio ai fini energetici secondo le seguenti modalità:

- ottimizzazione della geometria;
 - isolamento termico dei componenti;
 - sfruttamento passivo della radiazione solare;
 - limitazione delle perdite per ventilazione;
- a questi si aggiunge l'utilizzo attivo dell'involucro per la captazione dell'energia solare attraverso collettori che, in quanto metodi di tipo attivo, verranno trattati più avanti.

Ottimizzazione della geometria

Il microclima interno a un volume costruito dipende, innanzitutto, dalla radiazione solare cui è investito; in base allo scopo della costruzione, tale fenomeno può voler essere incentivato o limitato, qualora vi sia più bisogno di guadagnare calore o di difendersi da esso.

Entrambi gli obiettivi possono essere raggiunti grazie al corretto posizionamento dell'edificio all'interno del lotto di costruzione, alla luce di considerazioni sul

percorso del Sole, ma anche sugli elementi ombreggianti presenti in loco, i quali possono essere di tipo naturale (alberi, montagne ecc.) o artificiale (altri elementi costruiti).

In prima istanza, all'inizio della fase progettuale, è quindi necessario porre attenzione al percorso su cui il Sole si muove nel cielo nel durante la giornata, e a come esso cambi nel corso dell'anno.

Nell'emisfero Boreale, e in particolare alle latitudini del nord Italia, che si attestano intorno ai 46° nord, la radiazione solare incide sui versanti compresi tra sud-est e sud-ovest, la gran parte della quale investe la superficie esposta a sud, mentre il resto si distribuisce equamente tra est e ovest.

Questo significa che, per massimizzare gli apporti solari di un edificio, è necessario disporre innanzitutto di una vasta superficie rivolta a meridione, e ciò rende chiaro come l'orientamento preferenziale del fronte più vasto di una costruzione debba essere rivolto verso sud.

Oltre al posizionamento vanno fatte poi considerazioni sull'assetto volumetrico; le perdite di calore per trasmissione avvengono attraverso le superfici a contatto con l'ambiente; la minimizzazione di queste premette, quindi, una notevole riduzione degli scambi termici sfavorevoli con l'esterno.

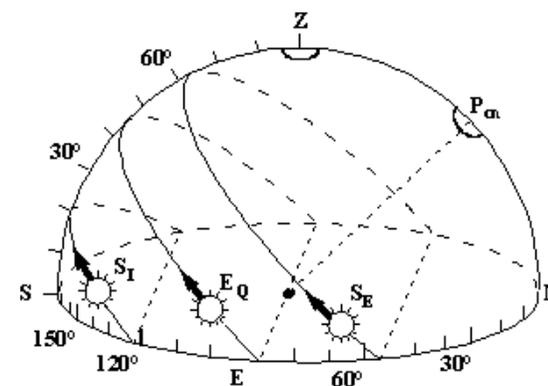


Figura 1.10. Percorso apparente annuo del Sole per l'emisfero Nord
 SE: Solstizio d'estate
 EQ: Equinozio
 SI: Solstizio d'inverno
 Z: Zenith
 P: Polo celeste

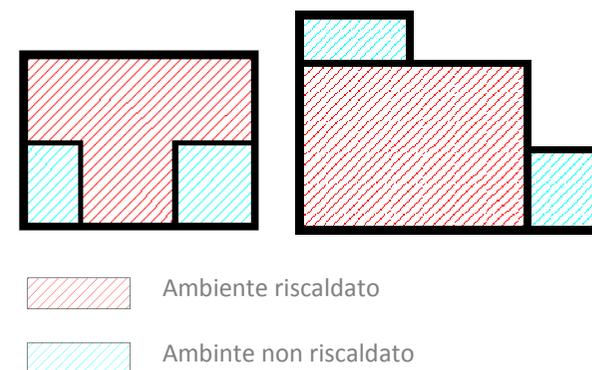


Figura 1.11. Considerazione sul rapporto S/V
 Sinistra: gestione inefficiente degli spazi riscaldati e non riscaldati
 Destra: soluzione corretta nella distribuzione di spazi riscaldati e non riscaldati

Di conseguenza risulta importante che la forma della costruzione sia il più possibile compatta, così da aumentare l'entità del volume totale a scapito della superficie; la grandezza indicativa che considera quest'aspetto chiama in gioco proprio queste due quantità a formare fattore di forma, definito come il rapporto tra superficie disperdente (S) su volume riscaldato (V).

Da questa definizione si evince che, il volume da computare, non è quello totale, bensì quello costituito dalla somma di tutti gli ambienti riscaldati; questa considerazione permette, nell'ambito della progettazione un margine di libertà di forma, che è possibile comporre con i volumi accessori non riscaldati quali autorimesse o vani scala.

Una volta deciso l'assetto esterno dell'edificio nei confronti dell'ambiente, è necessario procedere alla distribuzione degli spazi interni attraverso considerazioni di ordine bioclimatico.

Per fare questo, i locali vanno classificati in base ai requisiti energetici, secondo cui vengono poi disposti all'interno del perimetro dell'edificio.

In questo modo appare logico distribuire verso sud gli ambienti con maggiore fabbisogno di calore e illuminazione, e a nord quelli con minori esigenze.

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Camere da letto		X	X	X	X	X		
Soggiorno				X	X	X	X	
Cucina		X	X					X
Sala da pranzo			X	X	X	X		
Servizi igienici	X	X						X
Terrazze			X	X	X	X	X	
Locali di servizio	X	X						X
Vani scala	X	X						X

Figura 1.12. Orientamenti preferibili per la disposizione dei locali in base alla destinazione d'uso

Fonte: S. Bruno, Manuale di bioarchitettura, Ed. Dario Flaccovio, 2010

Un ulteriore miglioramento è possibile grazie alla collocazione dei locali non riscaldati in adiacenza al perimetro del volume riscaldato, così da fargli assumere il ruolo di tamponi verso l'ambiente esterno.

Lo stesso sistema, qualora eseguito mediante l'apposizione di locali dall'involucro completamente vetrato esposti a Sud, oltre a limitare le dispersioni, costituisce un'ottima opportunità di guadagno termico attraverso il funzionamento a serra solare che verrà analizzato più avanti.

Isolamento termico dei componenti

L'entità delle perdite di calore verso l'ambiente esterno è direttamente proporzionale all'altitudine delle componenti dell'involucro di trasmettere calore. Per questo motivo, qualora si voglia conservare una temperatura alta all'interno, è necessario disporre di superfici, sia opache che trasparenti, il più isolanti possibile.

La grandezza che misura tale capacità è la trasmittanza termica (U), definita come il flusso di calore che passa attraverso un metro quadro di elemento con una differenza di temperatura di 1 grado kelvin tra la superficie interna e quella esterna (W/m^2K); tanto più tale indicatore è basso, quanto più buono è il comportamento termico dell'elemento oggetto di analisi.

Con il DL 2010 è in vigore il DM 11 marzo 2008, che, all'allegato B, dispone i valori massimi di trasmittanza permessi, in funzione della zona climatica, di superfici opache verticali, superfici opache orizzontali, suddivise in coperture e pavimenti, e chiusure apribili.

Zona climatica	Sup. opache verticali	Coperture	Pavimenti	Chiusure apribili
A	0.54	0.32	0.60	3.7
B	0.41	0.32	0.46	2.4
C	0.34	0.32	0.40	2.1
D	0.29	0.26	0.34	2.0
E	0.27	0.24	0.30	1.8
F	0.26	0.23	0.28	1.6

Figura 1.13. Limite massimo ammesso per i valori di trasmittanza dei componenti edilizi

Fonte: DM 11/03/2008

Nonostante l'importanza di tale normativa, è necessario osservare che i valori prescritti sono ancora molto lontani dall'obiettivo di realizzare edifici passivi o, addirittura, a energia zero; basti pensare che, mediamente, per una costruzione di tipo passivo i valori di trasmittanza per le componenti opache verticali si attestano intorno agli 0.10-0.15 W/m^2K .

Le caratteristiche termiche delle pareti opache dipendono dalla loro stratigrafia, ovvero dagli spessori e dalle qualità dei materiali di cui sono costituite.

	Conduktività $W/m K$	Densità Kg/m^3
Mattone forato	0.36	1200
Calcestruzzo armato	2.3	2400
Calcestruzzo	1.6	1800
Ceramica	1.2	2000
Vetro	0.8	2500
Legno di conifera	0.13	450
Cartongesso	0.21	900
Acciaio	60	7800
Intonaco di cemento	1.4	2200

Figura 1.14. Valori di conduttività e densità per alcuni materiali da costruzione

Fonte: Agenzia CasaClima

Purtroppo, in generale, le qualità termiche dei materiali da costruzione sono inversamente proporzionali alle caratteristiche meccaniche degli stessi, il che rende spesso le scelte strutturali in conflitto con quelle energetiche.

A questa considerazione fa eccezione il legno, che risulta essere un ottimo materiale riguardo a entrambi gli aspetti, elemento che lo rende ideale per la progettazione strutturale di edifici a basso consumo energetico.

Con altri materiali, la soluzione migliore per risolvere il problema consiste nella concezione di pareti multistrato, nelle quali si può attuare una separazione tra l'onere portante e quello di isolamento termico.

Nello sviluppo, il compito del progettista è quello di selezionare i materiali più idonei, procedendo a una valutazione che tiene conto, oltre che le caratteristiche meccaniche e isolanti, di una serie di requisiti congiunti, tra cui quelli di resistenza al fuoco o all'umidità.

Per quanto riguarda i materiali isolanti, la scelta ricade in genere all'interno di tre categorie principali: gli isolanti di origine naturale, quelli di origine minerale o, infine, quelli di origine sintetica.

Ciascuna di queste categorie offre prestazioni diverse e, nella scelta, possono incidere anche considerazioni di ordine

ecologico sul processo di produzione e le possibilità di smaltimento del materiale isolante.

Un'ulteriore classificazione dei sistemi di coibentazione è possibile attraverso considerazioni in merito al posizionamento dello strato isolante nei confronti della struttura portante della parete; esso può, infatti, essere collocato sul lato esterno o interno del muro, può andare a colmare l'intercapedine tra due paramenti oppure essere interposto agli elementi portanti nel caso di strutture a telaio.

In questo caso a dettare la scelta sono *in primis* le condizioni di preesistenza in cui ci si trova ad operare, è, ad esempio, impensabile procedere alla realizzazione di un cappotto esterno nell'ambito della ristrutturazione ai fini energetici di una chiesa antica. In secondo luogo vanno fatte valutazioni sui requisiti, legati alla destinazione d'uso, che i locali progettati dovranno soddisfare: per esempio se sarà richiesto di riscaldare i locali per brevi periodi e in modo discontinuo, sarà più indicata la messa in opera di uno strato isolante interno, al contrario per la coibentazione di ambienti che necessitano di essere climatizzati per gran parte dell'anno, saranno più indicati sistemi assimilabili al cappotto esterno.

Gli stessi ragionamenti qui esposti per le chiusure esterne verticali si attuano nell'ambito delle coperture e dei pavimenti contro terra.

		Conduttività (W/m K)	Resistenza al vapore
Naturali	Fibra di legno	0.042	5-10
	Pannelli di sughero	0.041	5-10
	Lana di pecora	0.040	1-5
Minerali	Lana di vetro	0.04	1-5
	Perlite espansa sfusa	0.055	1-10
	Vetro cellulare	0.04	1000
Sintetici	EPS	0.04	20-80
	XPS	0.035	80-300
	Polietilene espanso	0.04	2000

Figura 1.15. Valori di conduttività e densità per alcuni materiali isolanti di origine naturale, minerale e sintetica

Fonte: Agenzia CasaClima

Nel caso dei componenti trasparenti la scelta dei materiali risulta più ristretta, nonostante l'evoluzione della tecnologia stia mettendo a disposizione prodotti sempre migliori e maggiormente diversificati.

Dal punto di vista del calcolo, il computo della trasmittanza termica di una finestra (U_w) risulta più complesso di quello valido per le pareti opache, in quanto è necessario comporre tale valore in funzione della superficie vetrata (U_g), dell'area occupata dall'infisso (U_f), e del comportamento del giunto tra le due.

Le caratteristiche della componente vetrata possono essere implementate innanzitutto attraverso l'accostamento di più lastre, ad oggi sono praticamente scomparsi dal commercio i serramenti a un solo vetro, in favore del vetro camera a due o tre lastre vetrate, le cui intercapedini possono essere riempite con gas nobili (quali argon o kripton) che presentano altissime resistenze al passaggio del flusso termico.

Oltre a ciò è possibile trattare le singole lastre di vetro con l'apposizione di film in ossido di metallo, che, grazie a un ulteriore impedimento alla fuoriuscita delle radiazioni infrarosse, ne aumenta le caratteristiche isolanti.

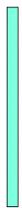
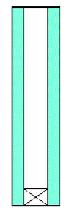
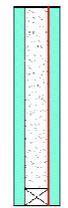
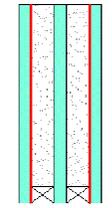
				
Descrizione	Vetro singolo	Doppio vetro	Doppio vetro con gas nobile nell'intercapedine e trattamento basso emissivo	Triplo vetro con gas nobile nell'intercapedine e trattamento basso emissivo
Spessore (mm)	6	6+12+6	6+12+6	6+12+6+12+6
U_g ($W/m^2 K$)	5,6	2,8	1,2	0,6

Figura 1.16. Valori indicativi di trasmittanza di diverse tipologie di vetri

Fonte: materiale informativo Finstral

Per quanto riguarda la scelta degli infissi, il campo d'azione risulta più vasto in quanto è possibile dirigere le scelte verso più materiali, che determinano diversi risultati sia estetici che tecnologici.

In questo campo i materiali più utilizzati sono il legno, l'alluminio e il pvc, i quali possono essere combinati insieme per soddisfare al meglio le esigenze di progetto. Seppur importante, il computo delle trasmissioni di calore attraverso i componenti costituenti l'involucro dell'edificio, non è sufficiente a fornire il quadro delle dispersioni totali, in quanto

non tiene conto delle congiunzioni e delle variazioni geometriche degli elementi, schematizzandoli semplicemente come una serie di pannelli isolati.

Per correggere l'esito di tale modellazione è necessario computare le entità dei ponti termici lineari.

Si definisce ponte termico un punto di discontinuità dell'involucro dell'edificio il quale costituisce una via preferenziale per i flussi termici verso l'esterno, provocando delle differenze di temperatura locali che, oltre ad abbassare il comfort interno, possono portare alla formazione di

condensa e quindi al favorire la comparsa di macchie da umidità o muffe.

Essi possono essere di tipo geometrico, riscontrabili ad esempio negli spigoli dell'edificio, o strutturali, se si tratta invece di discontinuità causate da cambi di materiale, o della presenza di elementi portanti, quali pilastri, che alterano l'andamento dello strato isolante.

Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, l'importanza dei ponti termici cresce all'aumentare della qualità energetica dell'involucro edilizio, poiché, in questo caso, si vanno a creare situazioni in cui la differenza tra la modellazione ideale e il caso reale è più ampia, e quindi più critica.

Il computo dei ponti termici lineici si esplica attraverso la determinazione di un coefficiente (Ψ) che rappresenta una trasmittanza termica lineare e, se moltiplicato per la lunghezza dell'elemento critico, fornisce la quantità di energia dispersa nel ponte termico, che va aggiunta a quella uscente dalle pareti singolarmente considerate.

Un metodo efficace per ridurre l'entità risulta l'apposizione di uno strato isolante di spessore importante che copra tutta la superficie esterna dell'edificio, così da realizzare una barriera continua che renda

ininfluenti le discontinuità che si sviluppano al suo interno.

Sfruttamento passivo della radiazione solare passiva

Il Sole rappresenta la maggiore fonte di energia disponibile sul pianeta; esso emette dalla sua superficie una potenza determinabile intorno ai 63000 kW/m^2 , di cui circa 1350 W/m^2 raggiungono l'atmosfera e, in media, 1100 kWh/m^2 arrivano alla superficie terrestre alle latitudini Europee (fonte: M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark, M. Zeumen, *Atlante della sostenibilità*, UTET, 2007).

La potenza che investe il pianeta può essere misurata attraverso due grandezze: l'insolazione, energia media giornaliera che colpisce una superficie piana orizzontale (misurata in kWh/m^2) e l'irraggiamento, che determina invece la potenza istantanea che investe lo stesso piano (kW/m^2).

Entrambe variano con la latitudine e, com'è ovvio, crescono avvicinandosi all'equatore. A fronte di tali considerazioni la potenza termica del Sole può essere sfruttata da un edificio sia in modo passivo che in modo attivo e, se ben usata, può far fronte a una buona parte del fabbisogno di energia per il riscaldamento degli ambienti.

In questo contesto, il ruolo fondamentale è svolto dalle superfici vetrate che, se correttamente esposte, si trasformano in efficaci collettori di calore.

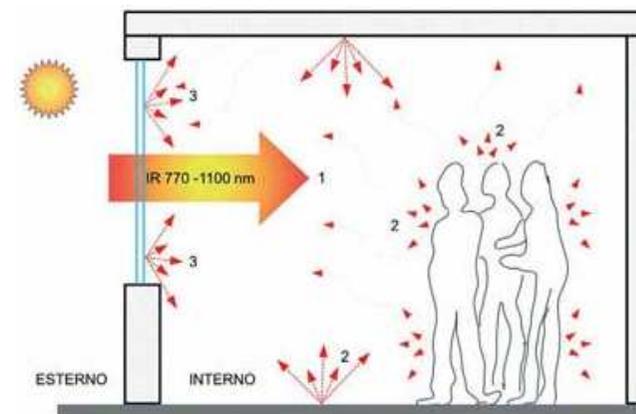


Figura 1.17. Schema di funzionamento dell'effetto serra

1. Radiazione solare entrante
2. Radiazione emessa
3. Radiazione riflessa

Fonte: S. F. Brivio, *Schermature solari e tende tecniche*, "Il sole 24 ore", 2010

Tale fenomeno è possibile grazie all'effetto serra che si sviluppa in presenza delle caratteristiche fisiche intrinseche del vetro: le radiazioni solari ultraviolette incidenti sulla superficie vetrata penetrano negli ambienti e vengono assorbite dagli oggetti e dalle pareti interne che, riscaldandosi, emettono radiazioni infrarosse. Il vetro risulta permeabile alle onde ultraviolette, ma non a quelle infrarosse che, di conseguenza, rimangono intrappolate all'interno del locale che viene così riscaldato.

Questo meccanismo risulta il più semplice e immediato per fornire energia ad un ambiente in quanto non necessita di alcun elemento *ad hoc*, ma permette lo sfruttamento di componenti propri dell'involucro edilizio.

L'unico svantaggio consiste nel fatto che, come spesso accade per i sistemi passivi di captazione del calore, il momento di massima resa, che in questo caso è costituito dalle giornate estive, non coincide con quello di maggior fabbisogno: la stagione invernale. Per far fronte a tale inconveniente occorre, ancora una volta, una progettazione accurata dell'involucro in modo tale da lasciar penetrare i raggi solari della stagione fredda, bassi sull'orizzonte, escludendo la possibilità a quelli estivi di incidere sulle vetrate; ciò è possibile

attraverso la disposizione di aggetti o elementi frangisole correttamente dimensionati.

Il guadagno solare derivante da questo sistema va valutato per differenza, considerando che gli elementi vetrati hanno generalmente valori di trasmittanza maggiori rispetto alle pareti opache e, quindi, sono la causa anche notevoli dispersioni.

Un'implementazione del ricavo di energia, derivante da questo stesso principio, si può ottenere mediante la predisposizione di locali intermedi tra interno esterno completamente vetrati e riscaldati solo attraverso la radiazione solare; in questo modo, grazie al doppio sfruttamento dell'effetto serra, oltre alla massimizzazione dei guadagni, si riscontra anche una limitazione delle perdite verso l'esterno, dovute alla presenza di un locale tampone la cui temperatura dell'aria è maggiore di quella esterna.

E' questo il caso di elementi quali giardini d'inverno, serre solari o le tipiche *conservatory* diffusissime nel Regno Unito.



Figura 1.18. Conservatory applicata a una casa inglese



Figura 1.19. Esempi commerciali di serre solari
Fonte: www.edilportale.it

Limitazione delle perdite per ventilazione

Allo scopo di ridurre le perdite per ventilazione incontrollata, particolarmente onerose nelle costruzioni realizzate mediante tecnologie a secco, è necessario agire su diversi fronti.

In prima istanza l'onere fondamentale spetta, ancora una volta, all'accuratezza della progettazione, che deve garantire una buona tenuta all'aria dell'edificio, così da evitare perdite di calore al di fuori da quelle calcolate, ma anche da offrire un maggior comfort interno, attraverso, ad esempio, la limitazione di fenomeni fastidiosi quali gli spifferi d'aria.

Un altro modo in cui è possibile agire consiste nel preriscaldamento dell'aria in entrata; possibile, sia in modo passivo con la canalizzazione della stessa attraverso elementi quali doppie facciate, o, in maniera attiva, con la disposizione di un impianto di ventilazione meccanica a recupero di calore, di cui si tratterà nella sezione dedicata all'impiantistica.

Un terzo fronte, non meno importante, riguarda l'educazione della sensibilità dell'utenza che, specialmente se la ventilazione degli ambienti è di tipo naturale, deve saper procedere nel modo più corretto all'apertura e alla chiusura delle finestre.

1.2.2 Protezione dal surriscaldamento estivo

Ad alcune latitudini e in determinati periodi dell'anno, la protezione dal calore in eccesso risulta importante quanto la difesa dal freddo, poiché anche la presenza di temperature troppo elevate comporta un allontanamento dalle condizioni di comfort ideali.

Ciò rende inevitabile, specialmente negli edifici che presentano vaste superfici vetrate, uno studio dell'apporto di energia solare allo scopo di limitarlo nella stagione estiva.

Allo stesso modo, analogamente a quanto analizzato per la situazione inversa, il calore in eccesso può essere trasmesso per conduzione da parte dei componenti edilizi, per ventilazione e per eccesso di radiazione solare.

A tale scopo le misure che si possono rendere necessarie sono:

- isolamento contro il caldo;
- controllo dell'ombreggiamento esterno;
- schermature solari.

Isolamento contro il caldo

La coibentazione termica nei confronti del calore funziona con le stesse modalità dell'isolamento dal freddo; ne deriva che un involucro ben coibentato risulta di per sé un buon punto di partenza per il controllo microclimatico interno in tutto l'arco dell'anno.

Tuttavia i migliori sistemi isolanti al calore presuppongono l'uso di grandi masse che, grazie alla proprietà dell'inerzia termica, ritardano il propagarsi della temperatura calda. Tale valore è concretizzabile nel ritardo di fase misurato tra la superficie esterna e quella interna di un paramento, che permette di misurare l'arco di tempo necessario affinché una variazione di temperatura sul lato esterno venga accusata da quello interno.

Controllo dell'ombreggiamento esterno

Quando si è trattato della collocazione dell'edificio all'interno del lotto, si è accennato alla presenza di fonti di ombreggiamento nelle vicinanze; qualora ci si voglia proteggere dalla radiazione solare tali elementi svolgono un ruolo fondamentale.

Ancora una volta per comprenderne le dinamiche è necessario analizzare il percorso del Sole sulla volta celeste nel corso dell'anno, o per semplicità di computo, nei giorni in cui il Sole risulta più alto e più basso sull'orizzonte.

Noti questi dati è possibile comprendere quali punti dell'edificio vengano ombreggiati, e in quali momenti dell'anno o della giornata, e di conseguenza, progettare l'ambiente esterno in modo da ottenere determinate zone d'ombra.

Particolarmente efficiente è, in questo caso, il posizionamento di elementi vegetali nelle vicinanze dell'edificio. Qualora si scelgano specie a foglie caduche, è possibile disporre di arbusti che forniscano ombra solo durante l'estate, lasciando penetrare i raggi solari nella stagione fredda.

Schermature solari

Come si è già visto, la gran parte dell'energia solare entra negli edifici passando dalle superfici vetrate, per limitarla è dunque necessario progettare degli elementi che le tengano in ombra costantemente o in specifici momenti in base all'esigenza.

Nel caso più semplice è possibile predisporre degli aggetti, parte della costruzione stessa, che, a seconda dell'orientamento e della profondità premettono l'ombreggiamento durante determinati periodi a cadenza giornaliera, o annuale nel caso di elementi a giacitura orizzontale.

Alle latitudini corrispondenti alla fascia settentrionale dell'Italia, la soluzione più favorevole risulta il posizionamento di elementi aggettanti di giacitura orizzontale, dimensionati in funzione di ragionamenti sull'altezza del Sole all'orizzonte. In questo modo è, infatti, possibile permettere solo alla radiazione invernale, caratterizzata da angoli d'incidenza molto bassi, di raggiungere le superfici vetrate mentre i raggi estivi, più alti sull'orizzonte, vengono intercettati dalla barriera fisica, così da non arrivare a toccare la superficie vetrata.

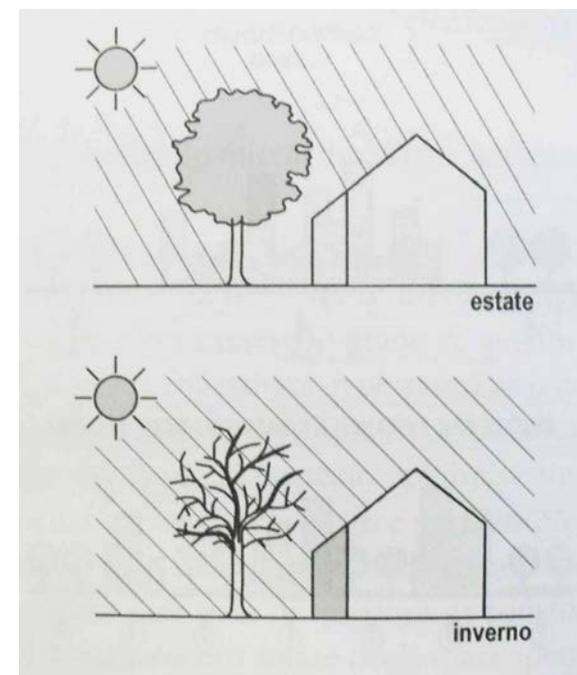


Figura 1.20. Funzionamento frangisole delle piante a foglia caduca

Fonte: A. Giacchetta, A. Magliocco, *Progettazione sostenibile*, Ed. Carrocci, 2007

Un'altra strategia consiste, invece, nella disposizione di frangisole mobili, i quali possono essere manovrati manualmente dall'utenza, a seconda delle esigenze o, in modo automatico, da parte di una centrale domotica capace di rilevare l'intensità della radiazione solare e le condizioni climatiche interne ed esterne.

Questi elementi sono in genere costituiti da strutture a lamelle, orientabili o fisse, che possono essere disposte esternamente, come nel caso di pannelli scorrevoli, internamente, ad esempio con l'uso tendaggi, o nell'intercapedine delle superfici finestrate, come può avvenire con le tende veneziane.

Metodi maggiormente tecnologici prevedono, poi, l'utilizzo di vetri speciali a controllo solare, capaci di reagire agli stimoli esterni mutando la propria permeabilità alla radiazione.

1.2.3 Aerazione dei locali

Il requisito di una buona qualità dell'aria richiede un alto numero di ricambi orari della stessa, che la norma UNI 10339 impone non essere mai inferiore agli 0,3 vol/h nel caso più favorevole.

A seguito della stima della ventilazione incontrollata attraverso l'involucro dell'edificio, causata dalla mancata tenuta

all'aria di alcuni componenti, il restante fabbisogno va fornito mediante sistemi di aerazione naturale o meccanica.

La movimentazione naturale dell'aria può essere realizzata in diversi modi, e tutti prevedono lo sfruttamento dello stesso fenomeno fisico: il flusso dell'aria vede il suo motore nelle differenze di pressione, create a loro volta da differenze di temperatura.

Ciò può essere attuato mediante la semplice apertura delle finestre, ma la corretta ventilazione di uno spazio può anche facilmente essere svincolata dagli elementi trasparenti, procedendo attraverso prese d'aria indipendenti che permettono, a titolo d'esempio, di garantire un flusso d'aria controllato anche durante un temporale.

La ventilazione naturale presenta però una vasta gamma di svantaggi che vanno da quello, già accennato, di una forte perdita di calore interno, alla creazione di sgradevoli correnti d'aria, all'impossibilità di disporre di aria pura qualora ci si trovi in centri particolarmente urbanizzati o in prossimità di infrastrutture importanti.



Figura 1.21. Esempi commerciali di frangisole esterno, interno e interposto al serramento
Fonte: www.edilportale.it

Per procedere a un'aerazione degli spazi più intelligente, pur senza ricorrere ancora a impianti meccanici, è possibile sfruttare i venti dominanti o le correnti ascensionali, mediante una studiata disposizione delle aperture in funzione delle caratteristiche climatiche del luogo.

Tali accorgimenti, oltre ad assicurare una corretta ventilazione, permettono la gestione di un sistema di raffrescamento passivo grazie ai flussi d'aria, i quali vengono sfruttati fin dall'antichità dalle popolazioni residenti nelle fasce climatiche più calde.

Uno splendido esempio di questa tradizione è individuato dalle torri del vento iraniane che, grazie ad alti camini riescono a catturare i flussi d'aria fresca e portarli all'interno degli ambienti abitati, a quota più bassa.

Venti e correnti d'aria ascensionale creano, infatti, delle situazioni di pressione e depressione in corrispondenza delle pareti esterne dell'edificio che lambiscono.

Studi sperimentali hanno dimostrato che, attraverso una diversa disposizione di aperture sulle pareti contro e sottovento, è possibile canalizzare tali flussi, al fine di amplificarli, smorzarli o distribuirli.

1.2.4 Sfruttamento dell'illuminazione diurna

La realizzazione del comfort interno a un ambiente non è assoggettata solo a questioni legate al benessere termigrometrico del corpo umano; è importante, infatti, che tutti i sensi non percepiscano sensazioni sgradevoli.

Un'illuminazione corretta dei locali va pensata a seconda della destinazione d'uso degli stessi, e può essere determinante per un buona riuscita delle attività che vi si svolgono, basti pensare agli uffici o alle aule scolastiche.

Per dimensionare al meglio il fabbisogno di illuminazione è necessario predisporre sia di dispositivi che permettano l'ingresso della luce naturale diurna, i quali si concretizzano, nel caso più semplice, nelle superfici vetrate, che di impianti per la diffusione artificiale, allo scopo di fornire, nell'arco della giornata, un'illuminazione che rimanga sostanzialmente costante.

Lo studio della disposizione delle aperture può, attraverso l'ottimizzazione dell'illuminazione naturale, permettere la riduzione della necessità di luce artificiale e, con essa, la limitazione dei consumi energetici di corrente elettrica.

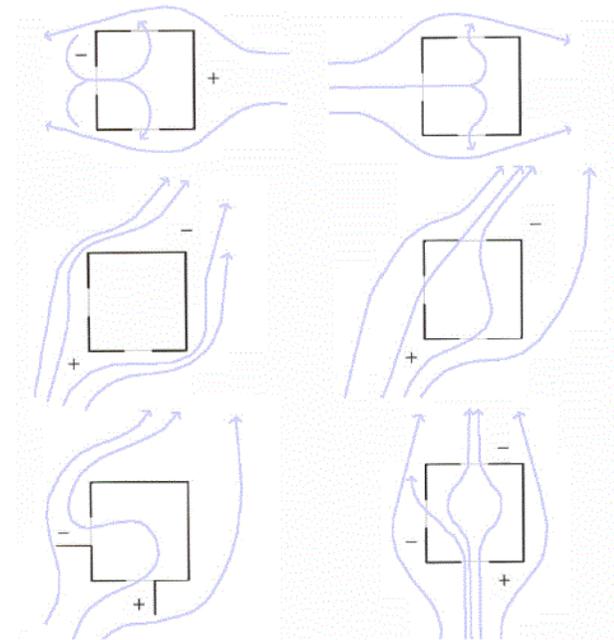


Figura 1.22. Modifica dei flussi d'aria in funzione della diversa posizione delle finestre
Fonte: P. Gallo (a cura di), *Recupero bioclimatico edilizio e urbano. Strumenti, tecniche e casi studio*, Ed. Esselibri Simone, 2010

Fattori geometrici

La valutazione del potenziale di illuminazione diurna avviene mediante considerazioni per lo più geometriche; in primo luogo riveste grande importanza, ancora una volta, conoscere il percorso del Sole nel cielo, noto il quale è possibile procedere alla progettazione degli spazi in modo da realizzare la migliore resa luminosa.

Indubbiamente l'area trasparente disponibile sulle facciate dell'edificio svolge il ruolo fondamentale nei calcoli sull'illuminazione naturale e, al contrario di quanto visto per la resa energetica, per una buona illuminazione degli spazi interni è bene disporre di grandi superfici e piccoli volumi, così da poter aumentare la superficie vetrata. Tuttavia sostituendo i componenti opachi a superfici finestrate per tassi maggiori al 50%, si assiste a un appiattimento dell'incremento delle rese, che si annulla completamente per quote superiori al 70%.

Oltre alla quantità, è bene svolgere alcune considerazioni anche in merito all'orientamento di tali superfici, e per fare ciò occorre separare i contributi di luce naturale tra quota diretta, che viene prodotta dall'incidenza dei raggi solari, e

diffusa, prodotta dalla riflessione sulle molecole d'aria e sulle superfici.

Tra le due, la luce diffusa garantisce un maggior comfort visivo, in quanto elimina il rischio di abbagliamenti.

Il punto cardinale da cui attingere per avere un'illuminazione diffusa è il nord, in quanto non vede mai il passaggio diretto del Sole.

Nella concezione dell'involucro dell'edificio vanno considerati, poi, tre parametri geometrici che tengono conto degli ostacoli, in prossimità delle superfici trasparenti, che la forma stessa della costruzione pone al passaggio della luce naturale. Essi consistono nella misura di: l'angolo sull'orizzonte, il quale considera la presenza di oggetti esterni all'edificio ma posti in adiacenza, l'angolo da sporto orizzontale, che valuta l'incidenza di aggetti posti sopra le finestre, e l'angolo da quinta laterale, che prende, invece, in considerazione la presenza di ostacoli verticali posti lateralmente alle superfici vetrate.

Dispositivi speciali

In situazioni caratterizzate da una maggiore complessità, quali ambienti ipogei o grandi volumi a fronte di superfici ridotte, è possibile introdurre sistemi che permettano la diffusione e il trasporto della luce diurna.

Ciò si realizza mediante lo sfruttamento dei fenomeni fisici di riflessione e rifrazione, attuati da lastre di vetro appositamente trattate.

figura G.1 Angolo dell'orizzonte, α

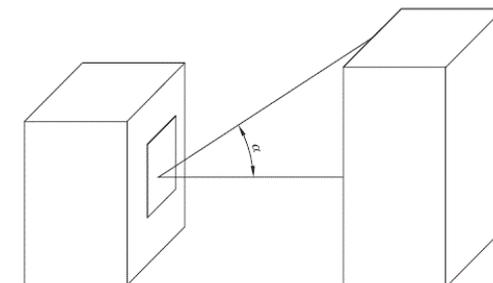


figura G.2 Aggetto orizzontale e aggetto verticale

- Legenda
- a) Sezione verticale
 - b) Sezione orizzontale
 - α Angolo d'aggetto orizzontale
 - β Angolo d'aggetto verticale

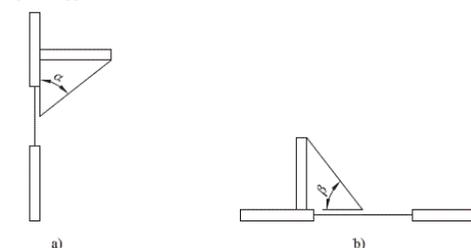


Figura 1.23. Angoli all'orizzonte e relativi agli aggetti
Fonte: Norma UNI EN ISO 13790 :2008

1.3 I sistemi attivi

Nonostante i sistemi passivi, qualora ben progettati, siano indispensabili nel bilancio energetico di un edificio ad alte prestazioni, e possano arrivare a fornire anche tutta l'energia necessaria per buona parte dell'anno, è tuttavia necessario disporre di alcune componenti impiantistiche per raggiungere le condizioni di comfort ottimali in qualsiasi stagione.

Va specificato che, l'introduzione di un sistema impiantistico, non costituisce di per sé una resa all'impossibilità di disporre di tutta l'energia necessaria dalla natura, ma, al contrario, significa utilizzare in modo intelligente le risorse tecnologiche allo scopo di ampliare la possibilità di captazione e accumulo dell'energia proveniente da fonti rinnovabili. Il volume *Atlante della sostenibilità*, curato da M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark e M. Zeumen ed edito dall'UTET nel 2007, focalizza tre fattori da considerare al fine di rendere un impianto sostenibile.

Il primo aspetto è individuato nell'impatto ambientale della fonte energetica utilizzata, il quale va computato esaminando il ciclo di produzione, trasporto, gestione ed

eventuale smaltimento dei prodotti legati alla fornitura di energia.

In questo caso le fonti maggiormente onerose per l'ambiente risultano quella fossile e quella nucleare, mentre una minore impronta è lasciata dalle fonti energetiche di tipo rinnovabile che, tuttavia, richiedono uno sforzo tecnologico maggiore per essere utilizzate.

Il secondo elemento è da ricercarsi nel rapporto tra edificio e impianto; una tecnologia che si integri alla perfezione con gli elementi propri della costruzione risulta in fatti una scelta favorevole su diversi fonti.

Un progetto che concepisca fin dal suo principio la compresenza dell'architettura e delle sue componenti impiantistiche guadagna infatti sia dal punto di vista energetico, permettendo di minimizzare le perdite, che da quello estetico, evitando che un'apposizione successiva di elementi tecnologici rovini l'aspetto d'insieme della costruzione.

Rimanendo all'interno del processo di progettazione, è da considerarsi l'aspetto economico. La scelta di realizzare un edificio ad alta efficienza energetica comporta, infatti, una maggiorazione dell'investimento iniziale, il quale deve essere giustificato e computato in modo accurato.

Per fare ciò è necessario procedere alla simulazione energetica della costruzione considerando, possibilmente, l'intero ciclo di vita della costruzione, così da riuscire a restituire, nella sua interezza, il quadro economico relativo a un determinato edificio.

A tale proposito risulta di particolare importanza lo studio sviluppato dalla BPIE (Building performance institute Europe) *Implementing the cost-optimal methodology in eu countries* emanato nel 2013, il quale si prefigge di definire una metodologia per determinare il punto di ottimo dell'investimento iniziale a favore dell'impianto energetico considerandone i guadagni energetici nel corso del ciclo di vita di un edificio di tipo residenziale.

Condizioni per la realizzazione di un impianto sostenibile:

- Impatto ambientale della fonte energetica
- Integrazione dei sistemi edificio e impianto
- Giustificazione economica degli investimenti

1.3.1 Produzione del calore

Alle latitudini corrispondenti alla fascia più settentrionale del nostro paese la fornitura di calore risulta il compito principale da affidare agli impianti tecnologici all'interno di un edificio.

Il dimensionamento di tali sistemi è assoggettato a un unico valore sintetico che tiene conto delle caratteristiche dell'involucro dell'edificio, della destinazione d'uso dello stesso e delle condizioni climatiche eterne; in funzione di tali considerazioni è possibile valutare le perdite di calore per trasmissione e per ventilazione che, se sommate insieme, forniscono il carico termico nominale (kW), ossia la potenza che è necessario fornire per mantenere all'interno la temperatura di comfort di 20°C. Da tale valore vanno poi sottratti i contributi dei sistemi passivi e gli apporti di calore interni (dovuti alla presenza delle persone e al funzionamento di dispositivi quali elettrodomestici, dispositivi per l'illuminazione ecc.) e addizionati gli oneri aggiuntivi dati dalle perdite proprie del sistema di generazione e distribuzione dell'energia, così da determinare il quantitativo di energia primaria da fornire all'edificio.

Sfruttamento della radiazione solare

Come già enunciato, l'incidenza della radiazione solare sul nostro pianeta è una fonte di energia di enorme entità che, attraverso le conoscenze attuali, siamo in grado di sfruttare solo in piccola parte. Oltre all'utilizzo passivo di tale potenziale, è possibile, grazie alla disposizione di appositi collettori, fruttare l'energia del Sole anche in modo attivo.

Quando si tratta di produzione di energia termica, il processo di trasformazione della radiazione solare prende il nome di "solare termico" e può essere sfruttato sia per la produzione di acqua calda sanitaria che per il riscaldamento dei locali.

Lo sviluppo di tale tecnologia trova le proprie radici piuttosto indietro nel tempo, basti pensare alla presenza del primo motore termico a energia solare presentato nel 1878 in occasione dell'Esposizione Universale di Parigi.

La presenza dei primi collettori solari termici si attesta invece a cavallo tra XIX e XX secolo, quando alcuni sistemi con pessime rese vengono brevettati negli Stati Uniti.

Da allora la tecnologia si è sviluppata rapidamente e ci permette, oggi, di disporre di sistemi poco costosi e ad alta resa.

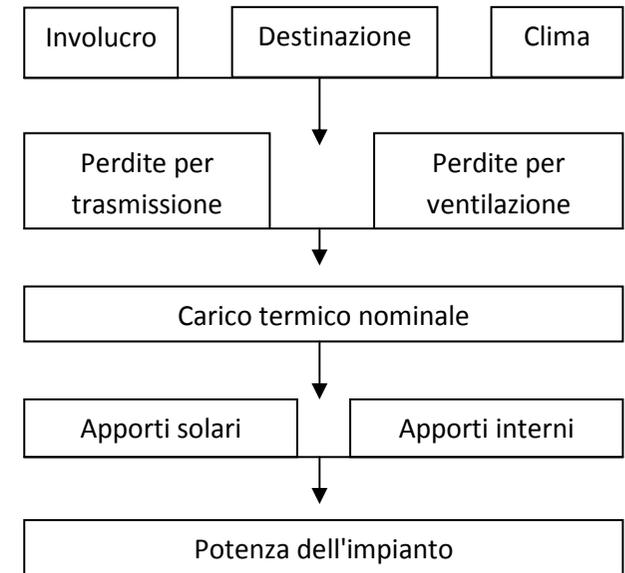


Figura 1.24. Schema di calcolo per il dimensionamento dell'impianto

Il principio fondamentale che viene sfruttato dai sistemi solari termici è affine a quello dell'effetto serra, e si basa sulla trasformazione della radiazione a onde corte emanata dal Sole in radiazione termica, caratterizzata invece da onde lunghe a bassa frequenza.

Gli elementi principali che compongono un impianto solare termico sono tre e svolgono separatamente le mansioni legate all'assorbimento, al trasporto e all'accumulo di calore.

L'elemento di maggiore importanza è il collettore che svolge la funzione di assorbire la radiazione incidente e trasformarla in energia termica; poiché la resa del sistema è tanto migliore quanto più si riesce a limitare la dissipazione dei raggi solari per riflessione e a ridurre le perdite per conduzione, l'elemento è di colore scuro, isolato termicamente dal lato non esposto e coperto da una superficie vetrata altamente trasparente nella parte superiore.

Sebbene i pannelli solari termici non necessitino della radiazione solare diretta per funzionare, traendo beneficio anche dalla sola luce diffusa, risulta di fondamentale importanza per la resa finale l'orientamento e l'inclinazione cui sono soggetti i collettori.

L'orientamento preferibile, nell'emisfero boreale, è individuato verso sud, in quanto risulta il punto cardinale che gode di una maggiore insolazione durante il corso della giornata; per quanto riguarda l'inclinazione ideale, invece, essa varia in funzione della latitudine e, nel nostro caso, si attesta intorno ai 30° sull'orizzonte.

Figura 1.25. Tabella dei fattori di correzione per il calcolo della resa a diverse inclinazioni e per diversi orientamenti alle latitudini corrispondenti al centro Italia
Fonte: www.fotovoltaiconorditalia.it

Tilt of Collector	Orientation of collector						
	South	SSE/SSW	SE/SW	ESE/WSW	E/W	NE/NW	North
Horizontal	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
5	91%	91%	91%	90%	89%	87%	86%
10	93%	92%	92%	90%	88%	84%	82%
15	95%	94%	93%	90%	87%	81%	79%
20	97%	95%	94%	90%	87%	79%	75%
25	98%	96%	95%	90%	86%	76%	72%
30	100%	98%	96%	90%	85%	73%	68%
35	99%	97%	95%	89%	83%	70%	65%
40	99%	96%	94%	88%	81%	67%	62%
45	98%	96%	93%	86%	80%	64%	60%
50	96%	93%	91%	84%	77%	61%	55%
55	94%	91%	89%	82%	75%	58%	51%
60	92%	89%	86%	79%	72%	56%	47%
70	85%	82%	79%	73%	66%	51%	43%
80	77%	75%	73%	66%	60%	46%	39%
Vertical	69%	68%	66%	60%	54%	41%	35%

Sul mercato sono disponibili diverse tipologie di collettori che vengono distinti in collettori piani, ad aria e sottovuoto.

I collettori piani sono la tipologia più semplice e diffusa in ambito edilizio e vengono realizzati mediante la disposizione di una piastra assorbente interposta a uno strato isolante e uno vetrato (che può non essere presente nel caso di collettori non protetti).

In corrispondenza dell'elemento assorbente sono disposti dei tubi, generalmente in rame, all'interno dei quali scorre una miscela di acqua e glicole che funge da liquido termovettore.

I collettori ad aria rappresentano un'alternativa qualora si disponga di un impianto di riscaldamento anch'esso ad aria, essi, infatti, funzionano scaldando non un liquido, bensì direttamente l'aria che vi circola all'interno. In questo caso la forma dell'assorbitore è caratterizzata dalla presenza di alette che, rendendo maggiormente articolato il percorso dell'aria ne aumentano la permanenza così da farle immagazzinare più calore.

La tipologia a tubi sottovuoto, a fronte di un maggior costo, è quella che garantisce migliori risultati. La differenza che porta a una migliore efficienza si concretizza semplicemente nella realizzazione del vuoto tra l'assorbitore e la superficie

trasparente di copertura al fine di ridurre al minimo le dispersioni termiche.

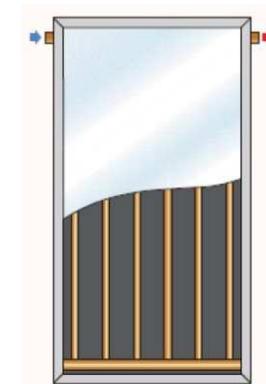
In questo caso l'assorbitore è inserito direttamente all'interno dei tubi sottovuoto insieme ai canali che trasportano il fluido.

Indipendentemente dal tipo di collettore scelto, un ruolo fondamentale è svolto dal fluido vettore il quale trasferisce l'energia termica assorbita al serbatoio di accumulo.

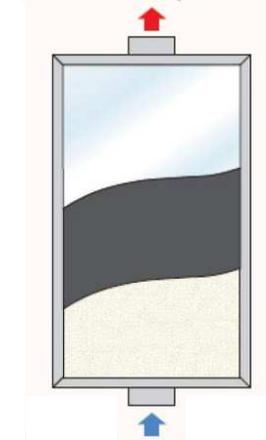
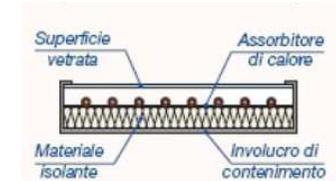
La distribuzione si ha mediante l'integrazione di due circuiti complementari all'incontro dei quali avviene lo scambio di calore tra il fluido vettore e l'acqua.

Un discorso a parte va fatto per i collettori ad aria che sono generalmente collegati in modo diretto all'impianto di distribuzione.

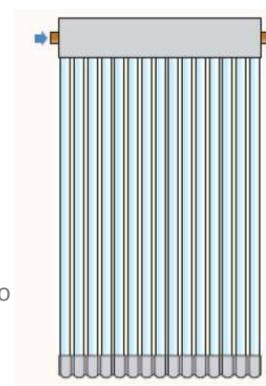
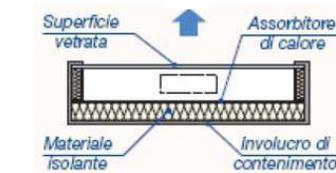
Per far fronte allo sfasamento temporale tra disponibilità e richiesta di energia che caratterizza tutti i sistemi che utilizzano il Sole come risorsa, è necessario disporre poi di un serbatoio di accumulo termicamente isolato.



COLLETTORE VETRATO PIANO



COLLETTORE AD ARIA



COLLETTORE A TUBI SOTTOVUOTO

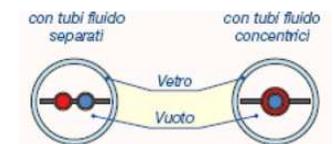


Figura 1.26. Schemi di funzionamento dei diversi tipi di collettori solari
Fonte: www.greentecstore.it

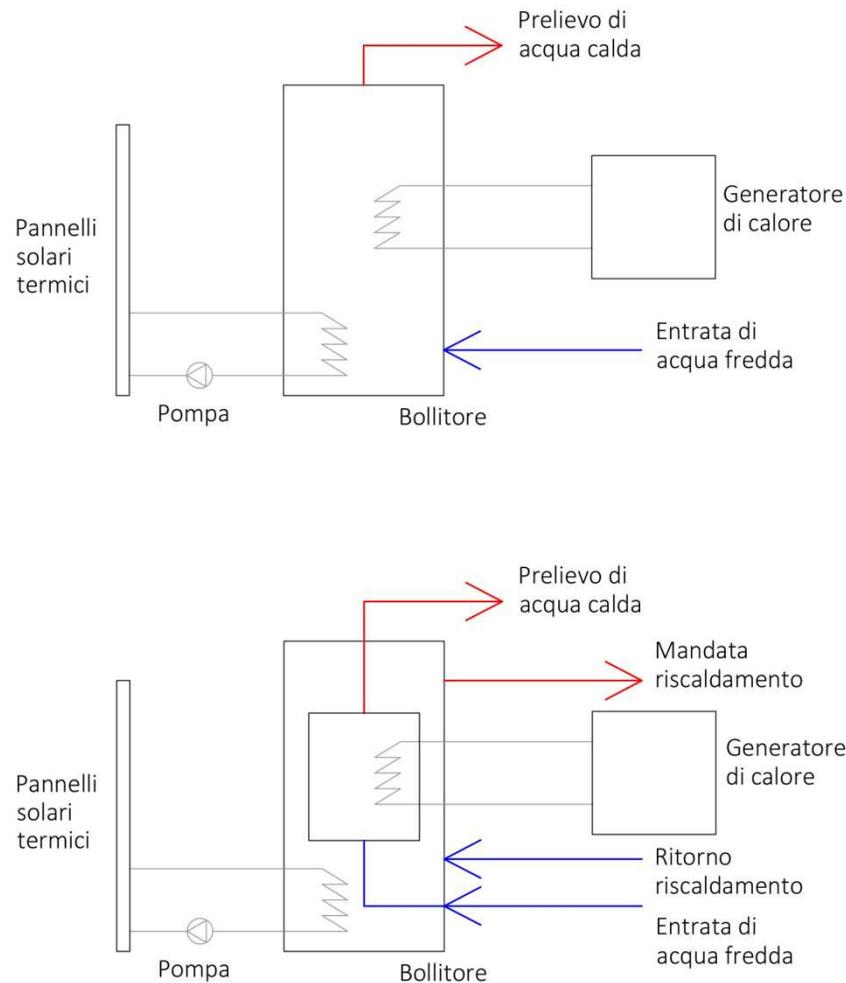
All'interno di tale elemento, denominato bollitore, avviene lo scambio termico tra i due materiali mediante il passaggio del fluido vettore all'interno di una serpentina in rame annegata nella parte bassa del serbatoio.

In genere il serbatoio va dimensionato considerando di dover accumulare 37,5 litri d'acqua per ciascun m² di pannelli solari termici.

Qualora sia necessario, è possibile disporre all'interno dello stesso il passaggio di un ulteriore scambiatore, disposto questa volta nella parte alta del bollitore, e collegato a un sistema di riscaldamento ausiliario, capace di intervenire in caso non fosse sufficiente il calore generato dall'impianto solare.

La disposizione verticale dell'accumulo non risulta casuale, ma, al contrario, permette una corretta stratificazione dell'acqua che viene scaldata nella parte bassa, integrata verso l'alto e prelevata in sommità, nel punto in cui si presenta la quota a più alta temperatura.

Il tutto viene di solito gestito da una centralina elettronica che gestisce l'avviamento o l'arresto della pompa di circolazione in base alla differenza di temperatura riscontrata tra l'acqua del serbatoio e il fluido nei pannelli.



PRODUZIONE DI SOLA
ACQUA CALDA SANITARIA

PRODUZIONE DI ACQUA
CALDA SANITARIA E PER
IL RISCALDAMENTO
DEGLI AMBIENTI
(PRESENZA DI UN DOPPIO
BOLLITORE
CONCENTRICO)

Figura 1.27. Schemi impiantistici integrati per il riscaldamento dei locali e la produzione di acqua calda sanitaria

Utilizzo del calore ambientale con pompe di calore

Parlando di calore ambientale si prende in considerazione la fascia che comprende all'incirca i primi cento metri più vicini alla terra dell'atmosfera e i duecento in profondità a partire dalla crosta terrestre; tale intervallo risulta, infatti, essere quello maggiormente influenzato dalla radiazione solare che vi rimane immagazzinata.

Le fonti di calore che è possibile utilizzare in quest'ambito sono l'aria esterna, il terreno in profondità, l'acqua di falda o di superficie o il calore perduto nei processi industriali.

Qualunque sia la sorgente scelta il funzionamento è, tuttavia, il medesimo: una pompa di calore è in grado, mediante la fornitura di energia elettrica, di sottrarre il calore a una fonte fredda per trasferirlo a una a temperatura maggiore, così come accade per le macchine frigorifere.

Ciò è possibile facendo circolare un fluido frigorifero, il quale si presenta sotto forma liquida o gassosa a seconda delle condizioni di pressione e temperatura, attraverso un compressore, un condensatore, una valvola di espansione e un evaporatore.

Alla messa in funzione della macchina il fluido si trova a bassa pressione e allo stato gassoso, la prima trasformazione, all'interno del compressore, provoca un

innalzamento dei valori caratteristici di entrambe; nel condensatore il gas è costretto a tornare liquido e, in questo modo, cede calore all'esterno.

Il ciclo si conclude poi con il passaggio per la valvola di espansione e per l'evaporatore in cui il fluido assorbe calore ed evapora, tornando così alla condizione iniziale.

Il vantaggio di questa tipologia di impianto sta nella capacità della pompa di calore di fornire una quantità di energia termica maggiore di quella elettrica assorbita, tale quantità è espressa dal coefficiente COP, un indicatore del rendimento della macchina calcolato sul rapporto di energia fornita e assorbita in determinate condizioni, che si attesta mediamente su valori superiori a 3 per le pompe di calore aria-acqua, che cresce ulteriormente per quelle geotermiche.

Un'altra prerogativa particolarmente favorevole di queste macchine risiede nella possibilità di generare sia caldo che freddo mediante l'uso di una valvola che inverte le funzioni di evaporatore e condensatore, anche se, nell'ambito della climatizzazione estiva, il rendimento non risulta particolarmente alto, ma rimane comunque confrontabile con quello di altre tecnologie per il raffrescamento

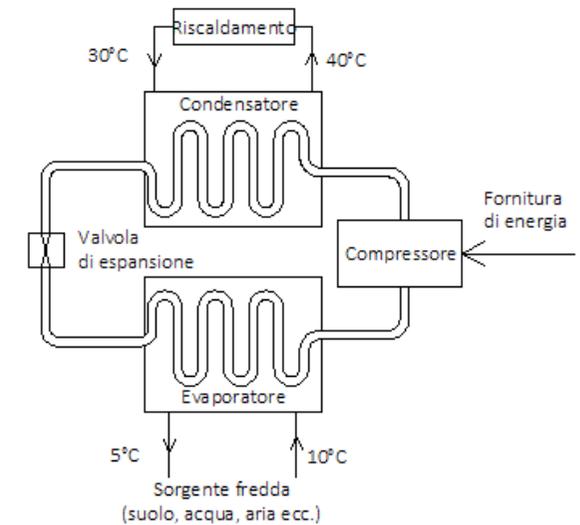


Figura 1.28. Schema di funzionamento del ciclo della pompa di calore

Fonte: M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark e M. Zeumen, *Atlante della sostenibilità*, Ed. UTET, 2007

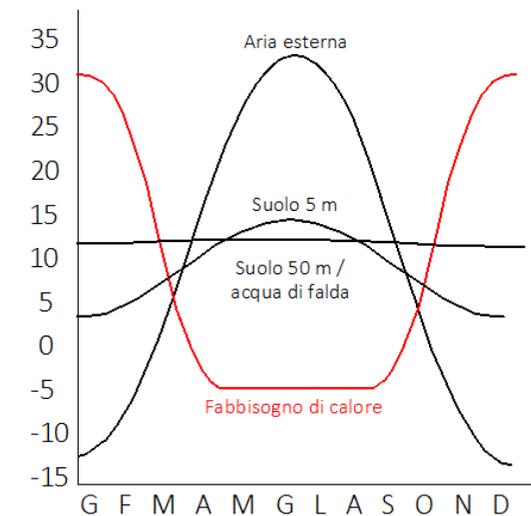


Figura 1.29. Relazione tra fabbisogno di calore e energia termica disponibile in diverse fonti
Fonte: M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark e M. Zeumen, *Atlante della sostenibilità*, Ed. UTET, 2007

La tipologia ad aria risulta l'applicazione all'edilizia più semplice di tale tecnologia poiché può essere installata in qualsiasi momento, senza dover disporre di locali appositi o canne fumarie, tuttavia, tra le tipologie disponibili è la meno efficiente in quanto risente molto delle variazioni di temperatura cui è soggetta l'aria esterna e, per questo motivo, è in grado di fornire il maggiore apporto di energia nel momento dell'anno in cui questa si rileva meno necessaria.

In caso di zone dal clima piuttosto rigido, inoltre, va previsto un dispositivo di sbrinamento, il quale aumenta il fabbisogno di energia da fornire alla macchina.

L'applicazione più vantaggiosa risulta invece quella applicata al terreno, in quanto, a una certa profondità, esso risente in maniera minima delle variazioni di temperatura stagionali. Nella progettazione di questi impianti è possibile scegliere tra due assetti, differenziati dalla disposizione dei tubi collettori in verticale o in orizzontale.

Nel primo caso i tubi scendono in profondità nel terreno fino ad arrivare oltre i duecento metri, questa scelta è favorevole perché richiede poco spazio in pianta, ma, com'è immediato comprendere, comporta un costo importante nella messa in opera.

L'alternativa prevede, invece, la disposizione dei tubi a giacitura orizzontale interrati alla profondità di circa 1,5 m; tale opzione, seppur più economica, richiede grandi estensioni disponibili, in quanto si stima sia necessario allestire una superficie di impianto quasi tripla rispetto a quella dei locali da scaldare.

Caldaie a biomassa

Con il termine biomassa si intende "la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani" (Fonte: direttiva 2009/28/CE).

Tuttavia, in materia energetica le biomasse utilizzate provengono generalmente dalle colture forestali o agricole e si concretizzano nella maggior parte dei casi in prodotti e sottoprodotti del legno.

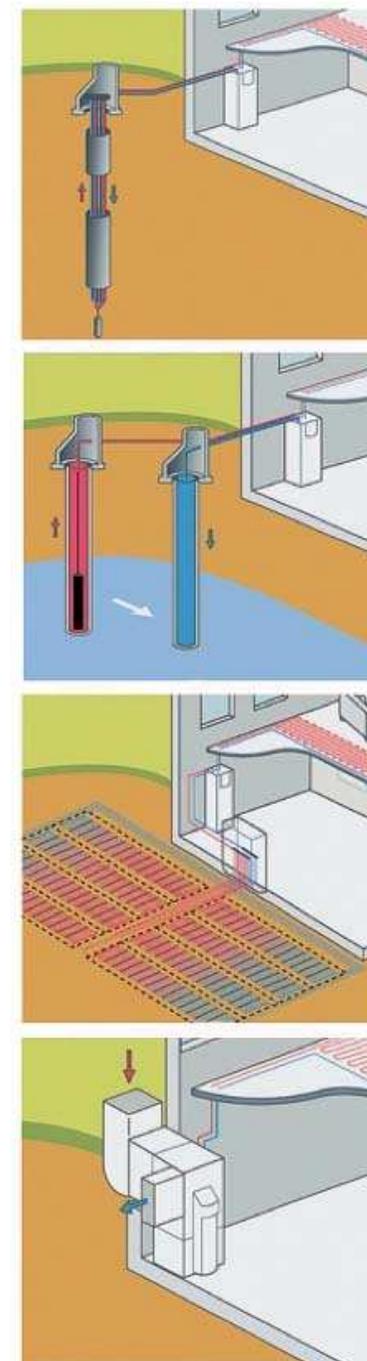


Figura 1.30. Tipologie di pompe di calore, dall'alto: geotermica (terreno in profondità), geotermica (acqua di falda), geotermica (terreno in superficie), ad aria (aria esterna)

Fonte: www.espertocasaclima.com

Ai fini ambientali l'utilizzo delle biomasse è vantaggioso perché, nonostante coinvolga una combustione, esso rilascia lo stesso quantitativo di anidride carbonica che le piante hanno assorbito in vita, ciò rende l'utilizzo di questa tecnologia neutra dal punto di vista delle emissioni di CO₂, se si esclude la quota prodotta dei processi di lavorazione e dal trasporto.

Le tipologie di biomassa prodotte in Europa sono aggregabili in tre categorie fondamentali:

- residui di raccolto: scarti della coltivazione boschiva e agricola;
- sottoprodotti organici: residui di processi industriali quale la lavorazione del legno;
- piante energetiche: coltivazioni realizzate appositamente allo scopo energetico.

Nell'ambito residenziale la combustione del legno rappresenta il sistema di riscaldamento più antico, tuttavia, attraverso l'utilizzo di pezzi di legno posti all'interno di un focolare aperto i rendimenti sono molto bassi; fortunatamente ad oggi la ricerca tecnologica ha messo a disposizione caldaie a legna che permettono di raggiungere risultati decisamente migliori.

La tradizionale legna da ardere, caratterizzata da un potere calorifico di

1700 kWh/m³, è stata inoltre affiancata da prodotti più pratici nel trasporto e nella gestione: il cippato di legno (800 kWh/m³), ottenuto mediante la riduzione in piccole scaglie di tronchi e rami, e il pellet (3200 kWh/m³), ricavato dalla segatura, spesso proveniente da scarti di produzione, essiccata e pressata in cilindri di 6 mm di diametro.

Il pellet è un vettore energetico molto efficace, grazie soprattutto al processo di produzione che subisce; l'essiccazione della segatura porta, infatti, a un'importante diminuzione del contenuto d'acqua del materiale, il che ne aumenta, con proporzionalità inversa, il potere calorifico. Va considerato però che, essendo prodotto con un processo maggiormente articolato degli altri combustibili a base di legno, sul pellet incide una quantità di energia investita per il confezionamento (inclusa distribuzione) costituente il 2,7% dell'energia finale.

Svolte queste considerazioni, è possibile affermare che il pellet risulta la soluzione più conveniente nel caso di caldaie per il riscaldamento di edifici residenziali o terziari di piccole dimensioni, garantendo alte rese (superiori al 90%) e una facile gestione relativamente al trasporto e lo stoccaggio del materiale combustibile e all'alimentazione e la pulizia della caldaia.



Figura 1.31. Biomasse di origine legnosa, dall'alto: legna da ardere, cippato, pellet

Qualora si decida di installare una caldaia a pellet è di grande importanza la scelta delle modalità di carico del materiale, la quale comporta la necessità di disporre di un adeguato magazzino per lo stoccaggio del combustibile.

I sistemi più diffusi per il deposito del pellet sono i seguenti.

- Vano pellet con coltea di asportazione: disposizione di un locale apposito a contatto con l'esterno all'interno del quale viene installato un contropavimento realizzato da due superfici inclinate a 45° che fanno confluire il materiale verso il punto di prelievo;

- serbatoio in tessuto: silo a sezione quadrata in tessuto sintetico retti da struttura metallica, costituisce una soluzione pratica in quanto di facile installazione, non necessita inoltre della disposizione di un vano apposito;

- silo sotterraneo: cisterna ipogea realizzabile in calcestruzzo, vetroresina o materiale plastico.

Il dimensionamento del volume dello stoccaggio viene realizzato a partire dalla considerazione che 0.9 m³ di pellet forniscono 1 kW di potenza; svolgendo alcuni calcoli si comprende che, nel caso di un edificio di piccole dimensioni a basso consumo energetico, è possibile predisporre un magazzino di dimensioni

contenute, sufficiente a contenere la quantità di combustibile per coprire l'intero fabbisogno annuale.

1.3.2 Conservazione del calore

Come già accennato per i sistemi passivi, la protezione dalle perdite indesiderate di calore è importante quanto la capacità di produrlo. Dal bilancio energetico sommario presentato allo scopo di calcolare il potere calorifero dell'impianto, riportato in figura 2.25, si evince chiaramente che le perdite di calore per trasmissione e per ventilazione vanno considerate nel computo, in quanto si dimostrano di entità rilevante anche negli edifici con involucri ad alte prestazioni.

La dissipazione per trasmissione, che si realizza tramite il passaggio di calore dall'interno verso l'esterno attraverso i componenti edilizi, non può in alcun modo essere ridotta attraverso l'uso di impianti, ed è da imputare alla sola qualità dell'involucro.

Ventilazione meccanica a recupero di calore

L'installazione di un impianto di ventilazione meccanica risulta vantaggioso su due fronti differenti; da una parte esso



Figura 1.32. Sistemi di stoccaggio del pellet, dall'alto: vano pellet, serbatoio in tessuto, silo sotterraneo
Fonte: Catalogo ökoFEN

garantisce il controllo della qualità dell'aria, con la possibilità di gestire, oltre al numero di ricambi orari, l'umidità relativa e la temperatura di immissione, dall'altra limita in maniera importante i dispendi di energia tipici della ventilazione naturale, grazie al recupero di parte del calore dall'aria viziata uscente.

Tuttavia è bene considerare che, la messa in opera di un impianto di trattamento dell'aria, costituisce a tutti gli effetti un'installazione impiantistica, con il conseguente consumo energetico, e va quindi ottimizzata per poter essere giustificata all'interno delle logiche che guidano l'architettura bioclimatica.

Per perseguire tale obiettivo è quindi necessario dimensionare accuratamente il sistema, così da massimizzarne l'efficienza e ridurre al minimo l'impatto; in quest'ottica è bene limitare i trattamenti dell'aria e il volume da manipolare della stessa, massimizzare la funzionalità della distribuzione, e porre grande attenzione alle possibilità di recupero di calore.

Negli edifici di piccole dimensioni, l'impianto è costituito da un doppio condotto separato per immissione e l'estrazione di aria.

La distribuzione più razionale di tale sistema di condutture prevede l'immissione di aria pulita nei locali di maggiore

permanenza (quali stanze da letto e soggiorni), dai quali essa fluisce spontaneamente verso gli ambienti secondari, caratterizzati da maggiori apporti inquinanti (ossia bagni e cucine) da cui viene infine aspirata e condotta all'esterno.

Nel suo complesso, un impianto di ventilazione meccanica a recupero di calore è costituito da: due terminali esterni di aspirazione ed espulsione, uno scambiatore di calore per il recupero dell'energia termica, delle cassette di distribuzione dalle quali si diramano le tubazioni per la mandata e si raccolgono quelle di ritorno, una rete per la distribuzione capillare e un numero adeguato di valvole di immissione e aspirazione disposte sul perimetro delle stanze.

Per migliorare le prestazioni delle condotte di circolazione è bene disporre le bocchette di aspirazione al livello del soffitto e quelle di mandata in basso, a pavimento o all'altezza usuale delle prese di corrente.

Ai fini energetici il nocciolo fondamentale di tale impianto risulta essere lo scambiatore di calore: il componente che permette il recupero parziale del calore dell'aria viziata in uscita, per trasferirlo a quella fredda prelevata dall'esterno, ovviamente senza che i due flussi entrino in contatto diretto.

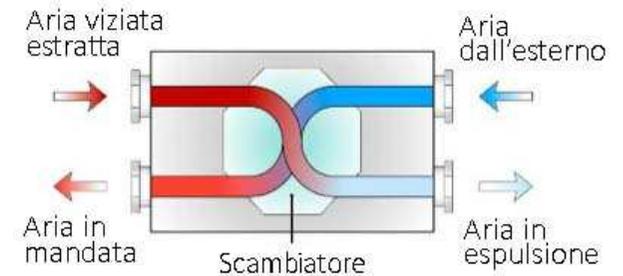


Figura 1.33. Schema di funzionamento di uno scambiatore di calore a flussi incrociati

Fonte: www.espertocasaclima.it



Figura 1.34. Scambiatore di calore a flussi incrociati Aermec

Fonte: catalogo Aermec

La tipologia di scambiatore maggiormente utilizzato in quest'ambito è a flussi incrociati; il funzionamento prevede che l'aria di mandata e quella di ritorno scorrano una contro l'altra grazie a canalizzazioni con una grande superficie di scambio, con questo dispositivo è possibile raggiungere rendimenti che, nelle condizioni più favorevoli, possono raggiungere valori intorno al 90%.

1.3.3 Distribuzione di calore a basse temperature

Un ulteriore approccio per la limitazione degli sprechi energetici in sede di progettazione impiantistica è attuabile mediante la scelta del sistema di distribuzione del calore.

Per cedere l'energia termica prodotta a un locale, è possibile, infatti, disporre di numerose tecnologie diversificate, ciascuna delle quali comporta una serie di benefici e di svantaggi.

La prima distinzione dei componenti in commercio va attuata tra corpi scaldanti, ossia elementi singoli quali radiatori o ventilconvettori, e superfici radianti, incorporate invece nelle componenti proprie delle costruzioni, come accade per pavimenti, soffitti o pareti radianti.

Un'altra classificazione, più interessante ai fini energetici, risulta attuata in merito alla temperatura di mandata necessaria al corretto funzionamento dei terminali del sistema di riscaldamento, risulta immediato, infatti, che la gestione di temperature più basse comporti una minore entità di perdite, sia nel momento di produzione che in quello di distribuzione dell'acqua in circolo.

Per i terminali più diffusi le temperature di riferimento per la mandata sono:

- radiatori: 70°C;
- ventilconvettori: 40-45°C;
- pannelli radianti: 30-40°C.

Tale scelta, oltre a tenere conto di considerazioni di natura energetica, va attuata pensando alla diversa stratificazione di calore che ciascuna tecnologia genera, e alle conseguenze di questa sul comfort percepibile all'interno di un ambiente.

Un'indicazione, in questa direzione, è fornita dai grafici di confronto tra la curva ideale di stratificazione della temperatura, con quelle sperimentali che caratterizzano i diversi sistemi di consegna del calore. Da queste immagini si evince facilmente che è possibile realizzare una situazione affine a quella esemplare mediante la disposizione di pannelli radianti a pavimento.

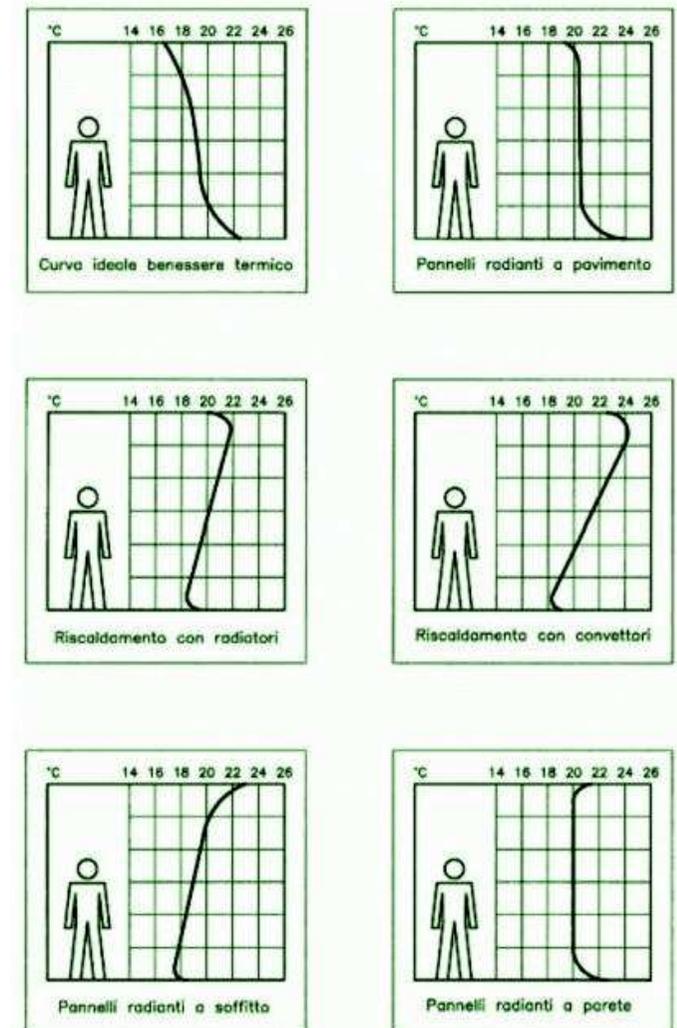


Figura 1.35. Curve caratteristiche di stratificazione della temperatura di diversi sistemi di cessione del calore
Fonte: M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark e M. Zeumen, *Atlante della sostenibilità*, Ed. UTET, 2007

Entrambe le considerazioni si trovano, quindi, d'accordo nell'indicazione del metodo più efficace.

I pannelli radianti a pavimento sono realizzati dalla posa di una serpentina in materiale sintetico annegata nel massetto, attraverso la quale viene fatta circolare acqua a basse temperature, che risulta sufficiente in quanto si dispone di grandi superfici. La resa termica di tale tecnologia può essere facilmente controllata mediante il dimensionamento, in sede di progetto, della distanza che intercorre tra i tubi della serpentina, la quale può anche essere distribuita in maniera difforme nelle diverse parti dell'edificio o del locale da riscaldare; generalmente si assiste, ad esempio, a un infittimento in corrispondenza delle aperture o dei limiti verso l'esterno degli ambienti.

Poiché il sistema funziona tramite l'attivazione termica delle masse sovrastanti l'impianto, grande attenzione va posta al tipo di pavimentazione da mettere in opera; esso, infatti, non deve rappresentare un ostacolo alla diffusione del calore, il che rende sfavorevole la posa di pavimentazioni con buone capacità isolanti, quale il legno, favorendo invece pavimenti pesanti con alti valori di conducibilità, come la pietra e le piastrelle ceramiche.

1.3.4 Produzione di energia elettrica

L'applicazione di sistemi fotovoltaici per la produzione di energia elettrica si pone a cavallo tra i due aspetti analizzati di ottimizzazione dell'involucro e progettazione impiantistica in quanto, pur richiedendo l'applicazione di apparecchiature tecnologiche, essa si esplica attraverso un'attenta integrazione con l'involucro edilizio.

All'interno di una costruzione, l'energia elettrica svolge un ruolo fondamentale in quanto si presta molto facilmente ad essere trasformata in altre forme energetiche, e diviene, così, necessaria al funzionamento di lampade, dispositivi elettronici, e elettrodomestici; essa fornisce, inoltre, l'energia necessaria al funzionamento dei sistemi impiantistici finora esaminati di cui alimenta pompe e ventilatori.

Tradizionalmente l'energia elettrica viene prodotta da grandi stabilimenti posti al di fuori dei centri abitati, i quali possono sfruttare o meno le fonti rinnovabili, e successivamente trasportata all'interno degli insediamenti mediante una rete di distribuzione.

La possibilità di generare corrente elettrica in seno ai fabbricati stessi permette di mutare questo sistema, cambiando il ruolo

degli abitati, da semplici consumatori, a coproduttori.

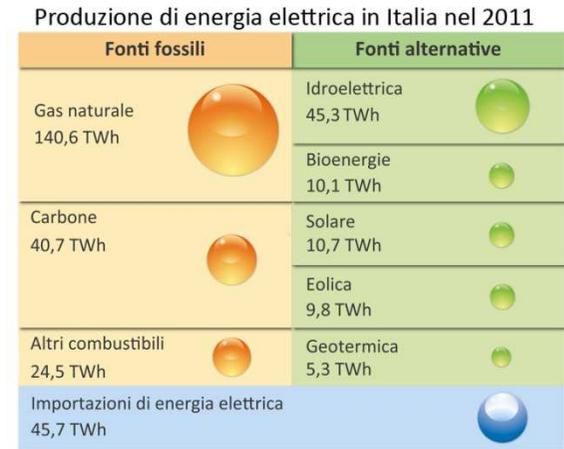


Figura 1.36. Produzione di energia elettrica in Italia per fonte

Fonte: www.eniscuola.net

Se per l'utilizzo del solare termico l'orientamento e l'inclinazione dei pannelli risultava importante, in questo caso tali parametri diventano fondamentali, in quanto la tecnologia fotovoltaica riesce a produrre energia solo nel caso in cui la radiazione solare incida in modo diretto sulle celle; ciò rende la progettazione di tali sistemi maggiormente delicata poiché necessita la considerazione di ogni possibile zona d'ombra, al fine di garantire, a impianto concluso, il rendimento atteso in linea teorica.

I sistemi che oggi si trovano in commercio sfruttano tutti l'effetto fotovoltaico, che fu intuito per la prima volta da Alexandre Edmond Becquerel intorno al 1839, esso si basa sul fenomeno fotoelettrico, ovvero sul trasferimento dell'energia contenuta nei fotoni della radiazione solare agli elettroni del materiale semiconduttore, generalmente a base di silicio, su cui essa incide.

Per sfruttare al meglio tale fenomeno fisico, nel corso degli anni sono state sviluppate le celle fotovoltaiche, che si distinguono in due categorie, a partire da considerazioni sulla struttura: le celle cristalline e le celle a film sottile.

In entrambi i casi, la cella di base è realizzata da un sottile strato di silicio che viene "drogato" attraverso l'apposizione di

atomi di boro e di fosforo sulle due facce opposte; ciò è sufficiente a creare un campo elettrico tra le due superfici, il quale genera scariche elettriche se esposto alla luce solare.

Il primo gruppo costituisce la tecnologia più consolidata, in produzione già dagli anni Cinquanta, e comprende a sua volta le celle monocristalline, ottenute mediante la trafilatura di una barra di silicio, e policristalline, così chiamate a causa delle formazioni che si realizzano durante il raffreddamento.

Diversamente da quanto si potrebbe pensare la tecnologia nata successivamente, ossia quella a base di silicio policristallino, è meno efficiente di quella precedente, ma dispone del vantaggio di avere un costo minore.

Nel corso degli anni Settanta sono state sviluppate nuove tecnologie di celle fotovoltaiche basate sull'utilizzo del silicio amorfo, da tali ricerche si è arrivati alla definizione delle celle a film sottile.

Nell'utilizzo di questa tecnologia, il grande vantaggio si ha nella fase produttiva, che vede abbattersi i costi a causa della minore necessità di materia prima, in quanto per la realizzazione è sufficiente apporre strati sottilissimi di materiale semiconduttore su una superficie che può essere

indifferentemente in vetro, plastica o metallo.

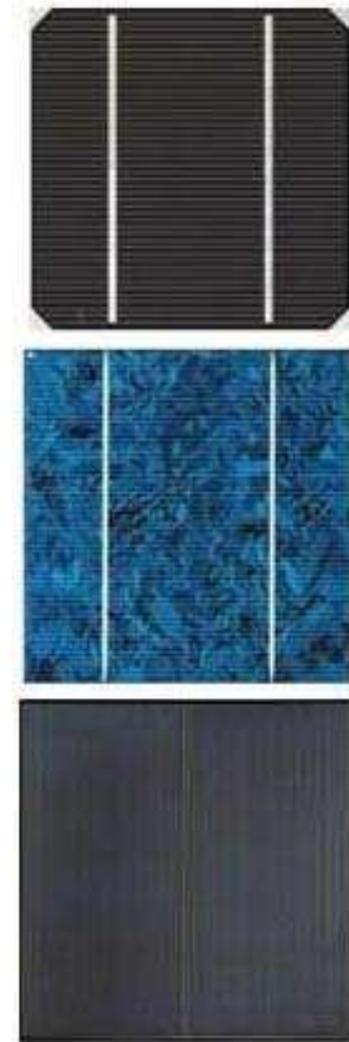


Figura 1.37. Tipologie di celle fotovoltaiche, dall'alto: cella monocristallina, cella policristallina, cella amorfa
Fonte: www.alwayson-srl.it

Le celle a film sottile permettono inoltre una maggiore libertà compositiva in quanto sono disponibili in qualsiasi forma e dimensione e, grazie alla sottile consistenza, possono essere disposte su supporti flessibili capaci di adattarsi a qualsiasi superficie architettonica.

Gli elementi componenti di un impianto fotovoltaico sono indicativamente tre: il generatore fotovoltaico, il sistema di trasformazione e trasporto dell'energia e l'eventuale batteria di accumulo.

Il generatore fotovoltaico costituisce l'intera superficie a disposizione di un impianto; esso non ha limiti dimensionali ma, per praticità di realizzazione e di messa in opera, è formato da una serie di sottoprodotti.

Innanzitutto il nucleo fondamentale è formato dalla cellula fotovoltaica che, collegata in serie con altre forma un modulo fotovoltaico; l'insieme di tali moduli, assemblati, fissati meccanicamente e collegati elettricamente, crea un pannello; l'aggregazione dai pannelli, ancora una volta in serie, genera una stringa che, se affiancata ad altre in parallelo, costituisce il generatore fotovoltaico.

L'energia generata è in corrente continua e necessita di essere trasformata in corrente alternata per essere utilizzata dai comuni

dispositivi; questo compito è affidato all'inverter.

Come già visto per altre fonti energetiche dipendenti dal Sole, l'energia fornita dai pannelli fotovoltaici non risulta continua nel tempo, per superare questo problema è possibile disporre di batterie di accumulo che, allo stesso modo delle comuni batterie ricaricabili, è capace di conservare l'energia in eccesso per fornirla in un diverso momento.

Ulteriori scelte tecnologiche vanno attuate in funzione del rapporto che si decide di instaurare tra l'impianto fotovoltaico privato e la rete elettrica nazionale; in funzione di ciò sono, infatti, possibili le tre configurazioni seguenti.

- Impianti a isola (stand alone): servono utenze scollegate dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica e devono quindi essere forniti di batterie di accumulo per garantire l'erogazione di energia anche nei momenti di buio;

- impianti connessi alla rete (grid connected): sono collegati alla rete nazionale che sopperisce nel caso di necessità non coperte dall'impianto fotovoltaico, qualora ci fosse invece un surplus di energia generata, questa viene automaticamente immessa nella rete, tale sistema non necessita quindi di sistemi di accumulo;

- impianti ibridi: dispongono di batterie di per permettere il consumo differito, tuttavia sono in grado, nel caso di completo scarico dell'accumulo, di attingere alla rete di distribuzione centrale.

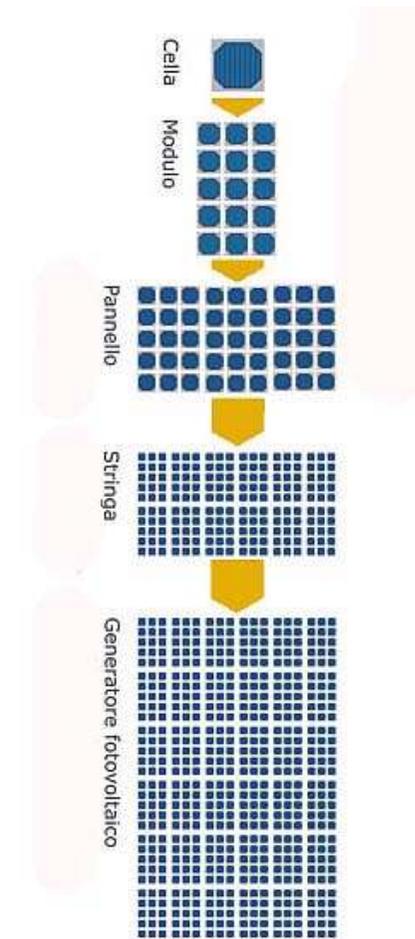


Figura 1.38. Schema di composizione di un generatore fotovoltaico

1.4 Bibliografia dedicata

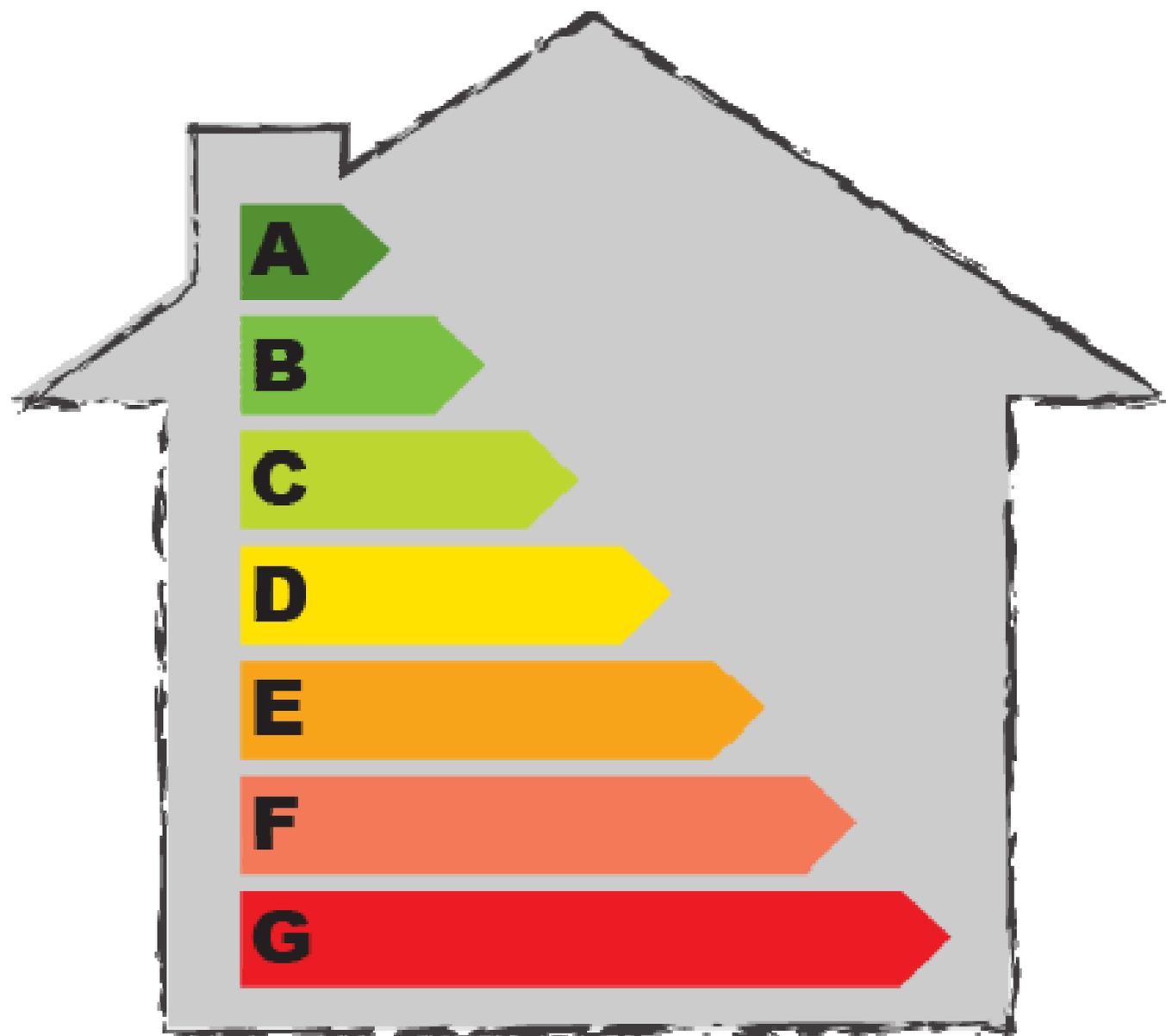
Libri:

- S. Bruno, *Manuale di bioarchitettura*, Ed. Dario Flaccovio, 2010
- L. Caputo, *Politiche dell'ambiente e del territorio*, Ed. Tangram, 2011
- S. De Pascalis, *Progettazione bioclimatica*, Ed. Dario Flaccovio, 2001
- D. Francese, *Architettura bioclimatica*, UTET, 1996
- J. Gaspari, *Il progetto dell'involucro efficiente*, Ed. Edicom, 2010
- A. Giacchetta, A. Magliocco, *Progettazione sostenibile*, Ed. Carrocci, 2007
- M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark, M. Zeumen, *Atlante della sostenibilità*, UTET, 2007
- N. Lantschner, *Casa Clima, vivere nel più*, Ed. Raetia, 2007
- A. Rinaldi, *Progettazione ed efficienza energetica*, Ed. Maggioli, 2010
- B. Rudosky, *Le meraviglie dell'architettura spontanea*, Ed. Laterza, 1979
- A. Tandelli Palmizzi, *L'impianto di riscaldamento nella casa sana*, Ed. Edicom, 2005

Tesi di dottorato:

- V. Roviglioni, *Ricerca delle condizioni di applicabilità delle Fonti Energetiche Nuove e Rinnovabili sul territorio. Il modulo urbano sostenibile per piccoli insediamenti*, relatore Prof. V. Naso, Università Roma La Sapienza, 2005

2. La
certificazione
energetica
degli edifici



Con il crescente interesse verso la questione energetica, congiuntamente alla redazione di norme in materia, si è giunti a una progressiva sensibilizzazione del settore edilizio.

Grazie soprattutto alla spinta fornita dall'Unione Europea attraverso la Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia, tale interesse si è formalizzato nella certificazione energetica degli edifici, una procedura normata che permette la valutazione del comportamento energetico di un immobile.

L'attuazione del suddetto sistema, reso obbligatorio in occasione di costruzione, compravendita e locazione di ogni unità immobiliare, si propone come scopo la fornitura di uno strumento informativo utile a diversi livelli.

Il DM 22 novembre 2012, costituente il nuovo documento normativo sulle linee guida relative alla stesura dell'attestato di certificazione, riporta come finalità "definire un sistema di certificazione degli edifici che possa essere un chiaro e comprensibile strumento di valutazione della prestazione energetica degli edifici, per acquisti e locazioni di immobili, oltre che della convenienza economica a realizzare interventi di riqualificazione energetica degli stessi."

Innanzitutto l'attenzione è stata posta quindi sull'utenza dei prodotti edilizi; e da ciò deriva la scelta di esplicitare i risultati attraverso una classificazione dal carattere intuitivo, individuando la classe energetica di appartenenza con una lettera, un colore all'interno di una scala cromatica e un valore indicativo di fabbisogno globale, così come si fa da tempo per definire la qualità di un elettrodomestico.

Ciò permette un efficace diffusione dei risultati di calcolo tra gli utenti finali, facendo comprendere immediatamente l'entità del dato energetico.

Dal momento di introduzione del certificato energetico, infatti, la classe di appartenenza, indicativa delle prestazioni dell'edificio, è diventata argomento comune di discussione tra coloro i quali nutrono interesse nei processi edilizi, pur non appartenendo al settore.

Il primo scopo appare quindi quello della sensibilizzazione dell'opinione comune nei confronti della questione energetica, rendendo noto che, attraverso l'ottimizzazione dei consumi all'interno della propria casa, è possibile, oltre che risparmiare denaro, fornire un piccolo contributo alla riduzione dell'impatto dell'uomo sul pianeta, sia dal punto di vista

energetico che da quello dell'inquinamento.

Le finalità dell'attestato di certificazione energetica:

- Migliorare la trasparenza del mercato immobiliare e dei contratti di fornitura di energia, mediante dati oggettivi e pubblici delle caratteristiche e delle spese energetiche del fabbricato
- Informare e rendere consapevoli i proprietari del costo energetico relativo all'uso del proprio immobile e incentivare interventi volti al miglioramento dell'efficienza energetica
- Sollecitare i produttori e i progettisti a confrontarsi con il tema dell'efficienza energetica

In secondo luogo la comunicazione delle prestazioni energetiche degli edifici, sia nuovi che esistenti, e la sua larga diffusione, consente di rendere maggiormente trasparenti le dinamiche di mercato collegate al settore edilizio, siano esse relative a contratti di compravendita o locazione, o alla fornitura dei servizi concernenti l'energia.

In ultima analisi la certificazione costituisce un importante strumento per i professionisti del settore, i quali possono disporre di un metro di giudizio il più possibile oggettivo, che può essere letto a un livello più tecnico rispetto a quello immediato fornito dalla classificazione.

Da un'analisi maggiormente approfondita è possibile, infatti, estrapolare le componenti di dettaglio che formano il bilancio energetico del fabbricato, differenziate tra perdite e guadagni energetici provocati da ciascun componente edilizio, e dunque procedere al miglioramento, o alla formazione, del progetto di ottimizzazione energetica.

Il certificato energetico non va quindi considerato come un'etichetta posta *ex post*, quale elemento di controllo di un processo giunto alla sua conclusione, bensì come uno strumento di valutazione redatto per conoscere una situazione, al fine di

procedere al suo progressivo miglioramento attraverso scelte progettuali avvalorate da dati certi.

In questo senso va sottolineato che la procedura di certificazione energetica si attua, con la stessa valenza, sia per edifici esistenti, che nel caso di fabbricati in corso di progettazione, svolgendo sempre il ruolo di elemento incentivante al fine dello sviluppo energetico.

In entrambe le situazioni, la procedura di certificazione si svolge per fasi, ed è caratterizzata dai seguenti step:

- analisi dei documenti di progetto ed estrazione dei dati utili alla modellazione energetica dell'edificio in analisi;
- scelta della procedura di certificazione da seguire;
- calcolo e valutazione della prestazione energetica;
- classificazione dei risultati;
- redazione del certificato;
- suggerimenti al fine di migliorare le prestazioni rilevate.

Il cuore dell'intero sistema è l'attestato di certificazione energetica; un documento di validità decennale, che va redatto secondo le linee guida nazionali di cui al DM 26 giugno 2009, al cui interno vanno dichiarati i dati sull'efficienza energetica propria

dell'edificio e sulle prestazioni in relazione ai valori prescritti dalle normative vigenti.

Al fine della redazione del certificato energetico in Europa sono stati sviluppati diversi standard, tutti validi per la direttiva 2002/91/CE, ma che applicano procedure operative diversificate.

2.1 Evoluzione normativa in Italia

Allo stesso modo di quanto è possibile riscontrare in altri paesi europei, in Italia la prima norma relativa al risparmio energetico nel settore dell'edilizia viene stilata a seguito della prima crisi energetica degli anni Settanta.

Si tratta, nella fattispecie, della Legge n. 373 del 7 giugno 1976: *Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici*; un documento a valenza piuttosto generale che introduce alcune questioni legate alla limitazione dei consumi energetici per il riscaldamento invernale degli edifici.

All'interno del testo viene indicata la necessità di realizzare nuove costruzioni che dispongano di un adeguato isolamento termico, e ne impongono la verifica allo scopo del rilascio dell'abitabilità.

Le prime grandezze che venano individuate per le limitazioni degli sprechi energetici riguardano l'impianto di generazione di calore, il quale non deve eccedere una data potenza, e la temperatura dell'aria interna da mantenere, che non dev'essere superiore ai 20°C.

L'introduzione dei primi incentivi statali per il miglioramento energetico del patrimonio edilizio avviene invece con la Legge 308 del 1982, che prevede lo stanziamento di 590 miliardi di Lire per contribuire alle opere di coibentazione degli edifici.

Le due leggi vengono poi integrate e sostituite da un nuovo testo normativo: la Legge n. 10 del 9 gennaio 1991 *Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*, che riveste il ruolo di legge quadro, fornendo principi e obiettivi in merito alla razionalizzazione dell'uso dell'energia.

In questa sede per la prima volta viene definito il sistema edificio-impianto, a cui si fa riferimento per la definizione di un nuovo criterio di limitazione. Mentre la legge precedente forniva indicazioni solo sul valore massimo di potenza del generatore installato, ora si prende invece in considerazione il consumo di energia primaria realizzato dall'insieme organico di edificio e impianto, definito come FEN (fabbisogno energetico normalizzato) e misurato in $\text{kJ/m}^3 \text{GG}$.

Punti chiave della Legge n. 10/1991:

- definizione del sistema integrato edificio-impianto

- valutazione del consumo di energia primaria attraverso l'indice FEN (fabbisogno energetico normalizzato)

- definizione dei fattori da considerare al fine di una progettazione energetica:
 - ambientali
 - tipologici
 - tecnico-costruttivi
 - impiantistici

- disposizione di un certificato energetico di durata quinquennale, obbligatorio nel caso di nuova costruzione, compravendita o locazione (indicazione non attuata)

Essa definisce, tra le altre cose, quattro categorie di elementi da considerare per procedere a una progettazione maggiormente consapevole: fattori ambientali (che considerano le caratteristiche microclimatiche dell'area), tipologici (concernenti la tipologia insediamento, l'orientamento dell'edificio e la distribuzione degli spazi interni), tecnico-costruttivi (quali le caratteristiche di isolamento termico e l'entità delle superfici finestrate) e di tipo impiantistico (sull'efficienza e la sostenibilità degli impianti).

All'art. 30, la legge dispone di indicazioni sulla certificazione energetica degli edifici, le quali, non essendo state riprese dai regolamenti attuativi, non portano a nessuna conseguenza operativa.

Il passo successivo viene fatto mediante due decreti attuativi: il DPR 412 del 6 agosto 1993 (Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.) e il DPR 551 del 21 dicembre 1999 (*Regolamento recante modifiche al D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412, in materia di*

progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia.), che pongono l'accento su tutte le fasi relative alla progettazione, alla messa in opera, all'esercizio e alla manutenzione dei dispositivi impiantistici.

Un'introduzione di particolare importanza, realizzata in questi decreti, risulta la classificazione dei comuni italiani in sei zone climatiche, indicate con le lettere dalla A alla F (procedendo dalla più calda alla più fredda), a cui vanno assoggettati il periodo di accensione e il numero di ore giornaliere di funzionamento del riscaldamento invernale.

Lo scopo principale delle disposizioni è quello di sensibilizzare sulla tematica del dimensionamento degli impianti di riscaldamento, e proprio a questo scopo vengono definiti tre indicatori del sistema edificio-impianto: il coefficiente di dispersione volumica globale per trasmissione (Cd) misurato in $Wm^3/°C$ e il rendimento medio stagionale dell'impianto (η), determinato in funzione dei rendimenti parziali di produzione, distribuzione, regolazione ed emissione; viene inoltre ripreso il fabbisogno energetico normalizzato (FEN), descritto come "la quantità di energia primaria globalmente

richiesta nel corso della stagione di riscaldamento per mantenere negli ambienti la temperatura prefissata con un adeguato ricambio d'aria, diviso per il volume riscaldato ed i gradi giorno (GG) della località."

Punti chiave della Direttiva 2002/91/CE:

- metodologia comune di calcolo per il rendimento energetico degli edifici
- requisiti minimi per le nuove costruzioni e per gli edifici esistenti sottoposti a importanti ristrutturazioni
- modalità di certificazione degli edifici nuovi e preesistenti
- obbligo di esposizione dell'attestato di certificazione da parte degli edifici pubblici
- modalità e tempistiche per l'ispezione periodica e la manutenzione degli impianti di riscaldamento
- obbligo di conformazione per gli stati membri entro il 1 gennaio 2006

Oltre ciò viene imposto l'obbligo di verifica igrometrica, tramite diagramma di Glaser, delle chiusure opache verticali, al fine di assicurare l'eliminazione del rischio di formazione di condensa interstiziale e superficiale.

A dare la svolta decisiva è però la direttiva europea 2002/91/CE sul rendimento energetico dell'edilizia, redatta in attuazione alla firma del protocollo di Kyoto da parte dei paesi membri.

Il testo normativo, breve e di carattere generale, si propone lo scopo di fornire una certa uniformità tra i metodi operativi dei paesi europei e si apre con una serie di definizioni quali quelle di edificio, rendimento energetico, attestato di rendimento energetico, caldaia, pompa di calore ecc.

In questa sede vengono poi date indicazioni sulle metodologie da adottare per il calcolo del rendimento integrato di un edificio, pur rimandando i dettagli alle normative nazionali e regionali, fissando dei requisiti minimi per le nuove costruzioni e per le ristrutturazioni, ed esplicitando i tempi e le modalità per la manutenzione degli impianti.

Ma la grande novità che la direttiva introduce riguarda l'attestato di certificazione energetica: un documento di

durata decennale che deve essere disposto nel caso di costruzioni, compravendite e locazioni di un edificio.

Nella redazione dell'attestato vanno considerati: la posizione e l'orientamento dell'edificio in funzione di ragionamenti macro e micro climatici, le caratteristiche di isolamento termico e di tenuta all'aria, le dotazioni impiantistiche per la fornitura di calore, per la climatizzazione estiva e per la ventilazione, l'apporto dei sistemi solari passivi, la presenza di schermature solari e la qualità dell'illuminazione naturale.

La direttiva invita, quindi, a un rapido avanzamento riguardo ai concetti di energetica applicati agli edifici, che, probabilmente, molti stati membri non sono ancora in grado di attuare.

I regolamenti di attuazione, in Italia, sono il DL n. 192 del 19 agosto 2005 (*Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*) e il DL n. 311 del 29 dicembre 2006 (*Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia*).

Gli elementi più interessanti di queste norme si trovano agli allegati, che presentano una serie di specificazioni utili alla progettazione.

Allegati del DL n. 192/2005

- Allegato A: definizioni di termini attinenti alla materia energetica
- Allegato B: Metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici
- Allegato C: Requisiti della prestazione energetica degli edifici
 - limitazioni al fabbisogno di energia primaria
 - trasmittanze limite dei componenti edilizi
 - Rendimento medio globale richiesto all'impianto
- Allegato D: Predisposizioni per l'integrazione di impianti solari termici e fotovoltaici
- Allegato H: Valore minimo del rendimento di combustione dei generatori di calore

All'allegato B vengono elencati gli elementi da considerare al fine del calcolo energetico, che sono individuati in: clima esterno e interno, caratteristiche tecniche dell'edificio, impianto di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, impianto di condizionamento dell'aria, impianto di ventilazione, posizione e orientamento degli edifici, sistemi solari passivi e protezione solare, ventilazione naturale e utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, di sistemi di cogenerazione, e di riscaldamento e condizionamento a distanza.

E, all'allegato C, che risulta di ordine maggiormente tecnico, si quantificano, in funzione della zona climatica di appartenenza, i limiti dei valori di trasmittanza termica di strutture verticali opache, strutture orizzontali opache, e chiusure trasparenti, da attuarsi in step successivi (inizialmente due individuati in 2006 e 2009 rettificati poi, dal decreto successivo, in tre da attuarsi entro il 2006, 2008 e 2010).

Nonostante la definizione di nuove quantità limite e l'obbligo formale di redazione della certificazione energetica a livello nazionale, cogente però solo per le nuove costruzioni e per gli edifici con superficie superiore al 1000 m², i decreti non riescono a realizzare

nella pratica il salto di qualità richiesto dall'Unione Europea.

Viene formato quindi il DL n. 311 29 dicembre 2006: *Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia*, attraverso il quale vengono richieste per la prima volta verifiche energetiche differenziate per regime invernale, che va testato dal punto di vista del sistema edificio-impianto, e estivo, che considera invece il solo involucro.

Inoltre vengono disposte procedure diversificate a seconda dell'intervento edilizio e della categoria di edificio.

In questa sede il certificato energetico viene sostituito, in via provvisoria, dal meno oneroso attestato di qualificazione energetica, obbligatorio solo per le nuove costruzioni.

Il ritardo nella recezione della direttiva, e il passaggio di alcune competenze in materia energetica alle Regioni, fornisce lo slancio per la creazione di una serie di iniziative autonome sul territorio, che si concretizzano, ad esempio, nella formazione di agenzie quali CasaClima nella provincia autonoma di Bolzano.

Punti chiave del DPR n. 59/2009:

- introduzione di un valore massimo per il fabbisogno energetico dedicato alla climatizzazione estiva
- limitazione alla libertà di legiferazione delle Regioni e delle Province Autonome
- individuazione delle norme tecniche della serie UNI TS 11300 come riferimento per la metodologia di calcolo
- requisiti minimi per l'edilizia residenziale:
 - 40 kWh/m² a zone A e B
 - 30 kWh/m² a altre zone
- requisiti minimi per l'edilizia pubblica
 - 14 kWh/m² a zone A e B
 - 10 kWh/m² a altre zone

Nel frattempo l'UE avvia una procedura di messa in mora dello Stato Italiano per la mancata introduzione della certificazione energetica, con obbligo di conformarsi entro il gennaio 2009.

Da questa situazione ha origine il DPR n. 59 del 2 aprile 2009 (*Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*), che si pone come finalità principale l'omogeneizzazione delle disposizioni energetiche sul territorio e, poco dopo, il DM n. 158 del 26 giugno 2009 (*Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*), il quale porta, finalmente, alla piena attuazione della direttiva 2002/91/CE.

Con il primo documento si dispone, finalmente, l'obbligo di considerazione dei consumi necessari per la climatizzazione estiva degli ambienti, e si individua nella serie di norme tecniche UNI TS 11300 la metodologia da seguire per il computo del fabbisogno totale di un edificio.

Il DM del 2009 indica, invece, le linee guida nazionali per la redazione dell'attestato di certificazione energetica degli edifici, imponendone l'obbligatorietà e indicando le normative tecniche di riferimento e i

contenuti che l'attestato finale deve contenere.

In parallelo permane l'attestato di qualificazione energetica, il quale si differenzia perché non giunge all'attribuzione di una classe di appartenenza al fabbricato oggetto di analisi e può essere realizzato da un soggetto interno al processo edilizio.

Si definisce, inoltre, un nuovo coefficiente indicativo del comportamento energetico generale di una costruzione: si tratta dell'indice di prestazione globale EPgl, misurato in kWh/m²a per gli edifici residenziali e in kWh/m³a per le altre destinazioni, il quale deve tenere in considerazione il fabbisogno di energia necessario alla climatizzazione sia invernale che estiva, le modalità di produzione di acqua calda sanitaria e i consumi per la fornitura di illuminazione e per il funzionamento degli impianti.

Punti chiave del DPR n. 158/2009:

- linee guida per la certificazione energetica degli edifici
 - dati informativi minimi
 - norme tecniche di riferimento
 - metodologie di calcolo
 - classificazione energetica
- indicazioni sul coordinamento dello Stato con le Regioni, la Provincia autonoma di Bolzano e la Provincia autonoma di Trento

2.1.1 La normativa tecnica

All'allegato B del DM n. 158 del 26 giugno 2009 si riporta che "la metodologia di calcolo adottata dovrà garantire risultati conformi alle migliori regole tecniche, a tale requisito rispondono le normative UNI e EN vigenti in tale settore."

A tale scopo segue una lista di normative tecniche riconosciute al fine della redazione degli attestati di certificazione energetica.

Tali documenti, che la legge riporta separati per campo di applicazione, guidano il progettista e il certificatore attraverso il calcolo, la cui procedura è definita in modo generale dalla direttiva UNI EN ISO 13790:2008 e specificata per l'applicazione nazionale, con riferimento al metodo mensile, dalla serie di norme UNI TS 11300.

Altre norme, di spettro più ristretto, trattano invece di aspetti parziali utili alla caratterizzazione dell'involucro dell'edificio, presentando, ad esempio i metodi di calcolo per le trasmittanze degli elementi, o degli impianti installati.

Un ulteriore gruppo di norme riporta poi le banche dati dei valori standard da considerarsi in assenza di specifiche più precise sui singoli elementi da costruzione impiegati.

Norme quadro di riferimento nazionale:

- UNI TS 11300-Parte 1

Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

- UNI TS 11300-Parte 2

Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

- UNI TS 11300-Parte 3

Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.

- UNI TS 11300-Parte 4

Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria

Norme per la determinazione della prestazione energetica del sistema edificio-impianto:

- UNI EN ISO 13790

Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento

Norme per la caratterizzazione dell'involucro:

- UNI EN ISO 6946

Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo

- UNI EN ISO 10077-1

Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti – Calcolo della trasmittanza termica – Parte 1: Generalità

- UNI EN ISO 10077-2

Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo numerico per i telai

continua

- UNI EN ISO 13786
Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo
- UNI EN ISO 13789
Prestazione termica degli edifici – Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione – Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 13370
Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo
- UNI EN ISO 10211
Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali – Calcoli dettagliati
- UNI EN ISO 14683
Ponti termici in edilizia – Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento
- UNI EN ISO 13788
Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale – Metodo di calcolo
- UNI EN 13363-1
Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato
- UNI EN 13363-2
Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato
- UNI 11235
Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde.

continua

Norme per la ventilazione:

- UNI 10339

Impianti aereaulici a fini di benessere – Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura

- UNI EN 13779

Ventilazione degli edifici non residenziali – Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione

- UNI EN 15242

Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni

Banche dati e norme di supporto:

- UNI 10349

Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici

- UNI 10351

Materiali da costruzione – Conduttività termica e permeabilità al vapore

- UNI 10355

Murature e solai – Valori di resistenza termica e metodo di calcolo

- UNI EN 410

Vetro per edilizia – Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate

- UNI EN 673

Vetro per edilizia – Determinazione della trasmittanza termica (valore U) – Metodo di calcolo

- UNI EN ISO 7345

Isolamento termico – Grandezze fisiche e definizioni

- UNI 8065

Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile

- UNI EN 303-5

Caldaie per riscaldamento - Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale e automatica, con una potenza termica nominale fino a 300 kW - Parte 5: Terminologia, requisiti, prove e marcatura

2.1.2 La normativa regionale

Come già accennato nel panorama normativo grande importanza è assunta dalle leggi regionali, che hanno il compito di definire i metodi di attuazione delle linee guida nazionali.

Il quadro complessivo di tale situazione viene fornito dal Rapporto ONRE (Osservatorio Nazionale Regolamenti Edilizi per il Risparmio Energetico) 2012 di Legambiente sulla relazione tra i regolamenti edilizi e lo scenario di innovazione energetica in Italia.

Nello studio viene proposta una suddivisione del territorio nazionale tra regioni e province a statuto speciale, valutate in merito ai regolamenti presenti sull'efficienza energetica.

Ciò che si può evincere è la presenza di una situazione estremamente disomogenea, che evidenzia un grande divario tra alcune regioni virtuose, che obbligano a svolgere interventi ai fini del miglioramento energetico, all'uso delle energie rinnovabili per quota parte del fabbisogno complessivo e alla redazione dell'attestato di certificazione energetica, altre che si limitano all'incentivo delle pratiche sopracitate, e le rimanenti, in cui l'applicazione delle questioni energetiche

all'edilizia non è ancora stata attuata in maniera considerevole.

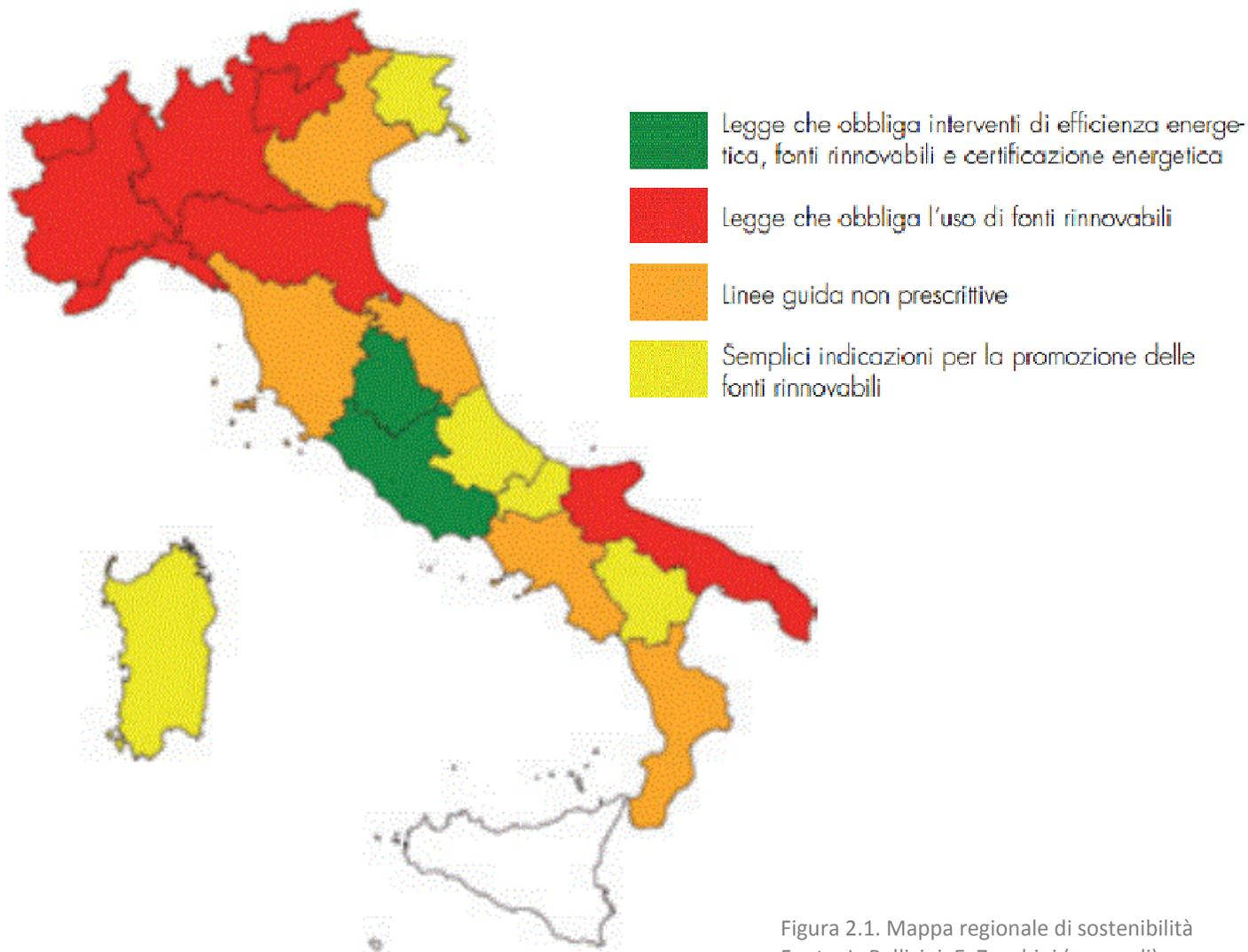


Figura 2.1. Mappa regionale di sostenibilità
Fonte: L. Bellicini, E. Zanchini (a cura di),
Rapporto ONRE 2012, Legambiente, 2012

2.2 Lo standard CasaClima

L'agenzia CasaClima fonda le sue radici nella provincia autonoma di Bolzano, nel 2000 quando Norbert Lantschner, allora direttore dell'Ufficio aria e rumore della Provincia autonoma di Bolzano, scopre le *passivhaus* e comincia a elaborare un progetto per favorirne la diffusione.

Il problema principale che viene affrontato non è tanto quello delle tecniche necessarie per il raggiungimento di alte prestazioni energetiche, poiché esse esistono già, ma quello di riuscire a trasmettere al cittadino comune l'importanza di compiere tale passo avanti.

A questo scopo viene elaborata una classificazione delle qualità energetiche di un edificio fondata sull'analogia di due indici già consolidati.

Innanzitutto si recupera la grafica delle classi di consumo energetico degli elettrodomestici: una scala cromatica che va dal verde al rosso, accompagnata da una lettera maiuscola dell'alfabeto; al posto del valore espresso in kWh, si sceglie poi di definire un indice di consumo il kWh/m²a, che permette di valutare una sorta di

consumo unitario, al pari di quanto accade per le automobili con l'indicazione dei km/l che ciascuna autovettura è capace di percorrere in determinate condizioni.

Il valore, frutto di calcoli tecnici, in kWh/m²a è, tra le altre cose, facilmente convertibile, mediante una divisione per un fattore 10, in un quantitativo indicativo di litri di gasolio (o m³ di gas naturale) necessari per riscaldare 1 m² in un anno.

A partire da tali considerazioni viene stabilita una scala di valori che permette di classificare gli edifici, identificandone le prestazioni con l'uso di una sola lettera.

Con i presupposti sopra citati, nel 2002, l'Agenzia CasaClima viene presentata al pubblico in un apposito convegno a Bolzano, proponendo l'opportunità di una certificazione ad adesione volontaria.

Quando poi, con il decreto del Presidente della Giunta Provinciale n. 39 del 29 settembre 2004, la certificazione energetica degli edifici diviene obbligatoria, appare immediato assumere il protocollo CasaClima come quello ufficiale, e da qui ha inizio la grande diffusione del progetto.



Figura 2.2. Logo dell'agenzia CasaClima
Fonte: N. Lantschner, *CasaClima, vivere nel più*, Ed. Raetia, 2007



Figura 2.3. Classificazione CasaClima
Fonte: N. Lantschner, *CasaClima, vivere nel più*, Ed. Raetia, 2007

Lo standard CasaClima pone l'accento principalmente sulla capacità dell'involucro edilizio di mantenere e captare l'energia termica, ponendo in secondo ruolo la componente impiantistica, che viene valutata solo mediante un indice di preferenza dei generatori di calore meno impattanti, in successione: caldaia a pellet, pompa di calore, caldaie a gas e a gasolio. La modalità di calcolo prevede, infatti, la valutazione della differenza tra le perdite di calore per trasmissione e ventilazione e gli apporti termici solari e interni; in questo modo si ottiene un coefficiente indicativo del fabbisogno energetico dell'edificio oggetto d'analisi.

I dati di input richiesti per procedere al calcolo sono:

- dati climatici: viene preso in considerazione il numero di gradi giorno corrispondente al capoluogo di provincia del paese indicato;
- perdite di calore per ventilazione: il ricambio d'aria è fissato a 0,5 vol/h, a meno di diverse indicazioni dovute a un impianto di ventilazione meccanica;
- perdite di calore per trasmissione: calcolate in seguito all'inserimento dei dati relativi a superfici opache e finestrate e all'entità dei ponti termici lineari, a titolo d'esempio vengono forniti dei valori

campione per la trasmittanza limite di pareti esterne verticali, coperture, solai verso terra e finestre (suddividendo U_w , U_g e U_f);

- guadagni termici per carichi interni: flusso di calore fissato in modo sperimentale a 3,5 W/m^2 per gli edifici residenziali e 4,5 W/m^2 per quelli destinati a uffici;

- guadagni termici solari: si considerano le superfici vetrate verticali differenziate per orientamento e quelle orizzontali, sono previsti fattori di riduzione per ombreggiamento;

- grado di utilizzazione: distinzione tra edifici pesanti (struttura prevalente in calcestruzzo), medie (struttura prevalente in mattoni) e leggere (struttura prevalente in legno), per il calcolo dei guadagni termici si considera che i primi abbiano un fattore di utilizzazione del 100%, che scende a 98% e 90% per gli altri;

- Superficie netta riscaldata: viene computata la superficie netta dei piani, si considerano poi il volume riscaldata lordo e netto, ai fini della determinazione del rapporto S/V.

	CasaClima Oro ($U=W/m^2K$)	CasaClima A ($U=W/m^2K$)	CasaClima B ($U=W/m^2K$)
Pareti esterne	0,1 - 0,15	0,1 - 0,2	0,15 - 0,25
Tetto	0,1 - 0,15	0,1 - 0,2	0,15 - 0,25
Solaio verso cantina o terreno	0,1 - 0,15	0,15 - 0,25	0,25 - 0,35
Finestra (U_w)	$\leq 0,8$	$\leq 1,2$	$\leq 1,5$
Vetro (U_g)	$\leq 0,7$	$\leq 1,1$	$\leq 1,3$
Telaio (U_f)	$\leq 0,8$	$\leq 1,2$	$\leq 1,5$

Figura 2.4. Valori di U per le diverse componenti edilizie

Fonte: N. Lantschner, *CasaClima, vivere nel più*, Ed. Raetia, 2007

Ulteriori fattori che influenzano il comportamento termico dell'edificio vengono considerati in maniera indiretta, mediante fattori correttivi o imposizione di limiti minimi.

Per la valutazione del comportamento estivo va certificata la presenza di schermature esterne alle superfici vetrate capaci di ridurre del 70% il valore della radiazione solare entrante, e per gli elementi opachi viene richiesto uno sfasamento temporale di almeno 10 ore.

La tenuta all'aria viene generalmente verificata a costruzione ultimata tramite il Blower Door Test e deve rientrare in determinati valori per ciascuna categoria.

Oltre alla classificazione ordinaria, lo standard prevede l'assegnazione del contrassegno CasaClimaPiù qualora l'edificio dimostri, in aggiunta alle caratteristiche energetiche sopra citate, di rispondere a determinati requisiti relativi alla sostenibilità.

A tale scopo è necessario che il fabbricato soddisfi sei criteri:

- fabbisogno termico per il riscaldamento inferiore ai 50 kWh/m²a;
- nessun utilizzo di fonti energetiche di origine fossile;
- nessun utilizzo d'isolanti termici sintetici e/o contenenti fibre nocive;

- nessun utilizzo di pavimenti, finestre e porte in PVC;

- nessun utilizzo per gli ambienti chiusi di impregnanti chimici per il legno, di colori e vernici contenenti solventi;

- nessun utilizzo di legno tropicale.

A questi ne va aggiunto almeno uno dei seguenti:

- installazione di pannelli fotovoltaici;

- utilizzo di pannelli solari per la produzione acqua calda sanitaria o per il riscaldamento;

- recupero con riutilizzo delle acque piovane;

- realizzazione di un tetto verde.

Ciò rende chiaro che la classificazione CasaClima, pur non rispondendo in modo totalmente accurato alle pratiche di calcolo per il fabbisogno di energia, si propone di realizzare un metro di giudizio sull'impatto di un edificio oltre alle sole caratterizzazioni energetiche.

Ad avvalorare questa tesi va citato il metodo di certificazione che l'agenzia adotta; esso prevede, infatti, una fase di analisi del progetto, durante la quale viene svolto il calcolo energetico in base a tutti i fattori descritti, e una, successiva, di controllo di esecuzione dei lavori, realizzata mediante un numero di almeno due visite in cantiere, al fine di verificare la corretta messa in opera dei componenti e la

conformità a quanto dichiarato dagli elaborati di progetto.

L'attestato di certificazione energetica viene poi fornito in forma doppia, mediante un documento cartaceo e una targa metallica da esporre all'esterno dell'edificio.

L'agenzia dispone inoltre di un proprio software di calcolo, denominato CasaClimaPro, che, oltre a calcolare quanto necessario per la certificazione CasaClima, permette di valutare elementi aggiuntivi al fine di possedere un quadro globale di comportamento termico dell'edificio.

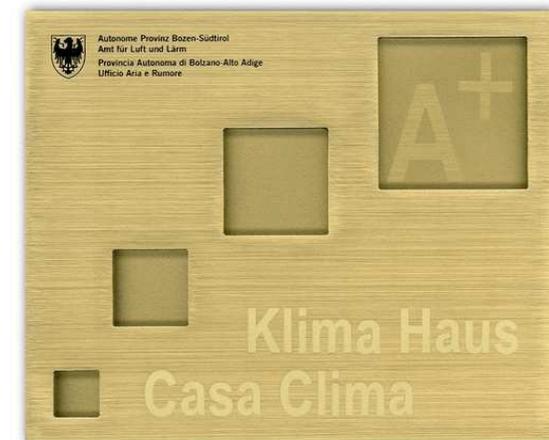


Figura 2.5. Esempio di targa CasaClima

Fonte: N. Lantschner, *CasaClima, vivere nel più*, Ed. Raetia, 2007

2.3 Lo standard Vi.Energia

La Provincia di Vicenza, con la partecipazione del Comune di Asiago, ha fondato la Società per la divulgazione e la produzione di energia pulita Vi.Energia, al fine di promuovere la conoscenza e agevolare l'applicazione delle fonti di energia rinnovabile, congiuntamente ai principi di uso razionale dell'energia.

Tra diversi progetti che la società sta sviluppando, risulta di particolare interesse, con valenza ampliata rispetto alla sola Provincia di Vicenza, il software di calcolo EcoDomus.vi.

In questo ambito un gruppo di professionisti ha sviluppato un foglio di calcolo Excel di notevole complessità, allo scopo, nel rispetto delle normative vigenti, di fornire uno strumento di semplice utilizzo univocamente valido per le diverse destinazioni d'uso che gli edifici possono assumere e, nel contempo, sia per la valutazione della qualità energetica delle nuove costruzioni, che per quelle esistenti. Nella sua versione attualmente disponibile, vengono considerati i fabbisogni per il riscaldamento invernale, l'energia

necessaria per la fornitura di acqua calda sanitaria e quella per la ventilazione dei locali; tuttavia il processo di sviluppo del software non si è arrestato, e la fase finale prevede di arrivare alla valutazione di tutte le componenti che formano il carico termico di un edificio secondo la norma vigente.

I consumi così valutati, consentono il calcolo del fabbisogno totale dell'edificio oggetto di studio, che vengono valutate sia per il clima reale, che per quello standard della città di Vicenza, secondo il quale verrà attribuita una classe di appartenenza, variabile dalla A alla G.

Per la sua formazione, nell'assetto ora disponibile, il progetto EcoDomus è passato per diversi *step* progettuali e amministrativi.

Innanzitutto si è proceduto alla definizione delle sette classi di appartenenza degli edifici in relazione alle prestazioni energetiche degli stessi; ciò si è attuato attraverso la metodologia proposta dalle norme tecniche provvisorie, allora disponibili, EN 15203 *Energy performance of buildings - Assessment of energy use and definition of ratings* ed EN 15217 *Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings*.



Figura 2.6. Logo della Società Vi.Energia
Fonte: www.vienergia.it



Figura 2.7. Logo del software di calcolo EcoDomus
Fonte: www.vienergia.it

Secondo queste la scala di classificazione viene costruita a partire da due valori di riferimento: l'indice Rr (*energy performance regulation reference*), e l'indice Rs (*building stock reference*).

Il primo dei due ha il ruolo di sancire requisito minimo richiesto alle nuove costruzioni, e viene individuato al limite tra le classi B e C.

Per il calcolo del coefficiente si è ritenuto opportuno prendere come modello le indicazioni più restrittive presentate nel DL 311 del 29 dicembre 2006, da attuarsi a partire dal 1 gennaio 2010, le quali hanno portato a quantificare Rr, per la città di Vicenza, come 45 kWh/m².

Il secondo parametro è, invece, l'indice Rs che individua il valore medio di prestazione degli edifici esistenti, il quale si attesta sperimentalmente tra le classi C e D.

La definizione di tale indice ha portato a una serie di complicazioni poiché, allo stato attuale, non esistono banche dati, differenziate per Provincia o Regione, sul fabbisogno energetico degli edifici esistenti. Le informazioni sono quindi state ricavate in maniera indiretta mediante la comunicazione con le società di distribuzione dei prodotti energetici, che hanno coinvolto *in primis* i fornitori di gas, ma anche quelli di gasolio e legna, e tramite

la raccolta di informazioni sui volumi riscaldati attraverso la consultazione dei catasti immobiliari.

In aggiunta si è attinto dai dati forniti dall'ENEA (agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) nel 2001 che, interpolati a quelli del censimento Istat relativo al medesimo anno, indicano un consumo medio annuo per metro quadro sul territorio italiano di 108 kWh/m², il quale, pesato in merito ai GG del Comune di Vicenza, che risulta maggiore di quello medio nazionale, porta a confermare il valore dell'indagine sopra citata.

In attesa di indicazioni maggiormente precise, si è stabilito quindi che Rs=130 kWh/m².

Determinati tali coefficienti, e una volta calcolata la prestazione energetica dell'edificio in esame (indicata con EP), è possibile procedere all'affidamento della classe energetica, secondo le seguenti relazioni:

Classe A	$EP < 0,5 Rr$
Classe B	$Rr < EP < Rr$
Classe C	$Rr < EP < 0,5 (Rr + Rs)$
Classe D	$0,5 (Rr + Rs) < EP < Rs$
Classe E	$Rs < EP < 1,25 Rs$
Classe F	$1,25 Rs < EP < 1,5 Rs$
Classe G	$EP > 1,5 Rs$

Processo di formazione del foglio di calcolo EcoDomus.vi

- Definizione delle classi
 - metodo di classificazione
 - quantificazione degli indici Rr e Rs
- Scelta del metodo di calcolo
 - definizione delle norme tecniche di riferimento
- Formazione del foglio di calcolo
 - divisione del contenuto in schede

Inserendo i valori determinati per Rr (45 kWh/m²) e per Rs (130 kWh/m²) si giunge alla seguente classificazione:

Classe A	EP < 22,5 kWh/m ²
Classe B	22,5 < EP < 45 kWh/m ²
Classe C	45 < EP < 87,5 kWh/m ²
Classe D	87,5 < EP < 130 kWh/m ²
Classe E	130 < EP < 162,5 kWh/m ²
Classe F	162,5 < EP < 195 kWh/m ²
Classe G	EP > 195 kWh/m ²

Come già accennato si è scelto di procedere alla classificazione principale degli immobili considerando come clima standard quello della città di Vicenza, caratterizzato da 2371 GG (zona climatica E), così da fornire un indicatore che abbia valenza generale e permetta il confronto della qualità energetica di edifici posti in zone diverse; nel certificato viene comunque presentato il valore di consumo nel clima reale.

La classificazione proposta dal software di calcolo EcoDomus si propone, però di considerare, anche il fabbisogno necessario alla produzione di acqua calda sanitaria; alla distribuzione di valori sopraccitata è, quindi, necessario aggiungere una nuova componente.

Figura 2.8. Classificazione energetica globale di EcoDomus.vi
Fonte: www.vienergia.it

Il dato ENEA sul consumo di energia per la produzione di acqua calda sanitaria individua un valore di 18,9 kWh/m², mentre la stima effettuata in sede di raccomandazione CTI (Comitato Termotecnico Italiano) 3/2003 (*Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda sanitaria per usi igienico-sanitari*), presa in considerazione dai programmatori del foglio di calcolo, seppur sostituita dalle norme tecniche successive della serie UNI TS 11300, indica un fabbisogno di 35-40 kWh/m², considerando un impianto di produzione con rendimento dello 75%.

Ritenendo questi valori sovrastimati, si è deciso di considerare un fabbisogno medio per gli edifici esistenti, che assume il ruolo dell'indice Rs, di 24 kWh/m², assumendo un rendimento impiantistico del 70%, mentre si è stabilito di attribuire al valore di soglia Rr 18 kWh/m², calcolati con un rendimento impiantistico dell'85%.

La classificazione globale che si viene a formare tramite la composizione del fabbisogno per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria assume la forma presentata all'immagine 3.8.

	Riscaldamento	Acqua calda	Totale
	Val. max	Val. max	Val. max
CLASSE A	22,5	9	31
CLASSE B	45,0	18	63
CLASSE C	87,5	21	108
CLASSE D	130,0	24	154
CLASSE E	162,5	30	192
CLASSE F	195,0	36	231
CLASSE G	oltre	oltre	oltre

Il passo successivo si è concretizzato nella scelta dei riferimenti da seguire al fine del calcolo energetico vero e proprio.

Un punto cardine, nella definizione del software, è stato quello di aderire, nel modo più fedele possibile, alle norme tecniche disponibili, così da conferire un valore intrinseco insindacabile al prodotto.

In questo ambito la decisione si è rivelata meno complessa di quella relativa alla definizione delle classi, in quanto i progettisti avevano a disposizione un quadro normativo assolutamente vasto.

La norma che guidava il processo di calcolo era inizialmente individuata nella UNI EN 832: *Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento – Edifici residenziali*.

Tuttavia, all'introduzione della EN ISO 13790: *Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling*, si è proceduto ad alcune modifiche che non si sono rilevate sostanziali, data la vicinanza tra i due documenti.

Per la definizione delle prestazioni tecniche dei singoli elementi si rimanda alle normative già definite dal DM n. 158 del 26 giugno 2009.

Per mantenere la sua validità nel tempo, EcoDomus.vi viene aggiornato a seguito

dell'emanazione di norme che ne modificano i parametri di calcolo; in questo senso l'ultimo rinnovo è stato attuato per l'adeguamento alle norme della serie UNI TS 11300, che ne definiscono l'attuale struttura portante, integrandosi alle indicazioni della norma EN ISO 13790.

In conclusione si è giunti alla stesura del foglio di calcolo, il quale risulta suddiviso in sette schede nel modo seguente:

- Foglio 0: Dati generali relativi alla destinazione d'uso, alla posizione geografica e alle dimensioni generali
- Foglio 1a: Stratigrafie delle componenti opache verticali e orizzontali
- Foglio 1b: Stratigrafie delle componenti opache verticali e orizzontali contro terra
- Foglio 1c: Caratteristiche delle componenti vetrate, definite secondo norma UNI EN ISO 10077-1:2007
- Foglio 2a: Dimensioni e orientamento delle componenti opache
- Foglio 2b: Dimensionamenti delle pareti contro terra
- Foglio 2c: Numerazione e orientamento delle componenti vetrate
- Foglio 3: Ponti termici lineari, definiti secondo norma UNI EN ISO 14683:2008
- Foglio 4: Portate di ventilazione e infiltrazioni d'aria e caratterizzazione dell'impianto di ventilazione meccanica

- Foglio 5: Impianti di produzione e distribuzione di riscaldamento e acqua calda sanitaria

- Foglio 6: Risultati.

Il foglio dei risultati riporta l'assetto grafico già consolidato dagli standard CasaClima e Mienergie, così da risultare di immediata comprensione.

Oltre alla classificazione vengono riportati i fabbisogni parziali, evidenziando nel dettaglio le dispersioni attraverso i componenti dell'involucro e le prestazioni dei singoli impianti.

Attraverso queste informazioni esso permette di comprendere, quindi, quale sia il quadro generale relativo al comportamento dell'edificio oggetto di studio, individuandone in modo immediato i punti di forza e le debolezze.

2.4 Bibliografia dedicata

Libri:

- F. Bini Verona, S. Fillippeschi, O. Giorgetti, S. Lami, R. Latrofa, *Bioarchitettura e certificazione energetica*, Ed. Wolters Kluwer Italia, 2008
- P. Isolani, A. Lodi, C. La Macchia, S. Rusconi, C. Angiolini, I. Zucchi, *La certificazione energetica degli edifici*, supplemento a "Test. Noi consumatori", 2009
- N. Lantschner, *CasaClima, vivere nel più*, Ed. Raetia, 2007
- C. Massaia, G. Mutani, L. Raimondo, *La procedura di certificazione energetica. Dal sopralluogo all'attestato*, Ed. Maggioli, 2012
- S. L. Spagnolo, *Guida alla certificazione energetica*, Ed. Maggioli, 2009
- S. L. Spagnolo, *Classe energetica degli edifici: le procedure di calcolo secondo le UNI TS 11300 -1, -2, -3*, Ed. Maggioli, 2011

Siti web:

- www.vienergia.it

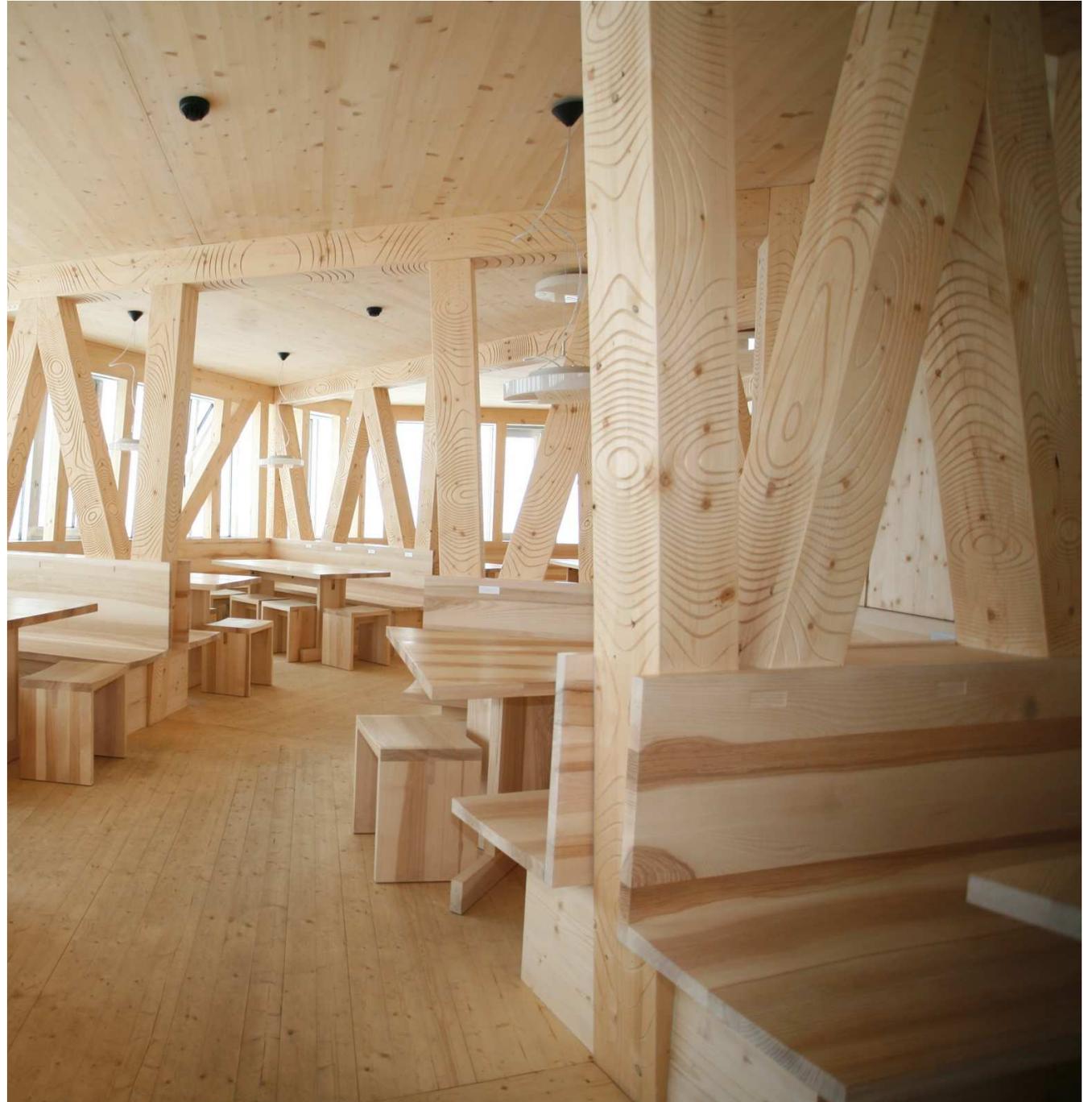
Studi di settore:

- L. Bellicini, E. Zanchini (a cura di), *Rapporto ONRE 2012*, Legambiente, 2012
- C. Boffa, G. Riva (a cura di), *Attuazione della certificazione energetica degli edifici in Italia*, CTI, 2012

Tesi di laurea:

- M. Catena, *Analisi degli edifici a risparmio energetico certificati*, Relatori Prof. I. Paoletti, A. Lelli, Politecnico di Milano, 2010

3. Storia dell'architettura alpina



Per le popolazioni più antiche i rilievi montuosi sono un luogo degno di rispetto, spesso sacro, di cui aver timore.

Sono tante le religioni che riconoscono tuttora un monte sacro: il monte Arafat per i mussulmani, dove Maometto pronunciò il suo ultimo discorso, il Thai Shan in Cina, identificato come incarnazione della Dea delle Nuvole di Smeraldo, il Kilimangiaro, chiamato anche "casa di Dio" dai Masai e molti altri.

Allo stesso modo anche nella Bibbia diversi avvenimenti fondamentali accadono sulle montagne, in quanto vengono riconosciute come luogo privilegiato del dialogo tra Dio e l'uomo, perché da sempre l'ascesa verso l'alto è percepita come percorso di purificazione, attuata attraverso il sacrificio e la fatica fisica.

Nel corso dei secoli il modo di percepire la montagna è cambiato e si è declinato in tutte le maniere possibili, delineando un percorso di pensiero, ma anche di modi di vivere, di visitare e di costruire il territorio montuoso.

In Europa la scoperta della montagna moderna avviene durante il XIX sec. per opera della corrente Romantica che, alla continua ricerca della natura più pura, vi riconosce il luogo del sublime; ci troviamo quindi ancora di fronte a una realtà che ha

dello spaventoso, ma che, anche per questo, comincia ad affascinare l'uomo.

Ha inizio così un periodo di presa di confidenza con la nuova scoperta che si concretizza attraverso scritti, disegni e testimonianze di molti studiosi.

Tra essi di particolare importanza risultano l'esperienza di Karl Friederich Schinkel che, in occasione di un viaggio sulle Alpi svolto nel secondo decennio dell'800, descrive la bellezza naturale del territorio servendosi di appunti e dipinti che talvolta amplificano quanto visto direttamente.

Altra testimonianza fondamentale è quella dell'architetto inglese John Ruskin, il quale fa un passo in più verso la coscienza del valore dell'architettura tradizionale alpina e tratta in molti dei suoi studi la stretta relazione tra le forme dell'ambiente montano e il suo costruito.

In questa prima fase, però, l'attenzione non viene posta tanto sulle reali forme della montagna e delle sue architetture, quanto più sull'immagine caratteristica e pittoresca che ne deriva come manifestazione pura di una natura inviolata.

Si arriva così ad attribuirle un carattere etico e morale, che ben si lega alla teoria del buon selvaggio divulgata da Jean-Jaques Rousseau poco tempo prima.



Figura 3.1. K. F. Schinkel, *Veduta del Monte Bianco*, 1813



Figura 3.2. J. Ruskin, *Vista delle Alpi*, 1835

Nello stesso periodo si accende l'interesse degli intellettuali Illuministi che vedono nel territorio montano un nuovo luogo di sperimentazione scientifica. La loro attenzione si esplicita per mezzo di saggi e guide che mescolano geologia, geografia e studi su flora e fauna.

Con i primi segni di stupore romantico e gli studi illuministi, compare una serie di considerazioni sull'architettura alpina, la quale viene subito identificata, in modo del tutto riduttivo, coincidente con il modello dello Chalet Svizzero.

La prima raffigurazione di tale tipologia si trova in un volume del 1827 dal titolo *Deigns for Ornamental Villas* dell'inglese Peter Frederick Robinson che, coerentemente con la maniera di costruire del tempo, definisce con essa lo "Stile Svizzero" pronto per essere esportato.

Dalla seconda metà dell'800 si apre la prima fase del turismo alpino, e diversi architetti cominciano a confrontarsi con la costruzione di alberghi e strutture turistiche all'interno del contesto montano; il modello di riferimento rimane ancora quello dello Chalet, sul quale vengono effettuate diverse variazioni sul tema.

Le nuove costruzioni sono, per la quasi totalità, in questo stile, e, pur rimanendo tradizionaliste nelle forme, permettono di sperimentare alcune novità tecnologiche

quali ascensori e sistemi di condizionamento dell'aria.

Nel frattempo uno storico tedesco, Jakob Hunziker, parte per una campagna che dura quasi quarant'anni durante i quali perlustra la Svizzera con la volontà di compilare un atlante di architettura minore, comprendendone a fondo le sfumature in relazione ai luoghi e ai popoli.

Ciò che lo studioso ricerca è una tipologia fondamentale, a partire dalla quale, attraverso operazioni semplici quali addizione e sottrazione, sia possibile descrivere l'infinita varietà del costruito sulle alpi Svizzere.

A lui si deve, tra le altre cose, l'intuizione tanto cara a Edoardo Gellner di architettura alpina come commistione di una componente romana, costruita in pietra, e una nordica realizzata invece in legno.

Lo studio di Hunziker, che si conclude in un'opera in otto volumi pubblicata quasi completamente postuma nel 1901, ha un gran rilievo per gli intellettuali che lo succedono poiché, attraverso osservazioni di carattere semplice, pone le basi per procedere ad analisi più approfondite.

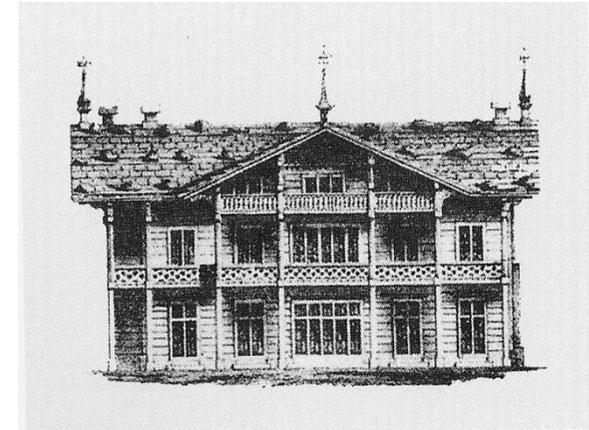


Figura 3.3. P. F. Robinson, Residence in the Swiss Style, 1827

Fonte: , P. F. Robinson, *Designs for ornamental villas*, Ed. Bohn 1927

Quasi vent'anni dopo, nel 1919, Bruno Taut pubblica *Alpine Architektur*: una serie di tavole che, sul filone di un'ideologia mistica, dipingono la montagna come un luogo fantastico in cui l'architetto innesta forme di cristalli che sembrano riflettere la morfologia delle rocce.

Tali visioni, seppur immaginarie, lanciano l'idea di un'architettura alpina come mimesi delle forme che già sono presenti nella natura montuosa e presenta per la prima volta il territorio come corpo plasmabile.

Con l'inizio del XX secolo si assiste alla diffusione degli sport invernali che porta sulle Alpi un flusso sempre crescente di turisti nella stagione fredda e che cambia la visione del territorio alpino in un immenso parco giochi alla mercé della fascia più benestante della popolazione.

Il nuovo contesto porta a realizzare edifici che permettano una più agevole fruizione ed esplorazione del territorio montuoso, in particolare si sbizzarriscono le forme delle stazioni per le funivie, le quali, più sono distanti dai paesi a valle, più risultano svincolate dalle forme dell'architettura tradizionale, come se il distacco dal contesto permettesse agli architetti di liberarsi dai modelli preesistenti.

In questo momento si assiste alla più grande rivoluzione delle forme architettoniche: la montagna, infatti, è stata completamente

conquistata e non abbisogna più di architetture vernacolari e rassicuranti, grande peso hanno, poi, le mutazioni che l'architettura sta vivendo nel resto d'Europa. Negli anni '30 per la prima volta si possono delineare dei filoni operativi che formalizzano i contributi sperimentali forniti precedentemente da architetti, artisti e studiosi, e che determineranno in modo importante quanto verrà costruito fino all'epoca contemporanea.

Dai testi letti in funzione della ricerca è possibile sintetizzare uno scenario, che comunque è piuttosto complesso, in quattro approcci ben distinti che vengono qui presentati congiuntamente ad alcuni progetti esplicativi.

Il primo modello è di tipo conservativo, il quale, in maniera piuttosto ovvia, prosegue quanto veniva fatto nei primissimi esempi di costruzioni montane "Swiss style".

I sostenitori di tale corrente ritengono che quanto viene realizzato in ambiente montano non si debba distinguere prepotentemente da ciò che la popolazione locale ha sempre edificato, così da non rovinare un'armonia che si è creata nel corso di secoli; il rapporto centrale che tali edifici devono coltivare è dunque quello con la tradizione.

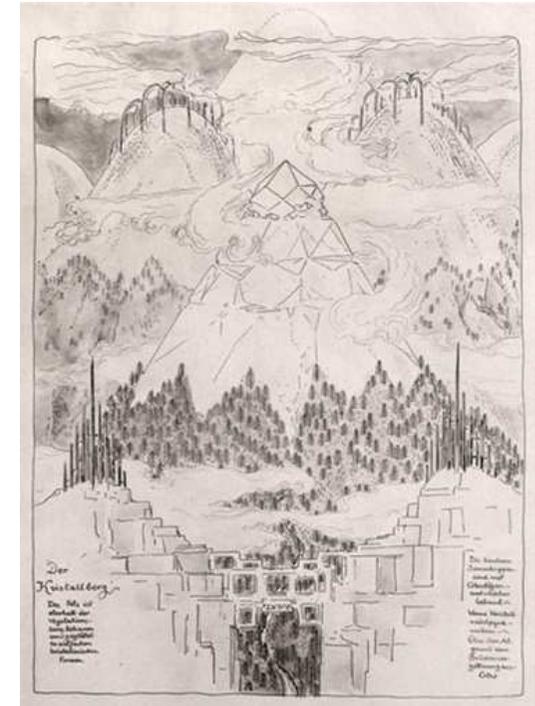


Figura 3.4: Bruno Taut, disegno a matita
Fonte: B. Taut, *Alpine Architektur: a utopia*, Ed. Munchen, 1919



Figura 3.5. Bruno Taut, acquerello
Fonte: B. Taut, *Alpine Architektur: a utopia*, Ed. Munchen, 1919

3.1 Gli anni Trenta

Negli anni Trenta, per la prima volta, si possono delineare dei filoni operativi che formalizzano i contributi sperimentali forniti precedentemente da architetti, artisti e studiosi, e che determineranno in modo importante quanto verrà costruito fino all'epoca contemporanea.

Dai testi letti in funzione della ricerca è possibile sintetizzare uno scenario, che comunque è piuttosto complesso, in quattro approcci ben distinti che vengono qui presentati congiuntamente ad alcuni progetti esplicativi.

Il primo modello è quello di tipo conservativo, il quale, in maniera piuttosto ovvia, prosegue quanto veniva fatto nei primissimi esempi di costruzioni montane "Swiss style".

I sostenitori di tale corrente ritengono che quanto viene realizzato in ambiente montano non si debba distinguere prepotentemente da ciò che la popolazione locale ha sempre edificato, così da non rovinare un'armonia che si è creata nel corso di secoli; il rapporto centrale che tali edifici devono coltivare è dunque quello con la tradizione.

Lo scopo principale degli architetti conservatori è di non dare nell'occhio, seppur non riproponendo pedissequamente i caratteri dell'architettura tradizionale.

Il progetto emblematico qui individuato è il Berghutte dell'architetto tedesco Paul Schmitthenner, una casa per vacanze in tirol realizzato all'inizio degli anni trenta.

L'edificio è sollevato dal suolo e poggiato su dei tozzi pilastri in pietra locale e risulta formato da un corpo rettangolare costruito con la tecnica del telaio in legno e coperto da un tetto a due falde inclinate.

La presentazione del progetto è corredata da una serie di fotografie che, in linea con la teoria che ha portato alla realizzazione, pone il fabbricato quasi in secondo piano rispetto alla natura circostante.

Il secondo modello di riferimento coincide con quanto appena visto per l'intento di non volersi distaccare eccessivamente da quanto esiste già, in questo caso però la preesistenza con cui confrontarsi è individuata nella morfologia del luogo, non nel costruito; la massima attenzione viene quindi spostata dal rapporto con la tradizione a quello con il territorio.



Figura 3.6. fotografia della Berghutte di Schmitthenner
Fonte: C. M. Fingerle, *Architettura contemporanea alpina*, Ed. Birkhauser Basel, 1996

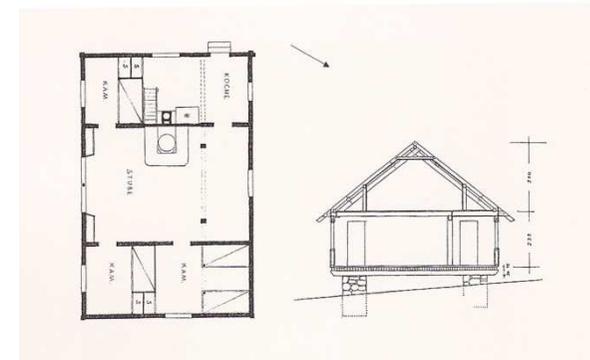


Figura 3.7. pianta e sezione della Berghutte di Schmitthenner
Fonte: C. M. Fingerle, *Architettura contemporanea alpina*, Ed. Birkhauser Basel, 1996

Nell'approccio mimetico le forme architettoniche sono determinate da quelle naturali che si trovano nel contesto e che vengono studiate e riproposte dagli architetti.

Gli edifici che ne risultano godono di un rapporto strettissimo con il territorio su cui sorgono, realizzandone quasi un'appendice che da alcune angolazioni si distingue appena.

L'esempio che si è scelto di riportare è la stazione a monte realizzata per la funivia di Nordkettenbahn dell'architetto Franz Baumann.

L'edificio di riferimento è quello più alto in quota perché, come già accennato precedentemente, man mano che si lascia la realtà di valle le forme architettoniche appaiono più libere, e il caso qui presentato ne è un esempio lampante.

La linea è infatti scandita da tre stazioni le cui forme sono strettamente correlate alle necessità che le diverse quote presentano.

I primi due edifici presentano ancora attinenze con il modello dello chalet, seppure già riletto in chiave più funzionale, mentre il punto d'arrivo, situato a una quota superiore rivela un assetto del tutto originale.

La costruzione risulta completamente addossata alla parete rocciosa e pare quasi fondersi con essa, inoltre, allo scopo di

proteggere dai forti venti, la copertura scende lungo tutta la parete più esposta con l'effetto di richiamare la superficie monolitica della roccia retrostante.

Nel complesso l'edificio dà l'idea di essere stato ricavato da una crepa sul fronte della montagna, come se fosse parte di essa.

Agli antipodi di questa posizione si pongono i restanti modelli, i quali subiscono maggiormente l'influenza dei mutamenti che stanno avvenendo a livello internazionale, avvicinandosi al pensiero dei Moderni.

Un primo gruppo, in linea con le idee di promozione del turismo di massa in montagna, pone l'accento sulla panoramicità del territorio, realizzando edifici che, attraverso grandi finestre o terrazze esposte a valle, permettano di godere la vista.

Si tende così a riproporre le forme dell'International Style che si concretizzano, in primo luogo, nell'uso di grandi volumi puri aperti sul fronte più panoramico, che cercano la relazione con il territorio non come elemento fisico, ma come paesaggio.

L'architettura moderna applicata all'ambiente montano si formalizza entro breve in un modello emblematico: la costruzione a falda unica aperta verso il paesaggio a monte.

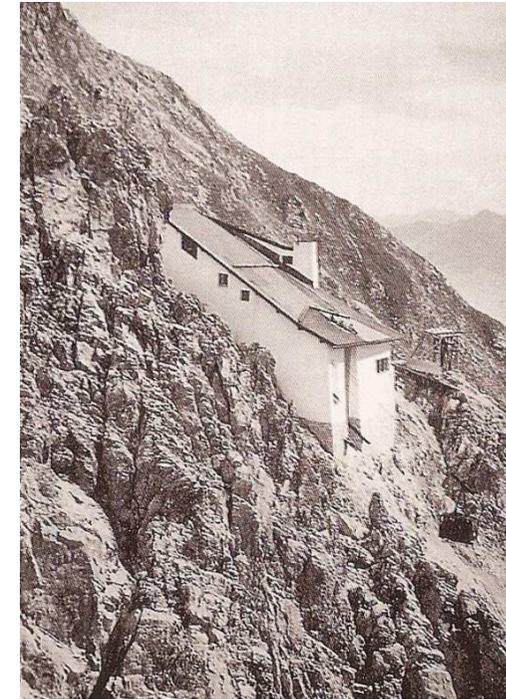


Figura 3.8. Fotografia della stazione d'arrivo della Nordkettenbahn
Fonte. C. M. Fingerle, *Architettura contemporanea alpina*, Ed. Birkhauser Basel, 1996

Di tale configurazione è possibile reperire numerosissimi esempi, tra tutti qui si è scelto di approfondire il progetto dell'ospizio commemorativo di Eduard Kruger costruito nella Foresta Nera nel 1931-32 a 1200 m d'altezza.

L'edificio risulta estremamente semplice, disegnato su una pianta a L leggermente divaricata che definisce uno spazio semiprotetto rivolto verso il panorama su cui si apre una grande terrazza.

Per amplificare l'effetto della veduta, il visitatore è condotto attraverso percorsi che la privano, fino a trovarne la massima espressione proprio sulla terrazza.

A sottolineare ancora una volta la centralità del panorama, l'intento commemorativo dell'edificio è esplicitato attraverso alcune scritte incise sulle grandi vetrate verso valle.

Il volume è chiuso da una copertura a falda unica sotto cui trovano posto un piano verso monte e tre verso valle.

Un elemento di modernità è da riconoscere anche nel rapporto con l'architettura vernacolare a cui il progettista ha voluto alludere attraverso l'uso alternativo di un elemento tecnologico antico; le facciate dell'edificio sono, infatti, interamente coperte di scandole lignee, che la tradizione vorrebbe collocate in copertura, così per la prima volta la "pelle" dell'architettura diventa strumento di relazione.

L'ultimo approccio progettuale che si vuole qui riportare è forse solo una sfumatura più tecnologica del precedente, ma risulta interessante in quanto apre la strada all'architettura Hi-tech, che vedrà un grande seguito nell'ambito montano.

Il filone tecnologico cerca una legittimazione delle forme attraverso motivazioni tecnologiche che rendono gli edifici "inattaccabili" anche nelle condizioni ambientali più ostili.

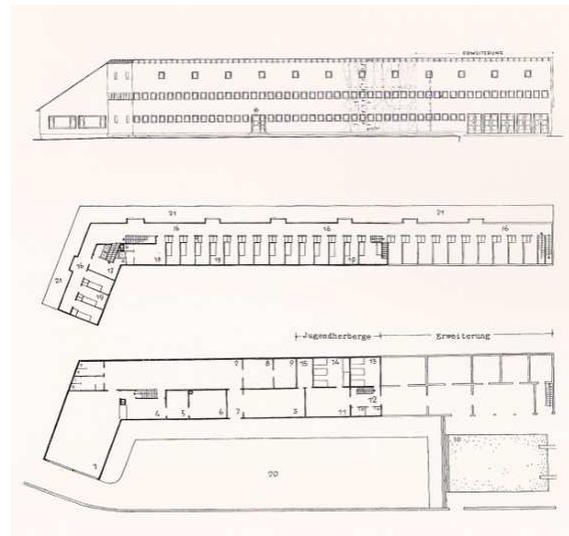


Figura 3.10. Prospetto Sud e piante dell'ospizio commemorativo di E. Kruger con vista sulla terrazza
Fonte: C. M. Fingerle, *Architettura contemporanea alpina*, Ed. Birkhauser Basel, 1996

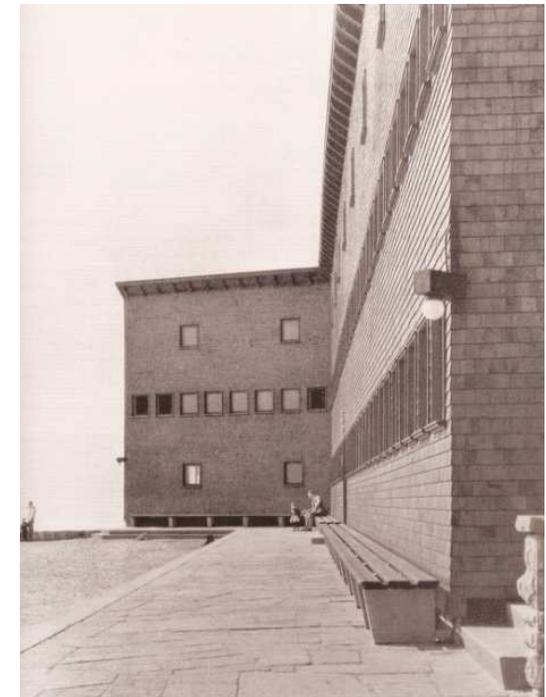


Figura 3.9. Fotografia dell'ospizio commemorativo di E. Kruger con vista sulla terrazza
Fonte: C. M. Fingerle, *Architettura contemporanea alpina*, Ed. Birkhauser Basel, 1996

La prima conquista in questa direzione è quella delle realizzazioni dei primi tetti piani in montagna, in particolare attraverso la tecnologia del tetto freddo sottoventilato.

L'esempio massimo di tale corrente risulta essere il rifugio e osservatorio Capanna Vallot, ricostruito nel 1937 da Paul Chevalier sul monte bianco.

L'idea di base è di realizzare una gabbia di Faraday attraverso l'assemblaggio di pareti multistrato prefabbricate a valle costituite da legno e alluminio.

Il progetto inaugura una serie di sperimentazioni tecnologiche che saranno d'ora in poi imprescindibili per l'architettura montana: da un lato la questione della prefabbricazione, la quale porta con sé i problemi di leggerezza, trasportabilità, e montaggio; dall'altro le prime attenzioni alla efficienza dell'edificio di fronte alle difficili condizioni ambientali a partire dalla coibentazione fino alla resistenza ai carichi di neve e vento.

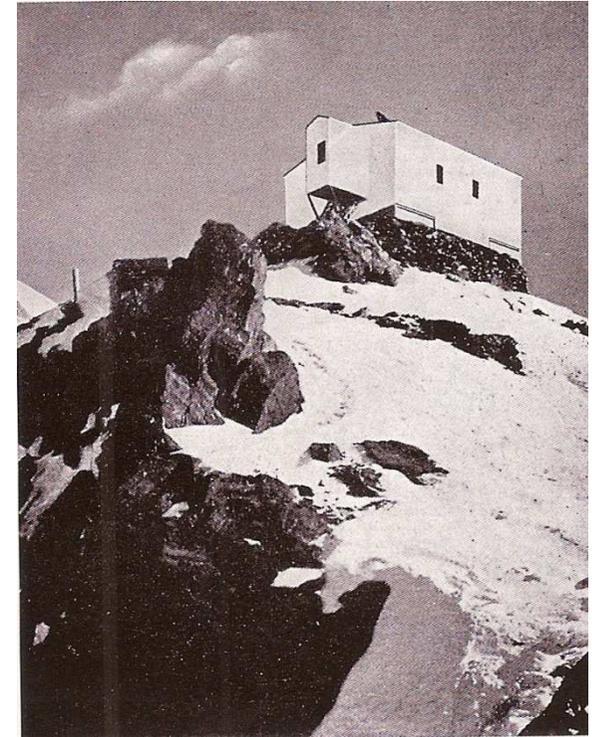


Figura 3.11. Fotografia del rifugio Vallot
Fonte: A. de Rossi, R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verlucca, 2012

3.2 Gli anni Cinquanta

La fase successiva si inaugura negli anni Cinquanta, quando si arriva a una maggior consapevolezza del costruire in montagna, anche grazie ai cinque convegni di architettura alpina tenuti a Bardonecchia tra il 1952 e il 1956.

In questo momento gli architetti che operano su tutto l'arco alpino riescono a focalizzare la questione, aperta da sempre, del rapporto tra tradizione e innovazione, comprendendo che una non deve prevalere sull'altra, ma entrambe, insieme, devono guidare la progettazione.

Com'è ovvio, tale considerazione, seppur condivisa, si manifesta in maniere differenti nell'opera dei singoli professionisti.

Franco Albini pone l'accento sulla specificità del luogo e della storia che caratterizzano le sedi dei suoi cantieri ponendo il problema sull'ambientamento nel paesaggio alpino.

Per Albini fare architettura moderna non significa dunque solo avvalersi di nuove tecniche, materiali e forme, ma è un processo più complesso che deve cogliere tutte le sfaccettature dell'antico e riutilizzarle solo qualora siano ancora coerenti con il contesto moderno.

Questa teoria si formalizza nel modo migliore nell'opera principale dell'architetto che realizza nel 1949-1951 il rifugio per ragazzi Pirovano a Cervinia, perfetta coniugazione di antico e moderno.

Il fabbricato è caratterizzato nel suo fronte principale, esposto a Sud verso la vallata, dall'imponente presenza di quattro colonne fortemente rastremate di ordine gigante in pietra locale, che reggono la grande terrazza panoramica al quarto livello.

L'intera facciata risulta divisa in due blocchi sovrapposti: la parte bassa, che comprende i tre piani retrostanti le colonne, presenta aperture a nastro disposte in modo regolare evidenziate da infissi bianchi, e un rivestimento a doghe lignee verticali, mentre l'ultimo livello costruito in *blockbau* e sormontato dal tetto a falde, mostra un assetto più tradizionale.

In pianta l'edificio rivela uno schema formato da tre blocchi rettangolari sfalsati per seguire meglio l'andamento delle curve di livello.



Figura 3.12. Fotografia del rifugio Pirovano
Fonte: *I pilastri della roccia nell'albergo Pirovano di Cervinia*, "Case di montagna" n. 71, 2013

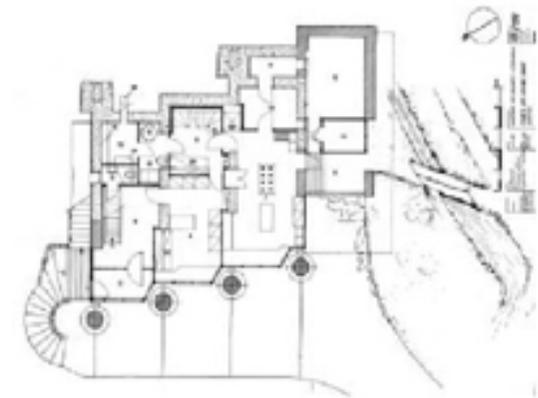


Figura 3.13. Pianta del rifugio Pirovano
Fonte: *I pilastri della roccia nell'albergo Pirovano di Cervinia*, "Case di montagna" n. 71, 2013

Oltre che nelle forme, l'edificio dimostra una certa sensibilità all'ambiente in cui è posto attraverso alcuni accorgimenti energetici piuttosto innovativi per quel periodo: sono, infatti, presenti vetri doppi e un isolamento in lana di vetro delle scanalature tra le travi dei solai.

L'altro protagonista del periodo, per quanto riguarda l'architettura alpina, è Carlo Mollino che risolve l'annosa questione tradizione/innovazione legandosi in modo minore alla natura del luogo, enfatizzando in cambio la spettacolarità della topografia attraverso la completa negazione della tendenza mimetica.

Anche per questo progettista l'architettura contemporanea deve fare irruzione in quella vernacolare dell'ambiente montuoso come unico modo di essere autentica, in quanto ogni edificio ha il dovere di rispondere sì al luogo, ma anche al tempo in cui viene realizzato.

Il modo in cui l'architetto cita il patrimonio tradizionale appare maggiormente artificioso per l'utilizzo di citazioni che vengono decontestualizzate, traslate, ruotate o trasfigurate, e assume quasi i connotati delle figure retoriche.

L'opera più rappresentativa in tal senso è la Stazione della Slittovia sul Lago Nero, costruita nel 1947; essa appare, infatti,

come una metafora dell'immaginario collettivo di baita.

La struttura è formata da due volumi sovrapposti: al livello inferiore, le sale che contengono i macchinari dell'impianto sono contenute da un basamento bianchissimo svasato verso il basso, mentre al livello superiore poggia con forti aggetti il volume del ristorante, interamente rivestito da doghe in legno che simulano un *blockbau*.

In maniera piuttosto insolita per il contesto e l'anno di costruzione, infatti, la struttura portante è realizzata interamente in calcestruzzo armato, compresi orizzontamenti e capriate.

Verso l'esterno, con la vista rivolta a monte, si apre una terrazza dalle forme sinuose retta da due pilastri a fungo, la quale completa l'idea generale di organicità che l'edificio suggerisce nel suo complesso.

Il tetto, che verso valle mostra un assetto tipico a due falde, si impenna poi sul lato opposto realizzando una grande falda unica.



Figura 3.14. Fotografia della slittovia al Lago Nero
Fonte: La stazione della slittovia al Lago Nero, "Domus" n. 698, 1988



Figura 3.15. Fotografia della slittovia al Lago Nero
Fonte: La stazione della slittovia al Lago Nero, "Domus" n. 698, 1988

3.3 Il risveglio delle Alpi

In questi anni si assiste inoltre al risveglio di interesse per le Alpi Orientali; quanto visto finora, infatti, si concentra principalmente nella zona di confine tra Italia, Svizzera e Francia. Ciò risulta chiaro se si pensa che le prime ricerche ottocentesche in ambito montano si erano focalizzate intorno al fulcro del Monte Bianco, così da dare presto un'opportunità di sviluppo ai territori circostanti, anche grazie all'avanzare del fenomeno del turismo.

Nell'ambito orientale, e nella fattispecie proprio sulle Dolomiti Bellunesi, si concentrano invece tutti gli studi dell'architetto Edoardo Gellner il quale porterà avanti per tutta la sua carriera un'attività di ricerca e di progettazione che vede le sue radici profonde nell'architettura vernacolare delle Dolomiti.

In provincia l'esperienza dell'architetto si concretizza in tre principali nuclei in cui si alternano e si fondono la ricerca storica e i progetti di architettura e urbanistica.

Il primo incontro con la montagna avviene nell'Ampezzano all'inizio degli anni Quaranta, con alcuni lavori di arredamento interno svolti per i grandi hotel di Cortina.

Proprio il contatto con gli imprenditori nel settore della ricezione turistica lo porta a conoscere Leo Menardi, di cui l'architetto è chiamato a progettare l'abitazione nel 1947. L'edificio che ne risulta, pur essendo ancora legato alle forme tipiche dell'edilizia montana nel suo aspetto esterno, caratterizzato da tetto a due falde e uso preponderante di pietra e legno, mostra già qualche trasgressione rispetto al patrimonio vernacolare, rintracciabile, d'esempio, nell'orientamento diagonale delle doghe delle balaustre e nel cavalletto che regge la trave di colmo sul fronte principale.

Per quanto riguarda gli interni invece, l'architetto trae ben poche ispirazioni dal costruito storico, ma guarda maggiormente all'architettura organica che Frank Lloyd Wright aveva inaugurato cinquant'anni prima oltre oceano.



Figura 3.16: Fotografia del fronte sud di Casa Menardi
Fonte: F. Mancuso, *Edoardo Gellner. Il mestiere dell'architetto*, Ed. Electa, 1996

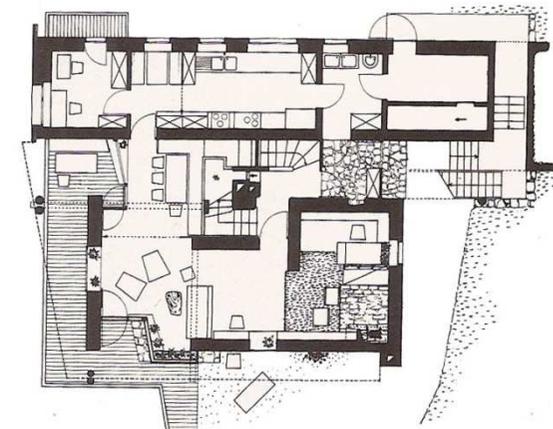


Figura 3.17. Pianta piano terra di Casa Menardi
Fonte: F. Mancuso, *Edoardo Gellner. Il mestiere dell'architetto*, Ed. Electa, 1996

Il fulcro principale della composizione planimetrica è, infatti, una rivisitazione del blocco scala-camino, posizionato al centro della costruzione che permette, oltre che una fluida distribuzione degli spazi tutto intorno, un uso razionale del calore prodotto dalla stube in maiolica che si propaga verso i piani superiori grazie al vano scala.

Un riferimento agli interni tipici di Cortina è ravvisabile nei luoghi a cui si vuole dare una dimensione più intima: la taverna e lo studio, accomunati da un interpiano ribassato, la presenza di un camino e i rivestimenti delle pareti in legno.

A questa prima fase nell'Ampezzano, caratterizzata da lavori di piccole dimensioni per committenti sempre privati, segue un periodo caratterizzato da interventi relativi all'aspetto pubblico del paese che necessita di essere rinnovato in vista delle Olimpiadi invernali del 1956.

In questa occasione l'architetto scioglie ogni freno alla libertà compositiva realizzando forme che gridano apertamente una critica a coloro i quali costruiscono ancora in maniera folkloristica.

Non si deve però pensare che la novità mostrata in superficie sia lo specchio di una rottura con la tradizione.

Al contrario nel corso degli anni l'architetto ha potuto studiare a fondo l'architettura

vernacolare del territorio intorno a Cortina, entrando in confidenza con essa in maniera tale da essere in grado di estrapolarne le qualità caratteristiche e rielaborarle senza la necessità di ricalcarne l'aspetto.

Ciò che dell'architettura tradizionale non viene mai perso nelle opere di Gellner è infatti più sottile, fatto di regole compositive, orientamenti, ragionamenti climatici e rapporti con la morfologia.

In un breve arco di tempo, che va dal 1950 al 1955, progetta sette importanti edifici per Cortina, predispone un piano regolatore generale e un piano particolareggiato pensato per la zona del centro, concepito in modo da rendere ogni intervento edilizio coerente e funzionale a una nuova concezione del paese.

Purtroppo, sebbene tutti i fabbricati siano stati costruiti, il piano particolareggiato non giunge mai a realizzazione, lasciando l'ambizioso progetto di Gellner incompiuto e di difficile lettura.

Del "nuovo centro" fanno parte, quindi, il Palazzo delle Poste e il Palazzo della Telve (costruiti in adiacenza), Casa Giavi e il Residence Palace, mentre dislocate in un raggio più ampio vengono realizzati il Motel Agip, l'albergo per bambini La Meridiana e il condominio Cà del Cembro.

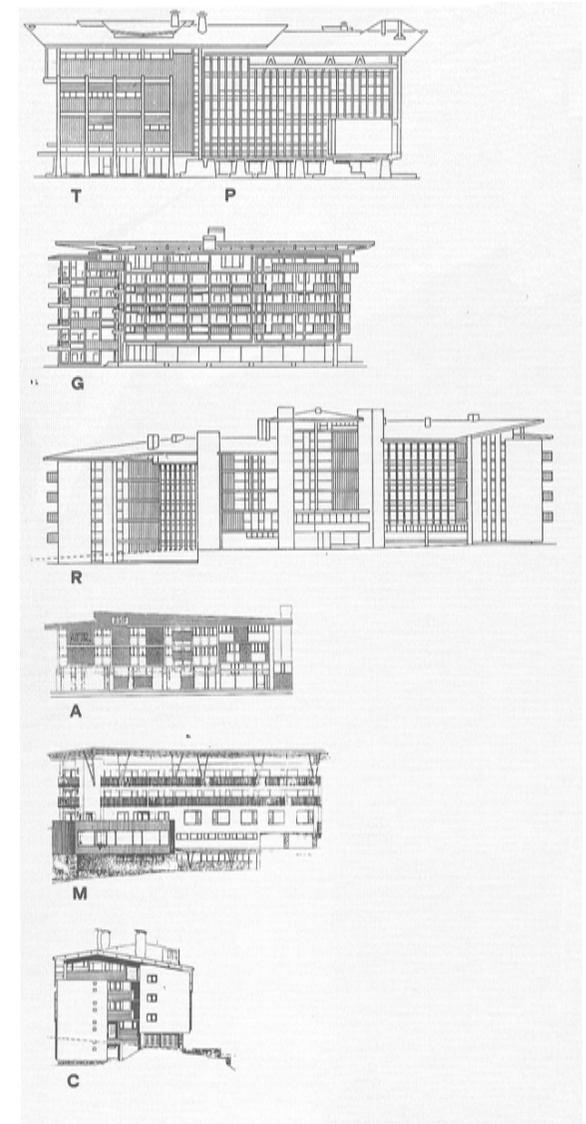


Figura 3.18. Confronto tra le opere di Edoardo Gellner a Cortina; dall'alto: Palazzo delle Telecomunicazioni, Palazzo delle Poste, Casa Giavi, Residence Palace, Motel Agip, Albergo La Meridiana, Cà del Cembro
Fonte: F. Mancuso, *Edoardo Gellner. Il mestiere dell'architetto*, Ed. Electa, 1996

Sebbene gli stabili siano molto diversi tra loro, è facile individuare caratteri e intenti comuni riassumibili nella meditata volontà di coniugare tradizione e innovazione sia nell'uso dei materiali, con l'accostamento di legno e calcestruzzo a vista, che nelle strutture attraverso la permanenza dei tetti a falda sostenuti spesso da meccanismi arditi e sperimentali.

Sul finire dell'esperienza a Cortina, nel 1954, comincia a prendere forma quello che è noto per essere il progetto più ambizioso e meglio riuscito dell'architetto: il Villaggio ENI di Borca di Cadore.

L'idea, commissionata da Enrico Mattei, prevede la realizzazione di un vasto complesso collocato sulle pendici dell'Antelao, atto a ospitare circa 6000 persone distribuite tra villette unifamiliari, un albergo, un campeggio per ragazzi e una colonia per bambini; a completare la struttura vengono poi previsti un centro per i servizi e la chiesa, progettata a quattro mani con Carlo Scarpa.

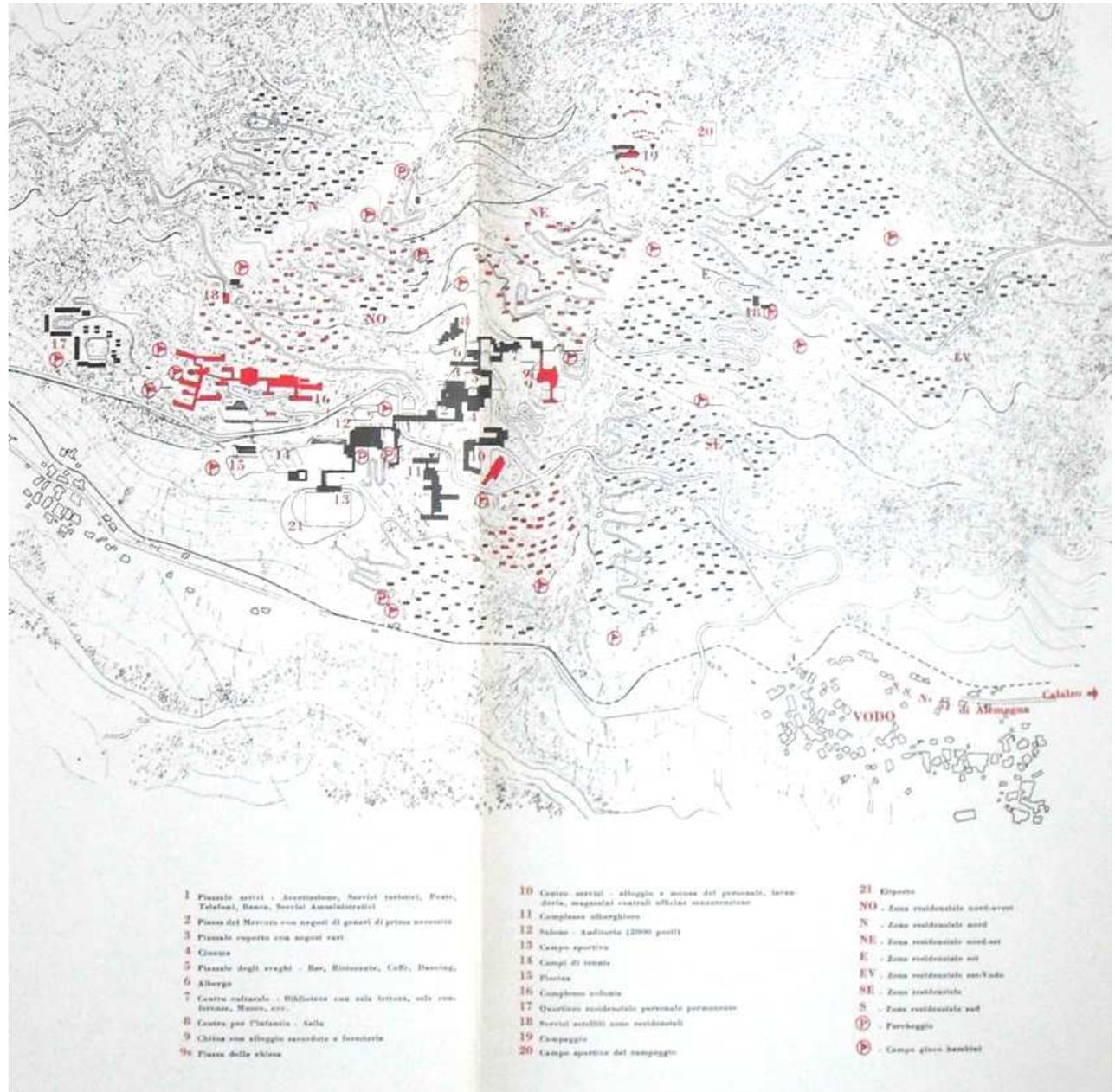


Figura 3.19. Progetto del Villaggio Eni a Borca di Cadore
 Fonte: E. Gellner, *Il villaggio sociale dell'ENI*, "Urbanistica" n. 32, pp. 40-57, 1960

Il lavoro risulta assolutamente innovativo, nei concetti prima che nelle forme; il presidente dell'Eni, infatti, voleva realizzare, attraverso l'architettura, un modo assolutamente originale di concepire le vacanze per i suoi impiegati, basti pensare che l'assegnazione dei posti avveniva in modo del tutto casuale, indifferenziato per operai e dirigenti.

Non tutto viene però realizzato, ma ciò che ne risulta è comunque imponente; ad oggi si contano 263 villette, una colonia per 600 bambini, un campeggio per 200 ragazzi e l'albergo Boite con 200 posti letto.

Il progetto architettonico è a completo e prevede interventi a tutte scale, sapientemente armonizzati grazie all'uso di un modulo comune, che vanno dall'arredamento interno, alla sistemazione urbanistica del sito.

Il tutto viene svolto in un rapporto di assoluto rispetto con la natura nella volontà di preservarla e renderla parte integrante della vita dell'uomo. A ciò si pone grande attenzione sia in fase di progettazione, ad esempio attraverso la sensibilità all'orientamento e all'esposizione solare degli spazi, che durante la realizzazione, si studia, infatti, il modo migliore per garantire un cantiere poco invasivo e si decide in loco dove posizionare le casette in funzione delle specie arboree presenti.

Poiché i lavori durano quasi dieci anni si rende inevitabile la realizzazione per campagne di cantiere successive, ciò permette all'architetto di migliorare in continuazione il suo operato dando al Villaggio il valore di un campo di sperimentazione.

Le villette unifamiliari, ad esempio, vengono costruite in quattro momenti e sistemate in quattro nuclei distinti composti da 50-80 unità.

Criteri ben precisi ne governano le distanze reciproche e il posizionamento: è, infatti, necessario garantire la privacy, pur non impedendo il crearsi di relazioni sociali tra i vicini.

La prima fase costruttiva vede la realizzazione dell'agglomerato a Nord-Ovest e si svolge tra il 1955 e il 1959; in questo momento l'attenzione è posta sulla definizione del modello che viene individuato nella cellula sollevata dal terreno e coperta da un'unica falda realizzata mediante una struttura in acciaio e calcestruzzo a setti trasversali, e chiusa da tamponamenti prefabbricati opachi o trasparenti.

Il piano terra è lasciato vuoto e regge, con tozzi pilastri in pietra, il livello superiore in cui si allocano tutte le stanze.

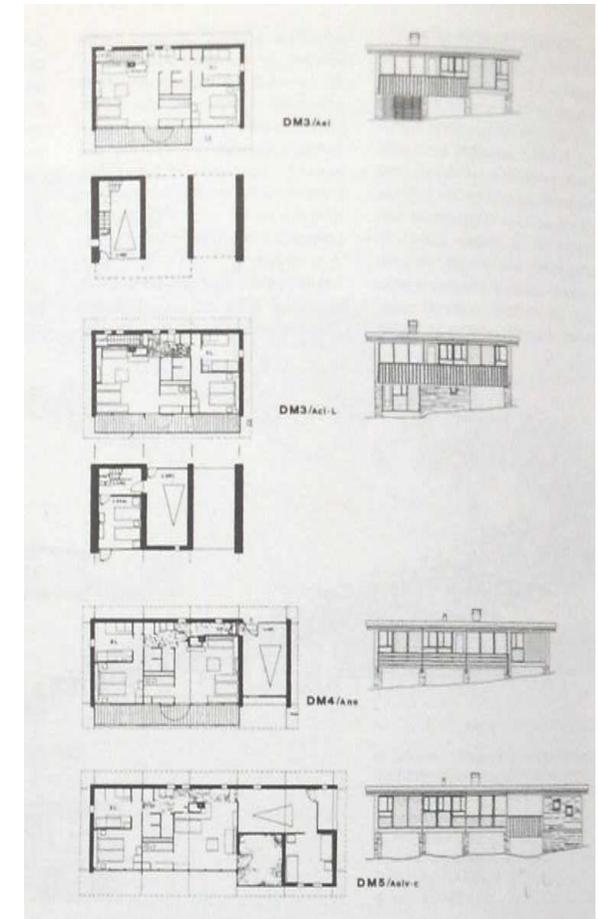


Figura 3.20. Piante e prospetti di alcune villette a tre, quattro e cinque campate
Fonte: F. Mancuso, *Edoardo Gellner. Il mestiere dell'architetto*, Ed. Electa, 1996

La distribuzione degli spazi interni è semplice e fluida, ripartita in pianta dall'accostamento di moduli di 3,66 m.

Nonostante la ripetizione di un tipo costante si sceglie di evitare una piatta monotonia mediante la variazione del peso reciproco degli stessi materiali (legno, pietra e calcestruzzo a vista) e l'accostamento di un diverso numero di campate che può oscillare da due a sei.

Nel passaggio tra la carta e la realtà il progetto subisce un importante mutamento: mentre il progetto iniziale prevede la disposizione dei volumi secondo un assetto quasi casuale, con l'intento di armonizzarsi il più possibile con la morfologia naturale del luogo, nella pratica si riscontra più sensato cedere a uno schema più rigido e razionale.

Su richiesta di Mattei, la seconda fase costruttiva, che si espleta tra il 1958 e il 1960, vede la comparsa di un'autorimessa in ciascuna casetta, posta a chiudere una delle campate del piano terra. Con tale modifica, il sistema compositivo viene definito; i momenti successivi non vedono in fatti grandi variazioni nella forma, ma propongono diversi approcci urbanistici.

Nella terza fase si assiste alla disposizione delle villette parallele tra loro, per ridurre la dispersione e, in conclusione, l'ultimo ciclo propone una mutazione del concetto

urbanistico. Gli agglomerati costruiti finora, infatti, vedono le casette collegate da un'ampia strada a tornanti larghi da cui si diramavano stradine senza uscita disposte in piano; il nuovo nucleo viene invece concepito con una maggiore fluidità della viabilità che prevede la conclusione delle viuzze di distribuzione con un percorso anulare intorno al quale vengono disposte alcune unità più racchiuse tra loro.

L'ultimo ambito montano con cui l'architetto si misura nel territorio Bellunese è quello della Val Zoldana, anche in questo caso Gellner entra in contatto con la vallata grazie all'occasione di costruire l'abitazione per un amico nel 1961.

Questo nuovo contesto, seppur molto vicino a Cortina, risulta completamente differente in quanto non toccato dal fenomeno turistico che aveva sconvolto l'Ampezzano.

Qui l'architetto, costretto da vincoli più labili, può concludere la sua ricerca sull'architettura delle Dolomiti dando sfogo a una maggiore libertà compositiva.

Qui Gellner opera contemporaneamente su tre fronti: lo studio delle tipologie edilizie, che si concretizza con la pubblicazione del volume "Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi" nel 1981, il progetto d'architettura, con la costruzione di nuovi edifici nel comune di Zoldo Alto, e l'urbanistica attraverso la messa a punto di

piani regolatori e particolareggiati per Forno di Zoldo e le sue frazioni.

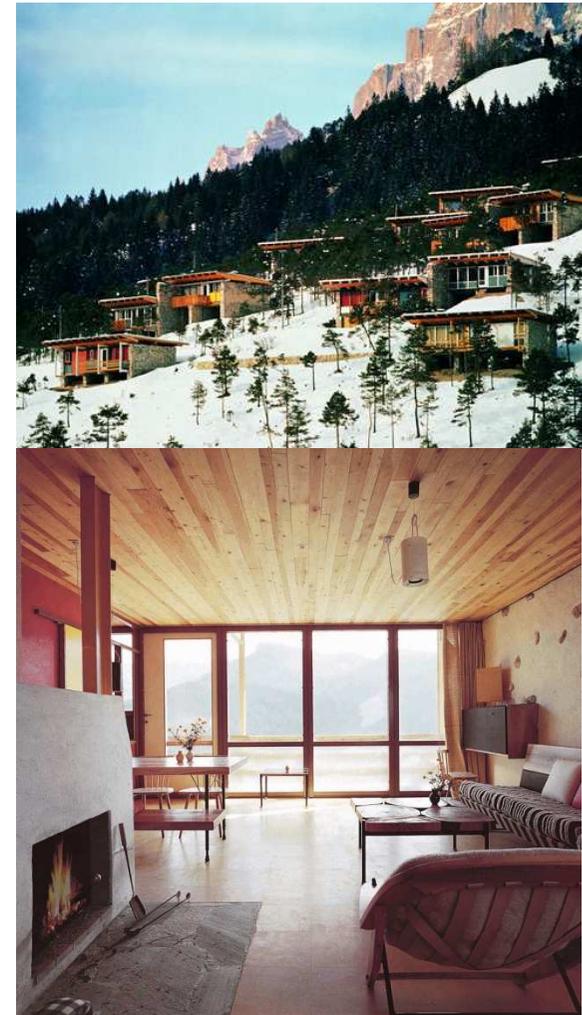


Figura 3.21. Vista esterna e interna delle villette
Fonte: www.edoardogellner.it

La prima realizzazione, dunque, è la casa di vacanze per l'amico Luciano Davanzo, situata a Pecol di Zoldo Alto.

In questo progetto Gellner elabora con grande semplicità una sintesi degli studi sull'architettura vernacolare che l'hanno accompagnato per tutta la sua carriera.

L'edificio sorge in mezzo un prato e, a un primo sguardo si confonde con i tabià sparsi per il territorio; la novità della costruzione si scopre solo avvicinandosi, fino a cogliere i particolari segnati da giochi di ombre indistinguibili da lontano.

La prima sorpresa riguarda la forma stessa della casa che si rivela fondata su una pianta esagonale.

Accostandosi maggiormente si nota poi come la copertura a falde, che suggerirebbe il forte aggetto tipico delle case tradizionali, non è altro che una spessa piattabanda dallo sporto inesistente.

Gli spazi interni sono distribuiti in modo semplice e razionale, senza accusare le difficoltà derivanti dall'assenza di angoli retti.

Al piano terra sono collocati gli spazi giorno mentre le camere si raggiungono, al livello superiore, attraverso una scala parallela alla parete Nord; in entrambi i casi i vani di servizio sono sistemati verso Nord mentre gli spazi principali si addossano alla parete Sud, calda grazie alla grande massa delle

pareti e al colore scuro del rivestimento in legno esterno.

L'esperienza nello Zoldano continua poi con una serie di piani urbanistici, i quali si prefiggono lo scopo di dare un assetto più moderno agli insediamenti del comune di Forno attraverso l'adattamento alle esigenze della vita moderna che ormai si fanno sentire anche nei territori più remoti del paese.

L'attenzione è posta *in primis* alla fruibilità automobilistica dei luoghi con la pianificazione di nuove vie di comunicazione che colleghino gli insediamenti verso l'esterno e li rendano maggiormente permeabili all'interno.

Ogni modifica, anche se radicale, viene apportata con la sensibilità che solo un accurato studio protratto negli anni può fornire.

Ancora una volta Gellner si dimostra critico verso la pianificazione banalizzante che sta caratterizzando altri centri montani, volta solo a migliorarne l'afflusso turistico nell'ottica di ripetere all'infinito gli stessi modelli tradizionali.



Figura 3.22. Vista sud di casa Davanzo
Fonte: F. Mancuso, *Edoardo Gellner. Il mestiere dell'architetto*, Ed. Electa, 1996

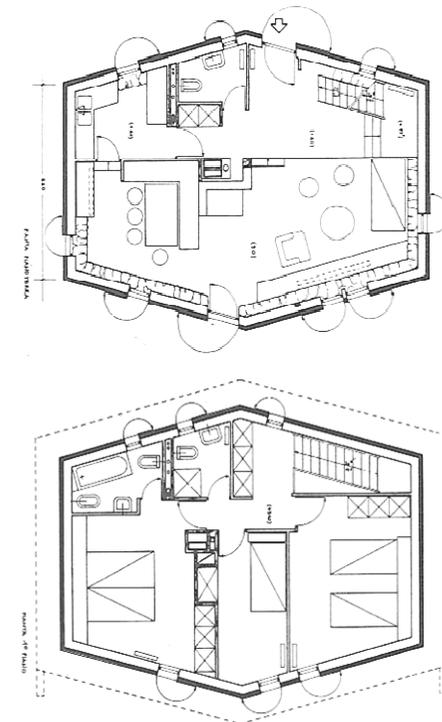


Figura 3.23. Pianta piano terra e piano primo di Casa Davanzo,
Fonte: F. Mancuso, *Edoardo Gellner. Il mestiere dell'architetto*, Ed. Electa,

3.4 Gli anni Sessanta

Nel corso degli anni Sessanta e Settanta il territorio Alpino subisce il picco di quel fenomeno noto come turismo di massa.

Questa fase riguarda principalmente il turismo invernale, che comincia a competere con quello estivo. Il boom dello sci e delle settimane bianche, oltre alla tradizionale frequentazione nella stagione estiva porta a una proliferazione di seconde case, strutture alberghiere e impianti di risalita.

Nel contempo si ha l'abbandono delle stesse montagne da parte delle popolazioni locali, sempre più attratte dalla vita cittadina.

Lo scenario che si realizza assume in questo modo sempre più i caratteri del luogo di svago, non adatto a ospitare comunità stabili.

Com'è ben noto la produzione architettonica di questi anni non brilla però per sensibilità, e troppo spesso si vedono sorgere enormi alberghi di lusso che rovinano magnifici panorami. Gli interventi risultano quasi sempre fuori scala, calcolati per accogliere un gran numero di visitatori, ma senza considerare le dimensioni che il contesto naturale suggerisce.

Inoltre le forme di questi nuovi insediamenti perdono ogni contatto con la tradizione montana, andando a riproporre tipologie assimilabili a quelle urbane a cui si sovrappone al massimo qualche monile folkloristico, il fatto lascia perplessi se si pensa che i turisti visitano la montagna proprio per allontanarsi dai contesti cittadini, che vanno poi a ritrovare tali e quali una volta giunti nelle oasi artificiali che caratterizzano questo periodo.

Tale osservazione rende chiaro quanto il turismo del tempo sia di stampo consumistico, interessato più ad uno stile di vita lussuoso che ai caratteri del luogo specifico in cui si trova.

Tuttavia in questo quadro tutt'altro che idilliaco non manca chi sa affrontare una richiesta scomoda in modo maggiormente rispettoso.

E' questo il caso dell'architetto Bruno Zevi, che si lega a San Martino di Castrozza e vi costruisce due case per vacanze e una residenza per sé.

Nei tre progetti si perdono progressivamente i riferimenti esteriori all'architettura vernacolare, recuperandone di più sottili e colti.



Figura 3.24. Cartolina illustrata di Cortina d'Ampezzo, 1967

Fonte: www.delcampe.net

In questo senso l'opera maggiormente rappresentativa risulta essere il complesso residenziale "Le fontanelle" disegnato nel 1964, in cui vengono intrecciate magistralmente tematiche tecnologiche (quali la prefabbricazione e l'isolamento termoacustico) e tradizionali (esplicate principalmente nel rapporto con la morfologia del territorio).

L'impianto si presenta esteriormente come un'aggregazione casuale di dodici scatole di calcestruzzo a vista di soli 15 cm di spessore, lasciate aperte su i lati Nord e Sud, poi tamponati con elementi prefabbricati che alternano l'uso di legno e vetro in diverse combinazioni.

L'insieme organico che si forma è in pieno sodalizio con il terreno su cui sorge, e di cui segue le variazioni grazie a cambi di quota e aggetti delle strutture.

Ciascun cubo racchiude una cellula abitativa autonoma composta da due livelli che ospitano la zona giorno e la zona notte, separate da un solaio che poggia su travi di abete e collegate da una scala chiocciola.

Gli accessi alle unità avvengono da un ballatoio coperto agganciato al lato Nord della costruzione, unica eccezione diagonale allo schema ortogonale.

La freddezza dell'involucro esterno viene negata all'interno, dove ogni setto di calcestruzzo viene coibentato con lana di

roccia e rivestito in legno, differenziando fortemente la struttura portante dalle finiture.

Un altro esempio (al di fuori dell'ambito turistico) ci è fornito dagli architetti Roberto Gabetti e Almaro Isola che in questo periodo stanno svolgendo un'attenta ricerca sul rapporto tra architettura e natura e sulla questione della ripetitività nell'ambito dell'architettura moderna.

Nei loro lavori l'architettura è parte stessa del paesaggio e prende vita dalle sue increspature nell'operazione di una rimodellazione dell'esistente, rendendo il costruito stesso motivo di valorizzazione della natura che lo ospita.

Il lavoro maggiormente significativo nell'ambito di questo studio è il complesso residenziale Olivetti realizzato tra il 1968 e il 1971 a Ivrea, una tra le tante opere commissionate dall'azienda per ospitare i propri dipendenti.



Figura 3.25. Vista sud del residence "Le Fontanelle"
Fonte: G. Barazzetta, R. Dulio, 1920-2008 Bruno Morassutti, Ed. Electa, 2009

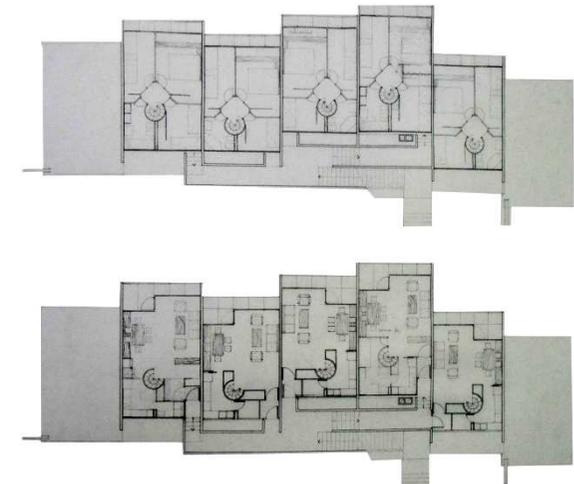


Figura 3.26. Pianta del piano terra e piano primo del residence "Le Fontanelle"
Fonte: G. Barazzetta, R. Dulio, 1920-2008 Bruno Morassutti, Ed. Electa, 2009

Il progetto che viene realizzato è ingente e consiste in un arco di cerchio di settanta metri di raggio, con uno sviluppo frontale di quasi duecento metri, dentro cui si ripete quarantasei volte la stessa cellula abitativa da 36 o 76 mq.

L'intero complesso, che comprende anche una serie di parcheggi interrati, sembra fuoriuscire da un taglio sulla crosta terrestre, adagiato su un crinale di cui diventa parte stessa e posto in continuità con esso grazie alla terrazza di copertura che ne prosegue la linea.

Il rapporto tra natura e costruito diventa totale e i due elementi formano qui un'unità. L'unica parte visibile rimane il fronte principale, un *curtain wall* curvo e Completamente vetrato verso il centro del cerchio su cui si alza una collinetta.

Ciò che è sorprendente di questa architettura è come riesca a coniugare la mimesi con la monumentalità, essendo invisibile e evidentissima nello stesso momento.



Figura 3.27. Vista del centro residenziale Olivetti
Fonte: F. Mattuzzi, *Adriano Olivetti domani*,
www.domusweb.it, 2012

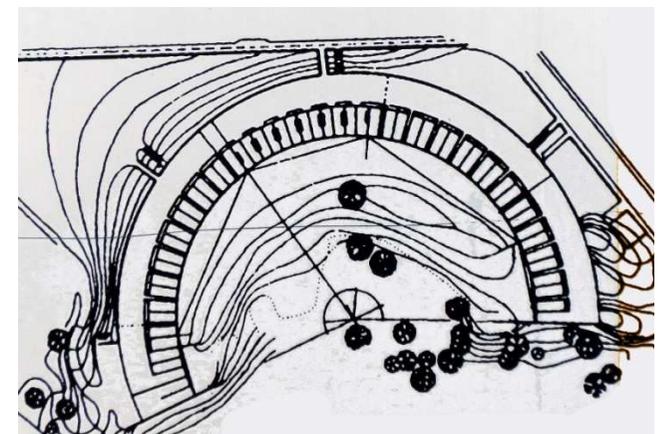


Figura 3.28. Planimetria del centro residenziale Olivetti
Fonte: A. Guerra, M. Morresi, *Gabetti e Isola. Opere di architettura*, Ed. Electa, 1996

3.5 Il contemporaneo

Con il finire degli anni Settanta il modello del turismo di massa va in crisi, a favore di una frequentazione più responsabile, e nel contempo più diversificata, dell'ambiente montano.

La montagna non è più solamente luogo di escursioni d'estate e piste di sci d'inverno, ma, muovendosi verso i giorni nostri, si scoprono molte nuove attività che possono essere svolte in tale ambito; progressivamente crescono la popolarità di sport invernali come lo *snowboard*, lo sci alpinismo e lo sci di fondo, e di attività estive quali l'arrampicata sportiva, il *rafting* o la *mountain bike*.

Ancora una volta l'architettura si adatta alle richieste e si sviluppa, nell'ambito turistico, in forma più puntuale, recuperando molta della sensibilità al il contesto parzialmente smarrita nel corso dello sviluppo dell'industria turistica.

Oltre ciò la montagna viene riscoperta anche come luogo dell'abitare; si torna quindi a costruire case d'abitazione, centri culturali e poli produttivi.

I filoni d'intervento rimangono affini a quelli visti per l'inizio degli anni Trenta ma si sviluppano in diverse direzioni grazie alla forte evoluzione tecnologica di cui il settore edilizio ha goduto dagli anni Ottanta ad oggi.

Come spesso accade per le questioni che coinvolgono il contemporaneo, non esiste una classificazione delle correnti che caratterizzano l'architettura odierna.

Tuttavia una proposta interessante è riscontrabile nel testo di Antonio de Rossi e Roberto Dini *Architettura Alpina Contemporanea* edito di Priuli & Verrucca nel 2012.

Nel volume vengono indicate sette famiglie di atteggiamenti che si diramano dalla macro distinzione tra Culturalisti e Modernisti.

Il primo gruppo viene individuato come "geometri VS organico" e procede nell'esperienza progettuale attraverso la contrapposizione di volumi puri alle forme articolate che offre la natura. L'idea di base è quella di lasciare un distacco visivo tra costruito e territorio, così da poterli sempre distinguere e da preservare la purezza della morfologia.

Sebbene l'architetto Hans-Jorg Ruch non appartenga completamente a questa corrente, l'ampliamento del rifugio

Chamanna de Tschierva nei Grigioni (Svizzera) realizzato nel 2002, può essere preso ad esempio per spiegarne alcuni caratteri.



Figura 3.29. Copertina del volume *Architettura alpina contemporanea*

Il progetto vincitore del concorso promosso dal Club Alpino Svizzero consiste in un volume estremamente regolare aggettante sul filo del muro di sostegno della costruzione preesistente.

La struttura è sorretta da profili angolari d'acciaio tamponati da travi orizzontali di larice, le quali lasciano spazio a vetrate a nastro pensate per incorniciare il paesaggio e concederne una vista spettacolare dall'interno.

L'opera così realizzata mostra un enorme distacco sia dalla natura che la circonda, che dal rifugio preesistente in pietra, rendendo le tre entità assolutamente distinguibili.

La seconda posizione è definita come "analogica astratta" e parte da un punto molto simile al precedente: la legittimazione della forma per contrasto visivo.

Questa volta però essa è ricercata nelle sembianze della natura, che vengono sintetizzate e astratte fino ad assumere la parvenza di volumi semplici.

Un modello di tale corrente è lo stabile direzionale della Salewa, realizzato da Cino Zucchi con Park Associati a Bolzano e ultimato nel 2011.



Figura 3.30. Fotografia del rifugio Chamanna de Tschierva e dell'ampliamento operato da Hans-Jorg Ruch
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

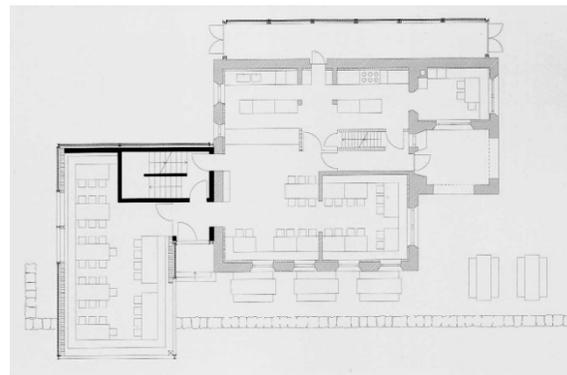


Figura 3.31. Pianta del piano terra del rifugio Chamanna de Tschierva e dell'ampliamento operato da Hans-Jorg Ruch
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

L'enorme impianto, che accoglie numerose funzioni, sembra riassumere tutte le caratteristiche delle catene montuose, articolandosi in torri, volumi tozzi e piani inclinati in stretta relazione con le superfici rocciose presenti all'orizzonte.

Il rivestimento esterno alterna l'uso di lastre in zinco-titanio ossidato di diversi toni di grigio e vetro a specchio che riflette l'ambiente circostante.

Nel complesso la struttura appare come una trasfigurazione delle tavole di Bruno Taut in chiave Hi-Tech e rimanda chiaramente a un ambiente montano ideale, senza la necessità di suggerirne uno preciso.

Il terzo atteggiamento, definito "analogico contestuale", si pone in continuità con quanto appena visto, con la leggera sfumatura che in questo caso la citazione che si va a cogliere è sì relativa all'ambiente naturale, ma è quella del luogo specifico e non più di una morfologia montana generica.

L'architettura sembra quasi dover restituire ciò che ha tolto al territorio, riproponendolo arricchito della propria presenza.

Tale filone si rifà principalmente alle teorie mimetiche che volevano il costruito parte delle morfologia stessa del sito su cui sorge.



Figura 3.32. Fotografia del centro direzionale Salewa

Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

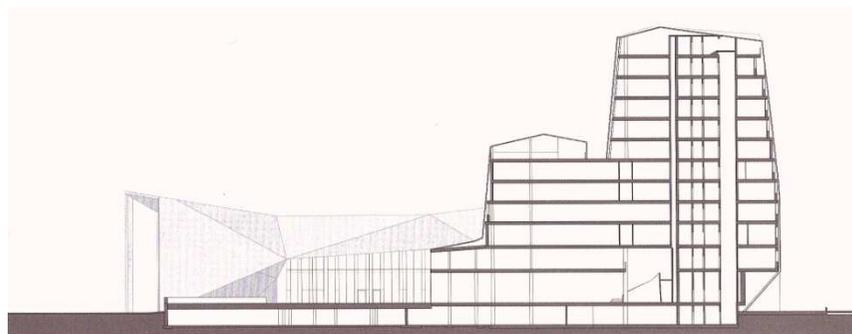


Figura 3.33. Sezione longitudinale del centro direzionale Salewa
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

Con l'avanzare della tecnologia tale aspetto ha potuto estremizzarsi fino a permettere la realizzazione costruzioni ipogee che si fanno scorgere solo in pochi punti.

Ne è un esempio la Cantina Manincor a Caldaro (BZ), costruita sul progetto di Walter Angonese, Ranier Koberl e Silvia Boday.

Lo stabilimento è costruito in adiacenza alla tenuta storica e procede in profondità, dentro l'altura sopra cui si stendono tutt'ora i vigneti della proprietà.

Poche parti affiorano in superficie e hanno le sembianze di grandi abbaini che si affacciano dalla collina.

Dato il minimo impatto esterno, la sorpresa è ancora più grande quando si entra a scoprire gli enormi spazi lasciati in calcestruzzo a vista progettato appositamente per avere un colore che tende al marrone, e richiama la terra su cui è gettato.

Vertice dell'intero sistema non poteva che essere la barriquerie, in cui la forma cilindrica delle botti viene contrapposta a linee rette precise e spigolose.

Un unico volume viene lasciato emergere; il punto di vendita che, in netto contrasto con la cantina è molto permeabile, realizzato solo da setti lignei che sorreggono una spessa lastra di copertura in calcestruzzo.



Figura 3.34. Fotografia della Cantina Manincor
Fonte: Architetti al servizio della vinificazione, www.enoicheillusioni.com



Figura 3.35. Fotografia della barriquerie di Cantina Manincor
Fonte: Architetti al servizio della vinificazione, www.enoicheillusioni.com



Figura 3.36. Sezione trasversale di Cantina Manincor
Fonte: Architetti al servizio della vinificazione, www.enoicheillusioni.com

Il quarto gruppo è detto degli "analogici insediativi" e procede dall'osservazione delle strutture insediative presenti nell'intorno del sito di progetto, senza fare caso se queste abbiano o meno una valenza storica.

Il progetto viene quindi sviluppato in analogia con esse, benché non le imiti mai, ma le reinterpreti in funzione di un nuovo linguaggio.

Un esempio di tale atteggiamento è riscontrabile nel progetto di Miller & Maranta di ampliamento dell'albergo di Villa Garbald realizzato nel 2001; qui gli architetti hanno installato in un contesto forte, sia per le conformazioni naturali che per la preesistenza dell'edificio di Gottfried Semper nel 1863, un imponente corpo prismatico a base poligonale che si pone in continuità diretta con la forma spezzata del muro di cinta a cui si appoggia.

Il rapporto con il luogo è lasciato in particolar modo alla superficie esterna che vuole essere una pietra artificiale autoctona; il calcestruzzo a vista è stato, infatti, trattato mediante spruzzi d'acqua ad alta pressione appena dopo lo scassero, così da porre in evidenza gli inerti di grossa dimensione in pietra locale utilizzati nel materiale.

L'effetto generale dell'opera è quello di una torre isolata appartenente a un castello,

immagine avvalorata anche dal posizionamento delle finestre che appare casuale.



Figura 3.37. Fotografia del Roccolo di Villa Garbald
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

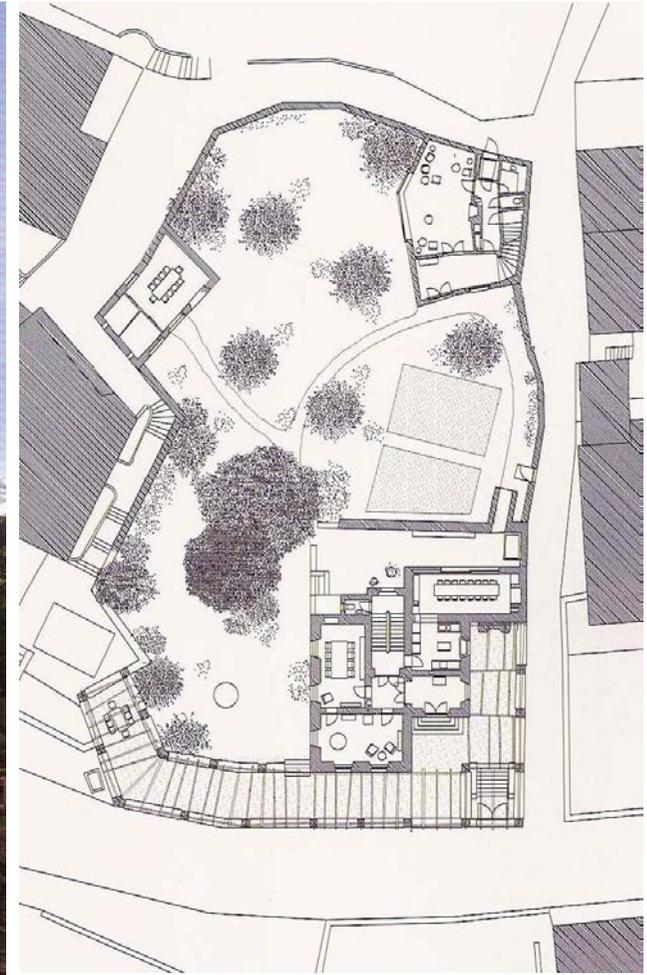


Figura 3.38. Pianta del piano terra del complesso di Villa Garbald
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

Il quinto atteggiamento è individuato come "tradizionalista-innovatore"; esso è l'approccio più istintivo, che è possibile riscontrare fin dall'inizio della storia dell'architettura alpina.

Com'è ovvio in questo caso il riferimento che guida gli architetti nella progettazione è quello dell'architettura vernacolare tipica del luogo, che però viene reinterpretata secondo le tecnologie e le necessità attuali.

In questo caso non si può non citare l'opera di Gion A. Caminada, svolta nell'ambito del progetto di rinnovo del villaggio di Vrin in Svizzera nel corso degli anni Novanta.

Qui l'architetto è chiamato dal Comune come consulente e opera al fianco dei professionisti e delle istituzioni locali allo scopo di completare il quadro urbanistico del villaggio, allo scopo di evitare che vengano fatte speculazioni sui terreni liberi.

Gli edifici che vengono realizzati si integrano alla perfezione nell'ambiente e nel costruito, come se fossero sempre stati lì.

Di particolare interesse risulta il gruppo due di stalle e una macelleria Sut Vitg, posizionato ai margini dell'abitato.

Innanzitutto la funzione unica è stata suddivisa in tre volumi disposti secondo le curve di livello in una conformazione che appare quasi casuale, per mantenere le piccole dimensioni e gli assetti che caratterizzano le costruzioni del paese.

Ciascuna di queste scatole è simile, ma non identica, caratterizzata da un basamento in pietra su cui si sviluppano gli ulteriori livelli in legno, il tutto è coperto da un tetto metallico a falda unica che asseconda la forma del declivio.

Particolare attenzione va posta alla scelta della tecnologia del legno qui utilizzata; per riproporre l'effetto delle antiche stalle, che vedevano l'utilizzo di tronchi sbozzati e sovrapposti lasciando lo spazio per la filtrazione di luce e aria, l'architetto ne propone una variante tecnologica realizzata con pannelli prefabbricati formati da un doppio strato di assi sfalsate orientate in modo diverso, che ricreano i giochi di luci e ombre dei paramenti tradizionali.



Figura 3.39. Fotografia del complesso Sut Vitg
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

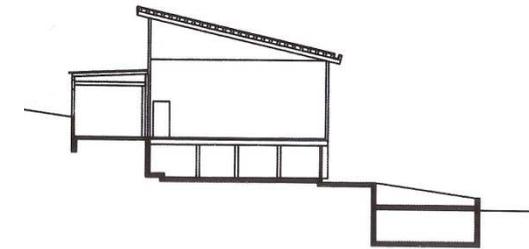


Figura 3.40. Sezione dell'edificio centrale del complesso Sut Vitg
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

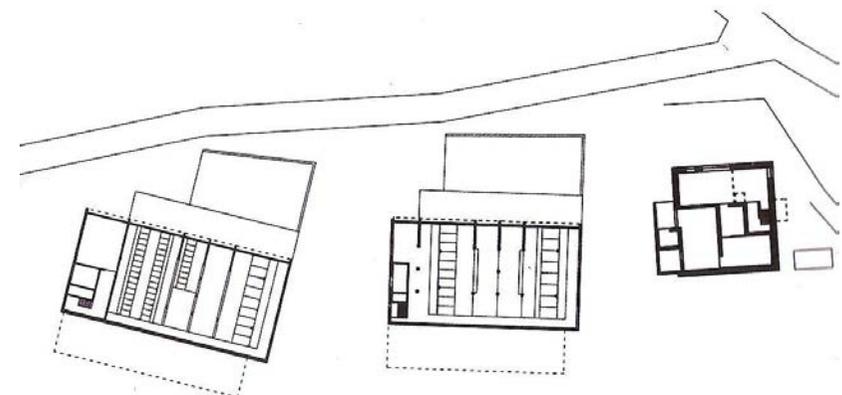


Figura 3.41. Pianta del paino terra del complesso Sut Vitg
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

Il filone successivo è individuato come "glocale" e si riferisce alla pratica di declinare in ambito locale le tematiche sviluppate dall'architettura su scala internazionale.

Tale gruppo è il più vicino alle teorie dei moderni e vede la riproposizione di elementi quali volumi puri, finestre a nastro, tetti piani e distacco degli edifici dal suolo reinterpretati alla luce dello studio di materiali e toni di colore propri della tradizione.

In questo caso la relazione con il contesto è lasciata alla pelle dell'edificio che, attraverso soluzioni tecnologiche che realizzano le *textures* più disparate, crea un rimando visivo e tattile alle preesistenze.

Un esempio di tale metodo è riscontrabile nelle architetture di Baumschlager & Eberle, e nella fattispecie nel complesso residenziale a Nuziders in Austria del 1995.

Il sistema insediativo è spezzato in due blocchi di dimensione molto diversa che presentano due composizioni distinte dello stesso motivo.

Tutte le funzioni abitative sono racchiuse dentro a volumi a base rettangolare che, con la variazione di altezza del tetto piano, ricordano una geometrizzazione del profilo montano.

Da tale forma rigorosa sfuggono i blocchi scala e le terrazze, entrambi formalizzati in

prismi vetriati aggettanti dal profilo dell'edificio.

La totalità dell'involucro dell'edificio è rivestita da scandole in legno di larice poste in netta contrapposizione alle scatole vetrate che vi si staccano.



Figura 3.42. Fotografia del complesso residenziale a Nuziders
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

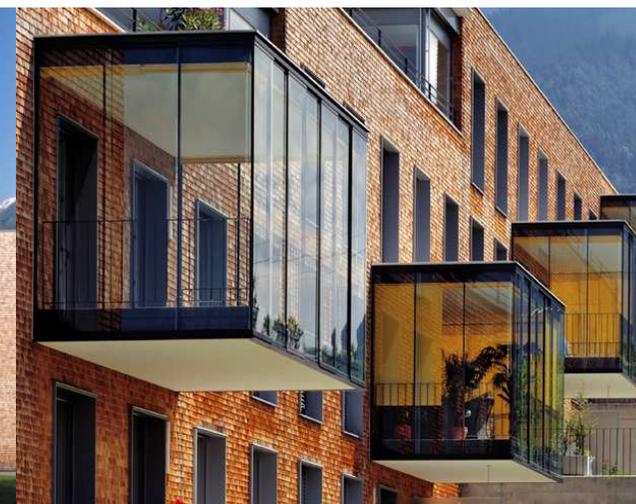


Figura 3.44. Fotografia del complesso residenziale a Nuziders
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

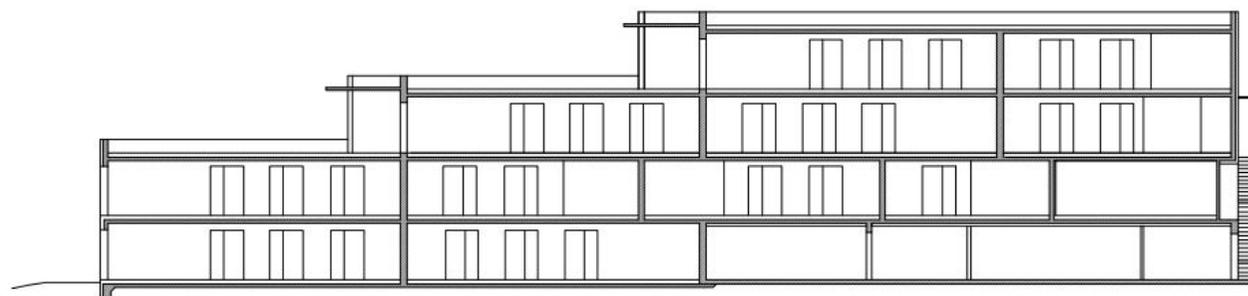


Figura 3.45 Sezione longitudinale del complesso residenziale a Nuziders
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

L'ultima famiglia è definita come "high-tech sostenibile", com'è chiaro l'attenzione di questo gruppo viene posta sullo scarso impatto che le nuove costruzioni devono avere in ambito montano, ma si tratta questa volta di un impatto energetico e ambientale, e non necessariamente visivo. Va sottolineato che l'alto grado di tecnologia è qui sempre strumentale al fine di realizzare un'alta efficienza dell'edificio, e non costituisce mai un obiettivo isolato. Ciò è dimostrato dal fatto che, tanto è più buona la produzione di tali opere, quanto la dimensione tecnologica rimane nascosta e si integra alla perfezione nell'involucro architettonico.

Il capolavoro recente di tale filone di pensiero è il Monte Rosa Hutte degli architetti Bearth & De Plazes in collaborazione con gli studenti dell'ETH di Zurigo: un cristallo prismatico incastonato nella roccia a quasi 3000 m sul livello del mare.

L'aspetto richiama moltissimo le raffigurazioni di Bruno Taut nel suo "Alpine Arkitektur", e rimanda con ciò agli "analogici astratti"; ma la grande forza di questo progetto è il connubio tra sostenibilità e tecnologia.

La forma è legittimata da altre motivazioni oltre a quella estetica; studi accurati hanno dimostrato che il poligono a dieci lati che

racchiude il rifugio è, infatti, la forma più efficace per difendere l'edificio dall'attacco di nevi e vento, garantendo la massima superficie utile interna.

La progettazione della struttura portante, in travi e setti lignei, è sviluppata attraverso un software apposito che ne ha permesso la diretta realizzazione con macchine a controllo numerico.

Inoltre si è riusciti a ottenere un altro livello di efficienza energetica, rendendo il rifugio autosufficiente al 90% grazie alle più evolute tecniche attive e passive.

L'edificio dispone di una propria sorgente d'acqua, pannelli fotovoltaici, un sistema di trattamento dei reflui e un impianto di cogenerazione a olio di colza.



Figura 3.46. Fotografia del rifugio sul Monte Rosa
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

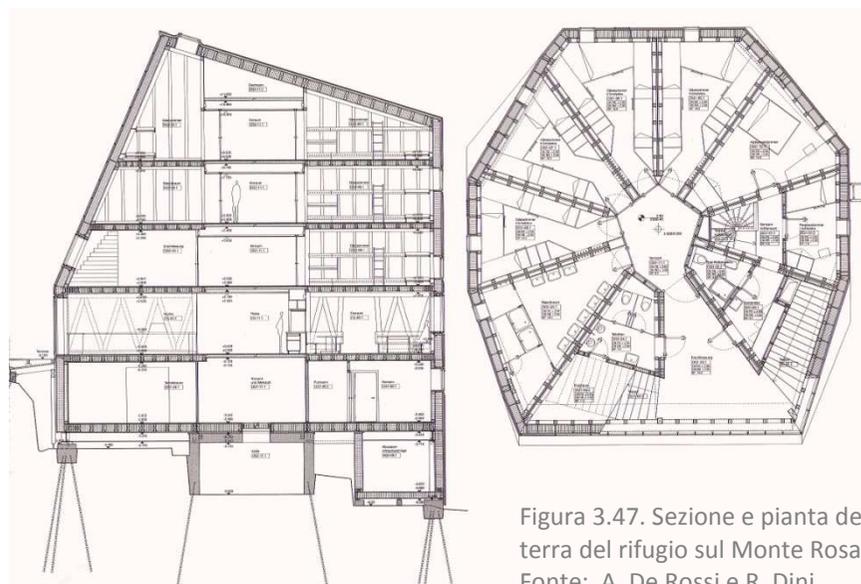


Figura 3.47. Sezione e pianta del piano terra del rifugio sul Monte Rosa
Fonte: A. De Rossi e R. Dini, *Architettura alpina contemporanea*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012

3.6 Bibliografia dedicata

Libri:

- D. Battistella, N. Pinton, *Se vuole le racconto un episodio, posso?*, Ist. Bellunese di ricerche sociali, 2009
- G. Barazzetta, R. Dulio, *1920-2008 Bruno Morassutti*, Ed. Electa, 2009
- L. Bolzoni, *Architettura moderna nelle Alpi italiane dal 1900 alla fine degli anni Cinquanta*, Ed. Priuli e Verrucca, 2000
- L. Bolzoni, *Architettura moderna nelle Alpi italiane dagli anni Sessanta fino alla fine del XX secolo*, Ed. Priuli e Verrucca, 2001
- A. De Rossi, R. Dini, *Architettura contemporanea alpina*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012
- G. Gellner, *Architettura rurale nelle Dolomiti Venete*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988
- L. Gibello, R. Dini, G. Masserano, *Cantieri d'alta quota*, Ed. Lineadaria, 2011
- A. Guerra, M. Morresi, *Gabetti e Isola. Opere di architettura*, Ed. Electa, 1996
- F. Mancuso, *Il mestiere dell'architetto*, Ed. Electa, 1996
- B. Reichlin, *Architettura contemporanea alpina*, Ed. Birkhauser Basel, 1996
- B. Taut, *Alpine architektur: a utopia*, Ed. Munchen, 1919

Tesi di ottorato:

- S. Ombellini, *Tradizione VS immaginazione. Architettura contemporanea nell'area alpina*, relatore prof. Aldo de Poli, Università degli studi di Parma

Articoli:

- E. Gellner, *Il villaggio sociale dell'ENI*, "Urbanistica" n. 32, pp. 40-57, 1960
- F. Mattuzzi, *Adriano Olivetti domani*, www.domusweb.it, 2012
- L. Paschini, *Complesso residenziale, Nüziders "Casabella"* n. 657 pp. 82- 85, 1998
- *I pilastri della roccia nell'albergo Pirovano di Cervinia*, "Case di montagna" n. 71, 2013
- *La stazione della slittovia al Lago Nero*, "Domus" n. 698, 1988

Siti web:

- www.architetturaecosostenibile.it
- www.baumshlager-eberle.com
- www.edoardogellner.it
- www.enoicheillusioni.it
- www.manincor.com

4.
L'architettura
vernacolare
nello Zoldano



Le notizie relative allo Zoldano nelle epoche più antiche sono pressoché inesistenti e portano a pensare che non ci siano state popolazioni stabili nella zona fino all'epoca romana.

Di questo periodo si ritrovano, infatti, alcune iscrizioni che segnano il confine del territorio di *Bellunum*; cittadinanza romana istituita nel 88 a.C., con quello di *Julium Carnicum*, fondato nel 15 a.C. e comprendente la regione del Cadore.

La zona si delinea quindi subito come località di frontiera, sebbene sia chiaro che lo Zoldano e l'Agordino competessero al municipio di *Bellunum*.

In epoca longobarda si hanno certamente le prime popolazioni stabili che presto vengono assoggettate al sistema di governo dei vescovi conti, di cui si avvaleva il Sacro Romano Impero, a partire dall'anno 1000, per assicurarsi un migliore controllo del territorio.

Ancora una volta la Val di Zoldo, insieme all'Agordino, vengono affidate al vescovo di Belluno, entrando così nel meccanismo del feudalesimo.

Durante tale periodo Zoldo si vede assoggettato ad Agordo, probabilmente per l'assenza di una nobiltà locale.

Intanto si va a formare il sistema della Regola, istituzione diffusissima in Veneto in cui le famiglie locali gestiscono il patrimonio

fondario, prima testimonianza della quale appare in un documento del 1383 in occasione di una controversia in merito ai confini dei pascoli.

Belluno cede al dominio veneziano nel 1404, e porta con sé i suoi territori montani, che, in primo momento, non suscitano l'interesse della Serenissima che non si rende subito conto delle potenzialità del luogo.

Presto però anche Venezia comprende l'importanza delle risorse minerarie della zona e, come aveva fatto Belluno per anni, comincia a sfruttarne i giacimenti. In questo periodo si trovano molte testimonianze dello stato d'avanzamento dei lavori nelle miniere grazie alle relazioni che i Rettori inviano al Doge.

Oltre al ferro, però, il governo centrale pretende il versamento un ingente tassa da parte di tutti i suoi territori periferici e ciò porta, nel 1509, a una ribellione degli zoldani al pagamento dell'imposta e, insieme al vicino Cadore, riescono a istituire un sistema autonomo di gestione dei propri territori.

Ma tale regime dura poco e, già nel 1517, le popolazioni ribelli vengono costrette ad assoggettarsi nuovamente al giogo di Venezia, ottenendo però in cambio alcuni benefici.

Origine del toponimo:

Il toponimo di Zoldo si riscontra per la prima volta in un documento del 1031 con il nome di *Claudes*, poi riportato in altre forme quali *Zaudes* (1161), *Zaudum* (1170) e *Zaoldum* (1183).

Durante la dominazione romana, si usa il termine latino *Zaudo*, tuttavia nel frattempo si forma la parola in volgare, riportata nei documenti in dialetto, *Zolt*.

Le ipotesi sull'origine del nome non sono certe, un gruppo di studiosi (tra cui il filologo Dante Olivieri) sostiene provenga dalla parola veneziana *zaldo*, che significa giallo, ma sembra più plausibile la teoria del linguista Giovanni Frau che ne vede la nascita come alterazione di un nome proprio germanico: *Theudo* o *Teobaldo*.

Fonte: AA. VV., *Dizionario di toponomastica. Storia e significato dei nomi geografici italiani*, UTET, 2006

Durante il '700, ultimo secolo di dominio veneziano, si assiste a un periodo di grande miseria anche nei territori montani. Si ha, infatti, in questo momento il coincidere di diversi fatti sfortunati prima fra tutte l'esaurirsi delle risorse minerarie dei giacimenti di Colle Santa Lucia.

La popolazione è quindi costretta a tornare a un'attività di tipo agro-pastorale e, nei casi più sfortunati, a cercare fonti di sussistenza altrove inaugurando così il fenomeno delle emigrazioni.

Dopo la caduta della Repubblica di Venezia il territorio cade in mano dei francesi che instaurano nel 1806 il Dipartimento della Piave con capoluogo Belluno.

Con il dominio austriaco, che fonda nel 1815 in Regno Lombardo-Veneto, il territorio di Belluno si vede ampliato con l'aggiunta del Feltrino e l'Alpago, mentre nelle zone montane si assiste all'unione di Zoldano e Agordino con il Cadore, il quale finora non era mai stato legato al Bellunese. Nel corso dell'800 si assiste a una serie di opere pubbliche pensate per una migliore fruizione del territorio.

A queste trasformazioni se ne affiancano altre di tipo urbanistico; alla fine del secolo si dà, infatti, avvio alla serie di piani di Rifabbrico che, a partire dall'esperimento di Padola del 1845, si prefiggono lo scopo di dare un nuovo volto ai paesi della montagna

bellunese, congiuntamente al proposito di limitare i rischi degli incendi che nei secoli avevano distrutto più volte gli insediamenti.

In seguito alle guerre di Risorgimento, con l'unità lo Zoldano diventa parte del regno d'Italia (1866) con i territori comunali di Zoldo Alto, Forno di Zoldo e Zoppè di Cadore.

In questo periodo si inaugura un momento di grande povertà per la vallata la quale vede costretta buona parte della sua popolazione alla migrazione definitiva, verso le Americhe, e stagionale, nei paesi di lingua Tedesca.

Durante gli anni della Prima Guerra Mondiale questo territorio svolge un importante ruolo strategico, elemento testimoniato dalla presenza di numerose fortificazioni, quale il Forte di Monte Rite.

Anche per tale motivo la zona viene occupata dalla presenza austriaca, da cui si libera nel 1918.

Da allora la Val di Zoldo rimane definitivamente parte del territorio nazionale italiano, localizzata all'interno della Provincia di Belluno, e amministrata attraverso la separazione del territorio in tre comuni, i quali ricalcano la distinzione rilevata nell'evoluzione storica dei tre insediamenti principali.

4.1 Il comune di Forno di Zoldo

La Val di Zoldo è composta dai comuni di Forno di Zoldo (848 m s.l.m.), Zoldo Alto (1177 m s.l.m.) e Zoppè di Cadore (1461 m s.l.m.). Dei tre, Forno di Zoldo è il comune che si estende su una superficie maggiore e che conta più abitanti.

Geograficamente si trova al centro della Provincia di Belluno, circa trenta chilometri a nord rispetto al capoluogo.

Il territorio risulta quasi completamente montuoso e si sviluppa su un piano inclinato di 79 km² esposto a sud con un'altezza minima di 604 m s.l.m., individuata a sud-est sul letto del Maè, il corso d'acqua che lo attraversa, e una massima di 2250 m sulla cima del Monte Tamer. Nonostante questa grande escursione di quota, gli insediamenti abitativi non superano quasi mai i 1000 m s.l.m., oltre i quali il terreno assume una configurazione rocciosa poco ospitale, garantendo così un clima piuttosto mite che vede scendere di rado la temperatura invernale sotto i -10°C e arriva oltre 20°C nella stagione estiva.

La popolazione residente contava 2489 individui nel 2011 con una densità di 31,51 ab./km² e risulta in continuo calo a partire

dal picco di 5241 abitanti rilevato nel 1921. Tali dati vanno considerati anche alla luce del fenomeno dell'emigrazione stagionale per motivi di lavoro cui è soggetta gran parte della popolazione che, per il proprio carattere transitorio, non viene rilevato dalle statistiche.

L'orografia del luogo è caratterizzata dal passaggio del torrente Maè che segna il confine comunale verso Sud, e una forte presenza montuosa che abbraccia il territorio in direzione degli altri punti cardinali. Tra le cime che dominano il paesaggio sveltano in particolar modo il Pelmo (3168 m) e il gruppo del Civetta (Monti Coldai 2396 m, Civetta 3220 m, Moiazza 2865 m e Moiazetta 2727 m)

Il territorio risulta particolarmente ricco per il suo patrimonio naturalistico, che può essere visitato attraverso escursioni di vari livelli di difficoltà.

Parte del suolo comunale è compreso inoltre all'interno del perimetro del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi di cui costituisce il confine verso Nord con il gruppo montuoso Tamer-San Sebastiano.

Con la recente dichiarazione di Patrimonio dell'Umanità con cui l'Unesco ha investito le Dolomiti nel 2011 il territorio assume poi un nuovo ruolo centrale all'interno del contesto Europeo.



Figura 4.1. Il Comune di Forno di Zoldo all'interno della Provincia di Belluno
Fonte: Wikipedia

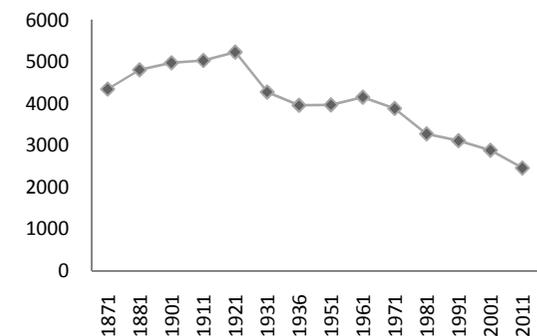


Figura 4.2. Andamento della popolazione residente nel Comune di Forno di Zoldo
Fonte: Istat

Altro elemento caratteristico di questa parte della Val di Zoldo è l'architettura tradizionale che, sfuggendo a diversi meccanismi che hanno imposto un rapido ammodernamento altrove, si è preservata in modo quasi inalterato nei secoli.

Il primo nucleo del paese si genera probabilmente intorno all'anno 1000 e la colonizzazione avviene certamente dalla parte alta del territorio poiché a valle la stretta gola del Maè rende più difficile il passaggio dell'uomo; ciò spiega, tra le altre cose, come si riscontri una similarità più profonda con le comunità Agordine e Cadornine che con la più vicina realtà di Longarone e del basso Maè.

L'assetto che si forma in questo luogo con l'andare del tempo risulta assai dissimile da quello di altri a causa della particolare struttura economica che si instaura. Infatti, mentre la gran parte delle comunità montane fonda la propria sussistenza sullo sfruttamento delle risorse naturali, dividendo la forza lavoro tra agricoltura, pascolo e lavorazione del legno, il nascente comune di Forno di Zoldo si organizza intorno alla lavorazione dei metalli estratti nelle vicine miniere di Valle Inferna e in quelle, più distanti, di Colle Santa Lucia nelle miniere del Fursil, costruendo, a partire dal 1300, una moltitudine di forni fusori,

elemento da cui deriva il toponimo del luogo.

Va però ricordato che tale attività, seppur di importanza primaria, non porta mai alla scomparsa dei lavori agro-pastorali i quali permettono la produzione diretta di generi alimentari fondamentali alla sussistenza.

Tale compresenza è testimoniata sia dai numerosissimi edifici rustici, usati come fienili e stalle, che dalle latterie sociali posizionate nei punti nevralgici dei paesi.

Ciò è imprescindibile in questo territorio, e ha permesso la sopravvivenza anche nei periodi di maggiore difficoltà dell'attività metallurgica.

Infatti, l'attività estrattiva manifesta precocemente i primi segni di crisi: già alla fine del Cinquecento cominciano ad esaurirsi i filoni metalliferi di Valle Inferna congiuntamente alle risorse di legname che servivano ad alimentare i forni, inoltre un'epidemia di peste del 1630 mette in ulteriore difficoltà la popolazione.

Così, all'inizio del 1700, rimangono attive solo alcune fucine che lavorano anche grazie alla fusione dei vecchi rottami.

In questo modo si raggiunge un nuovo apice di produttività specializzato nella fabbricazione di chiodi che porta nel 1873 alla fondazione della "Società Industriale Zoldana per la Lavorazione del Ferro" che riunisce circa seicento operai del settore.



Figura 4.3. Logo della Società Industriale Zoldana per la Lavorazione del Ferro, 1873

Fonte: sito web del Museo del ferro e del chiodo



Figura 4.4. Chiodi a testa schizzata conservati nel museo del ferro e del chiodo a Forno di Zoldo

Fonte: sito web del Museo del ferro e del chiodo

Fino a questo momento l'attività siderurgica aveva posto un freno al fenomeno dell'emigrazione, il quale già aveva svuotato diversi villaggi montani, ma l'avanzare dell'industrializzazione dei processi di produzione dei chiodi, insieme all'alluvione che nel 1890 che spazza via diversi forni, costringe in breve tempo a concludere l'attività metallurgica, e anche gli abitanti di queste zone sono costretti a cercare sussistenza altrove.

Secondo Cesare Lazzarin le motivazioni che portano a lasciare i luoghi d'origine sono da ricercare in un intreccio di diversi fattori: la povertà del suolo, l'assenza di industrie nelle vicinanze, il fallimento della Società per la Lavorazione del Ferro e lo sbriciolamento della proprietà fondiaria nell'eredità.

Si inaugura così il fenomeno dell'emigrazione che si manifesta in due modalità: una definitiva e una stagionale.

La fascia meno abbiente della popolazione lascia il paese per sempre investendo gli ultimi risparmi in un viaggio della speranza verso il Brasile, gli Stati Uniti o il Canada. Questa gente, però, dimentica difficilmente il luogo di nascita, tanto che diverse testimonianze raccontano di aiuti inviati in tempo di guerra ai parenti rimasti in patria. La popolazione rimanente tenta invece la via della migrazione stagionale; in un primo

momento l'impiego principale è quello di venditori ambulanti di prodotti dolciari, quali i tipici *zaeti* di farina di mais, nelle città venete, per poi affermarsi fino ai giorni nostri come gelatai specialmente nei paesi di lingua tedesca, attività che ha portato agli zoldani notorietà e guadagno.

Dagli anni sessanta i migranti che hanno trovato fortuna tornano a investire nei propri paesi d'origine restituendo una spinta di crescita nonostante la popolazione residente sia in continuo calo.

L'impiego stagionale determina a tutt'oggi uno spostamento di larga parte della popolazione nel periodo che va da febbraio a ottobre.

I paesi vengono quindi abitati pochi mesi all'anno, fattore che giustifica l'assenza quasi completa di turismo; tale elemento, se da un lato ha escluso una fonte di guadagno, dall'altro ha preservato gli insediamenti del comune di Forno dal fenomeno del turismo di massa, consentendoci oggi di aprirli a un turismo più rispettoso e consapevole.



Figura 4.5. Gelatai zoldani a Vienna nel 1906

Fonte: sito web dei gelatieri zoldani



Figura 4.6. Carretti per il gelato esposti al museo del gelato di Dont

Fonte: sito web del museo del gelato

4.2 Tipologie edilizie della tradizione

Come già accennato il comune di Forno di Zoldo ha avuto una storia molto diversa dai comuni limitrofi, poiché esso fondava la propria economia sull'attività produttiva di tipo estrattivo anziché agro-pastorale. Tale fenomeno fa sì che, già tra Zoldo Alto e Forno di Zoldo, vi siano significative differenze nella struttura sociale, da una parte formata da grandi famiglie di braccianti e dall'altra da piccoli nuclei di artigiani-operai. Per questo motivo, nonostante la vicinanza territoriale, le tipologie delle abitazioni più antiche dei due comuni non vanno assimilate.

Nella prima fase, tra il XV e il XVII sec., la casa che si costruisce nel territorio di Forno è definita come "tipo multifamiliare zoldano-cadorino": un'alterazione realizzata a partire dalla "casa-tabìa di tipo antico" che ne costituisce spesso la cellula fondamentale.

Poiché la società che la abita vive in grande semplicità, la regola direttrice di questo modello è l'economia: economia di spazi, di risorse e di calore.

La categoria è caratterizzata principalmente dalla genesi per addizione di unità abitative

a partire da un primo nucleo di pochi vani ordinati; con il tempo quindi il fabbricato cresce in modo caotico sia in pianta che in alzato fino a raggiungere dimensioni notevoli e forme singolari.

Nella prima fase non vi è distinzione tra l'abitazione e il rustico (detto *tabìa*), che ospita invece la stalla e il fienile. Generalmente gli ambienti propri della casa sono distribuiti su fonte Sud, meglio esposto al sole, mentre i locali per il lavoro si trovano nei vani retrostanti.

La collocazione degli ambienti nei piani è funzionale alla posizione del fuoco, unica fonte di calore della casa. Nella Val Zoldana esso è in genere costituito, nella sua forma più matura, dall'accoppiamento di due componenti che permettevano di soddisfare la necessità della cottura dei cibi e del riscaldamento degli ambienti.

In cucina si trova il *fogher*, evoluzione del *larin*, che consiste in una lastra di pietra sormontata da una cappa su cui viene acceso un fuoco aperto che scalda sempre un paiolo di rame dentro cui cuoce la polenta, su tre lati sono poi disposte delle panche, queste rendono l'elemento un punto di aggregazione per la famiglia oltre che un elemento necessario alla sopravvivenza.



Figura 4.7. Schema di distribuzione dei locali al piano terra e piano primo della tipologia "casa-tabìa tipo antico"

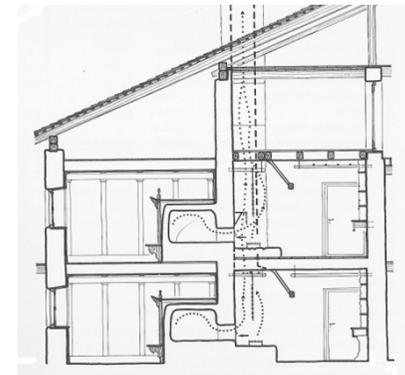


Figura 4.8. Funzionamento del sistema fogher
Fonte: Architettura rurale nelle Dolomiti Venete, E. Gellner, Ed. Dolomiti-Cortina, 1998

In un vano adiacente assimilabile a un soggiorno, che prende il nome di *stua*, viene costruita invece la stufa voltata in muratura, essa viene alimentata dallo stesso fuoco della cucina cui è direttamente collegata.

Questa stanza è la più calda della casa e, proprio per tale motivo, risulta la più vissuta nelle ore diurne.

In modo alquanto curioso il fumo prodotto dalla combustione viene fatto uscire a livello del piano terreno attraverso un foro circondato da assi di legno; la costruzione del camino, infatti, entra nella consuetudine solo più avanti, allo scopo di prevenire i rischi di incendio.

Al piano terreno vengono quindi collocate a sud la cucina, direttamente collegata con l'esterno, e la *stua*, luoghi più caldi della casa in cui si svolge la vita quotidiana; in una fascia appena retrostante si trovano la cantina e il magazzino in cui vengono stoccati i materiali per la cucina e per il lavoro agricolo. Alle spalle di questi, l'ultima banda verso Nord è occupata dalla stalla.

Il piano superiore è raggiungibile solo attraverso collegamenti verticali esterni disposti nei grandi ballatoi che fungono da luogo di distribuzione, oltre che per l'esposizione al sole dei prodotti agricoli da seccare, funzione da cui deriva il nome *soler*. Nonostante l'ingente profondità, che può superare anche i tre metri, i ballatoi

sono costruiti in modo da lasciar penetrare i raggi solari all'interno, fino a scaldare la parete dell'abitazione che, essendo realizzata in pietrame, possiede una grande inerzia termica.

Qui, ciascuna con accesso autonomo, trovano posto le camere da letto che godono in parte del calore prodotto al piano inferiore; nella zona retrostante viene invece collocato il fienile.

Vi è poi usualmente un ulteriore livello, ricavato tra le strutture di copertura, che costituisce il sottotetto, questo veniva ancora una volta riempito di fieno, elemento che svolgeva la funzione di tappo termico limitando le dispersioni di calore dalla copertura.

Per lo stesso motivo le aperture verso l'esterno sono sempre ridotte al minimo: vi è una porta d'ingresso voltata a tutto sesto che conduce in cucina e ingressi separati per le camere al livello superiore; le finestre sono molto piccole e protette da inferriate.

La struttura al piano terra è sempre in muratura di pietrame legata con malta di calce pensata per resistere a lungo al contatto con la neve e con il terreno sul fronte nord;

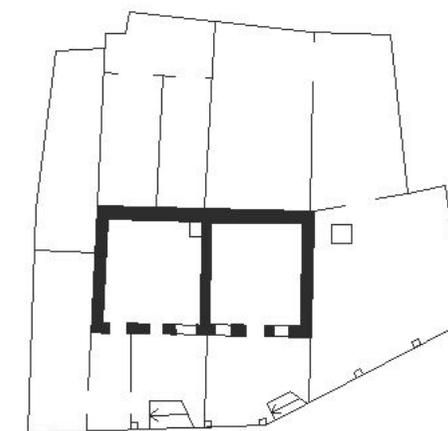
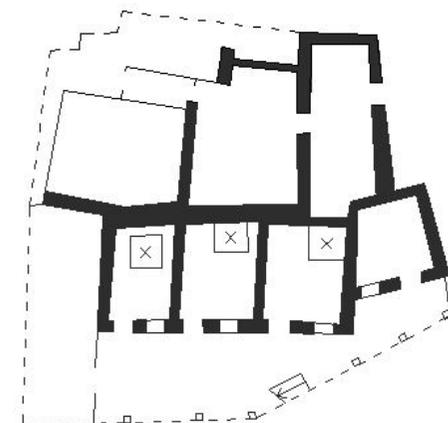


Figura 4.9. Pianta piano terra, piano primo e prospetto sud di una casa "tipo multifamiliare zoldano-cadorino"

mentre le strutture verticali superiori possono continuare in pietra o essere realizzate in legno, massiccio nel primo periodo e a telaio tamponato da assi in un momento successivo così da dare maggiore leggerezza alle strutture.

Il tetto a due falde esposte in direzione Est-Ovest, realizzato interamente in legno, è costituito da una travatura principale di travi in abete di circa 20 cm di diametro, raramente sostituite da capriate, e una secondaria, in abete o larice di diametro 5 cm, sopra cui viene adagiato un tavolato in larice che regge il manto di copertura in scandole lignee. La piccola inclinazione delle falde e la presenza di delle barre metalliche prossime alla linea di gronda permette di conservare la neve in copertura così da creare ancora una volta un tappo termico. La gestione della neve risulta inoltre meno pericolosa della sua caduta incontrollata, e spesso esistono degli abbaini appositi da cui salire sul tetto per toglierla.

L'intero sistema risulta aggettante su tutti i fronti, ma specialmente su quello meridionale per proteggere dalle precipitazioni atmosferiche i prodotti esposti a seccare.

Casa "tipo multifamiliare zoldano-cadorino"

Caratteristiche principali:

- nucleo centrale a base quadrata in muratura di pietra
- abitazione e rustico nello stesso edificio
- evoluzione per aggregazione disordinata di unità abitative
- compresenza di più famiglie
- grandi ballatoi lignei che accolgono le scale esterne
- finestre di piccole dimensioni
- sottotetto per la conservazione del fieno
- assenza dei camini
- copertura a due falde poco inclinate
- locali comuni al piano terra, camere al livello superiore



Figura 4.10. Esempio di casa "tipo multifamiliare cadorino-zoldana a Fornesighe"

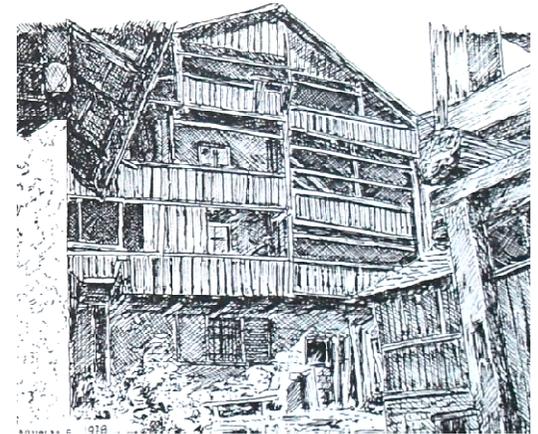


Figura 4.11. Erio Arnoldo, disegno di casa "tipo multifamiliare cadorino-zoldana" a Fornesighe
Fonte: E. Arnoldo, *Antiche case e tabià nella val di Zoldo*, Istituto bellunese di ricerche sociali e culturali, 1990



Figura 4.12. Particolari di case di Fornesighe: scale, ballatoi, finestra, copertura, porta, fogher, muro

Con l'andare del tempo tuttavia, grazie alla maggiore facilità negli spostamenti e nelle comunicazioni, la tipologia residenziale montana si va ad appiattire verso un modello comune che risente delle influenze delle comunità limitrofe, ma anche di quelle delle città più estese del Veneto.

Nel corso dell'Ottocento, si attuano una serie di piani urbanistici volti a sanare gli effetti che i molti incendi avevano avuto nei secoli, tale fenomeno, noto come Rifabbrico, ha lasciato segni considerevoli nelle forme degli insediamenti di gran parte della montagna veneta.

Il primo esempio si ha a Padola, la quale viene completamente ricostruita a seguito di un incendio nel 1845, con l'occasione si sceglie di dare un nuovo volto al paese. Per evitare nuove distruzioni del paese le case vengono realizzate in pietra separate dai rustici, i quali assumono autonomia e diventano una tipologia architettonica a parte.

La caratteristica di spontaneità viene completamente persa e si costruisce secondo uno schema ortogonale ben progettato che assicura una certa distanza di sicurezza tra i fabbricati. Tale sorte tocca a numerosi paesi del Comelico e del Cadore in molti casi in veste di piani preventivi più che per ricostruire quanto era andato perduto.

Sebbene il comune di Forno non venga toccato direttamente dai piani di Rifabbrico, essi lasciano un segno tangibile anche qui, infatti, le nuove abitazioni vengono composte seguendo molti dei caratteri propri di tale corrente.

La casa che si costruisce dal XIX secolo è quindi una commistione di numerose influenze dettate anche dal maggiore benessere economico e dalle nuove necessità che la vita moderna sta introducendo e nel complesso è assimilabile al "tipo rifabbrico".

Tale tipologia è caratterizzata da un assetto molto più razionale visibile in tutti gli elementi della costruzione; si assiste in primo luogo a un appiattimento della facciata dovuto alla scomparsa quasi totale dei ballatoi in legno, che permangono solo in forma di balconi sempre più piccoli.

In questa fase essi hanno, infatti, perso entrambe le funzioni che possedevano nella casa antica: con la separazione del rustico, infatti, i prodotti agricoli venivano essiccati altrove e, grazie allo spostamento delle scale all'interno, non occorre più disporre di spazi di distribuzione addossati alla facciata esterna.

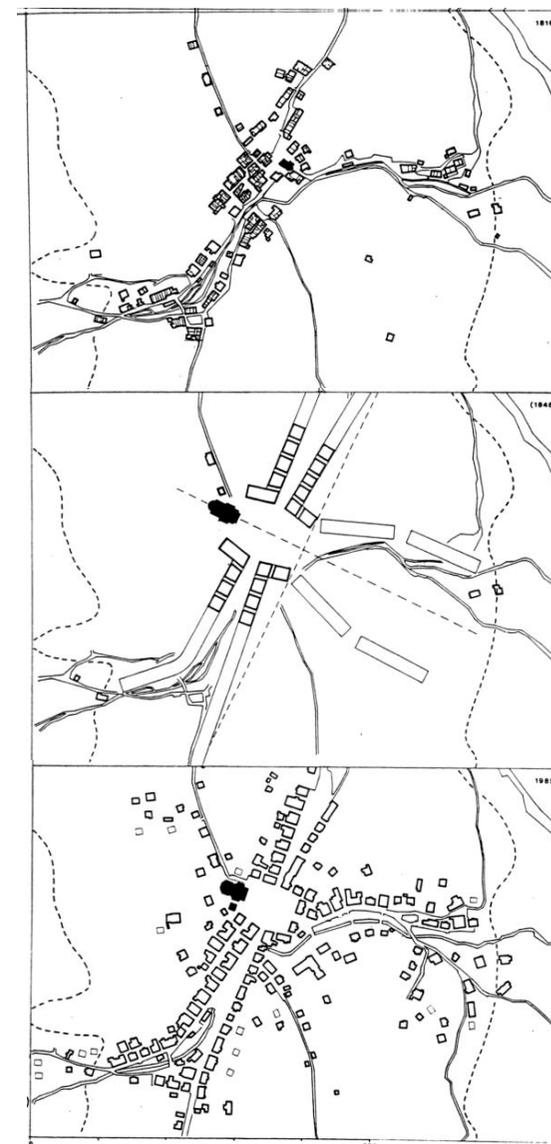


Figura 4.13. Il rifabbrico di Padola; confronto tra Catasto Napoleonico (1816), progetto di rifabbrico dell'Arch. Segusini (1846) e situazione rilevata nel 1885
Fonte: A. Lazzarini e F. Vendramini, *La montagna veneta in età contemporanea*, Ed. di Storia e Letteratura, 1991

Gli elementi lignei rimangono quindi solo nelle strutture orizzontali, solai e coperture, negli infissi e come elemento decorativo, poiché ora la struttura verticale viene realizzata in muratura di pietra da cima a fondo.

Poiché viene meno il requisito di assoluta economicità, in pianta compare una nuova stanza che rende la fruizione della casa più agevole: si tratta del corridoio, o *sala*, su cui si apre l'ingresso principale e da cui si ha accesso ogni vano della casa, ed è il locale che va a sostituire la funzione distributiva che aveva il ballatoio.

All'estremità Nord di questo ambiente vengono, infatti, posizionate le scale, che trovano ora spazio all'interno dell'edificio. Come nella fase precedente, al livello superiore vengono distribuite le camere da letto, servite anch'esse dal corridoio centrale.

Il corpo di copertura diventa in genere a padiglione con quattro falde uguali pur mantenendo la struttura lignea.

Come si è già detto, Forno di Zoldo viene fortemente influenzato da questa tipologia, applica però in modo autonomo, conservando molte delle caratteristiche del modello più antico; nella fattispecie l'insediamento di Fornesighe non adotta mai la copertura a padiglione e rinuncia con fatica a alle sovrastrutture lignee.

Casa "tipo rifabbrico"

Caratteristiche principali:

- appiattimento della facciata
- riduzione dei ballatoi a terrazzi
- limitato impiego di legno
- maggiore razionalità degli spazi
- presenza del corridoio, detto *sala*
- scale interne
- separazione dell'abitazione dal rustico
- copertura a padiglione

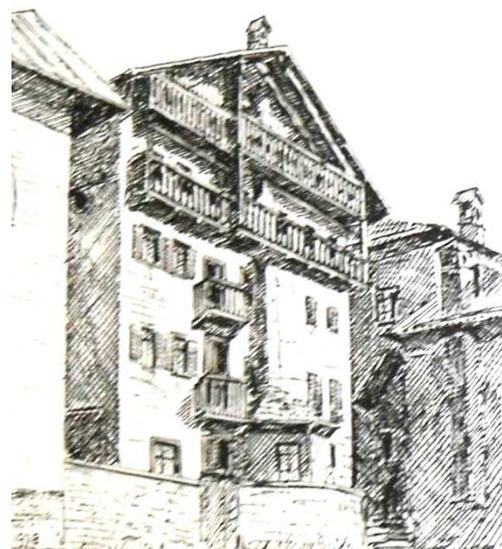


Figura 4.14. Erio Arnoldo, disegno di di casa "tipo rifabbrico" a Fornesighe
Fonte: E. Arnoldo, *Antiche case e tabià nella val di Zoldo*, Istituto bellunese di ricerche sociali e culturali, 1990

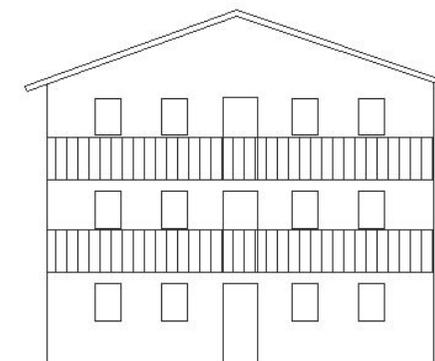
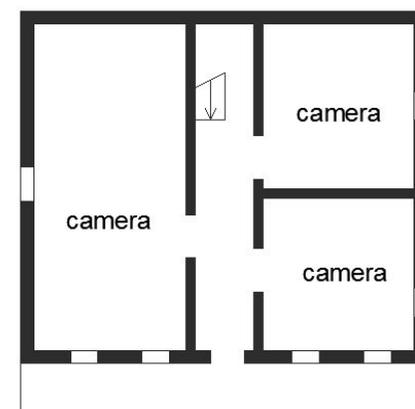
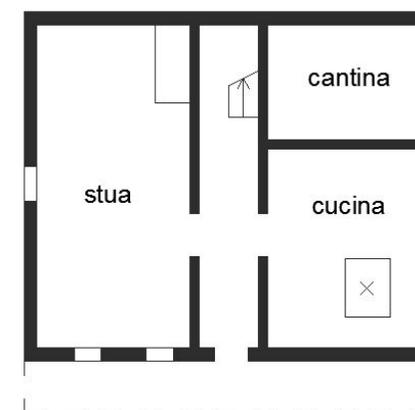


Figura 4.15. Schema di distribuzione dei locali al piano terra e al piano primo e prospetto sud del "tipo rifabbrico"

Come si è detto, in questa seconda fase il rustico viene staccato dagli edifici residenziali, al fine di limitare il pericolo degli incendi e, in questo modo, assume una propria forma autonoma, la quale rimane affine al modello di abitazione più antico, non subendo, nemmeno in modo indiretto, l'influenza dei piani di Rifabbrico.

Il *tabià*, sia esso isolato o parte del tessuto urbano di un insediamento, è un edificio rustico multifunzionale che raccoglie i locali utili alle attività legate ad agricoltura e allevamento, principalmente individuate nella stalla e nel fienile.

Generalmente, come accade per le abitazioni, anche i rustici sono condivisi tra più famiglie e, sia l'assetto interno che quello esterno sono stati sapientemente modellati nel corso della storia per accogliere al meglio le attività lavorative che vi si svolgono.

La forma che la tipologia assume è basata su una pianta rettangolare, ed è caratterizzata in alzato dalla sovrapposizione di strutture lignee, segnate dalla presenza di grandi ballatoi in aggetto, a un vano in pietra, che garantisce una maggiore resistenza al contatto prolungato con il terreno e la neve.

Gli esempi più antichi di *tabià* sono realizzati con la tecnica a castello (*blockbau*) mediante la sovrapposizione e

l'incastro di tronchi sbazzati, essa risulta ideale in quanto, attraverso il corretto distanziamento degli elementi lignei, è possibile misurare la filtrazione di luce e aria, così da realizzare le condizioni ideali per la vita degli animali e la conservazione del legno.

La tecnica costruttiva si realizza mediante la disposizione di un implacato di travi, poggiate sopra il vano del piano terra in pietra, di larghezza sufficiente a comprendere sia i locali del fienile, che lo spazio per il ballatoio esterno, utilizzato ancora una volta per l'essiccazione dei prodotti agricoli.

Le pareti perimetrali, in tronchi sbazzati, vengono incastrate in corrispondenza del nodo d'angolo tramite l'intaglio di tacche profonde sulle facce a contatto.

Analogamente viene realizzato il sostegno della copertura, con travi che si accorciano man mano, procedendo verso l'alto; in questo modo si viene a creare un piano d'appoggio inclinato, sul quale vengono posati dei travetti e il manto di copertura in scandole lignee.

Tale tecnologia viene però accantonata in breve tempo, a causa dell'eccessiva richiesta di materia prima lignea per la realizzazione.

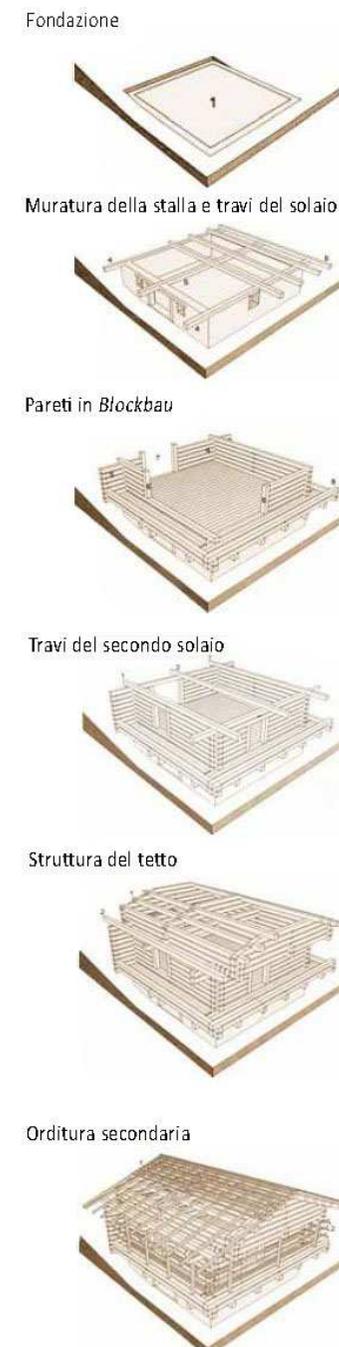


Figura 4.16. Schema di costruzione del *tabià* a castello
Fonte: F. Alberti, C. Chiapparini (a cura di), *Cultura e ecologia dell'architettura alpina*, Regione del Veneto, 2011

Si passa quindi a una tipologia più leggera, caratterizzata da montanti uniti orizzontalmente da travi interpiano, entrambi in legno, e controventati da elementi diagonali. La struttura risulta poi tamponata mediante tavole, solitamente in larice.

Il procedimento costruttivo appare simile al precedente, con la differenza nell'edificazione delle pareti perimetrali, non più massicce; il corpo di copertura viene, invece, realizzato mediante la posa di capriate lignee, le quali supportano l'orditura de travi del tetto e, quindi, il manto in scandole.

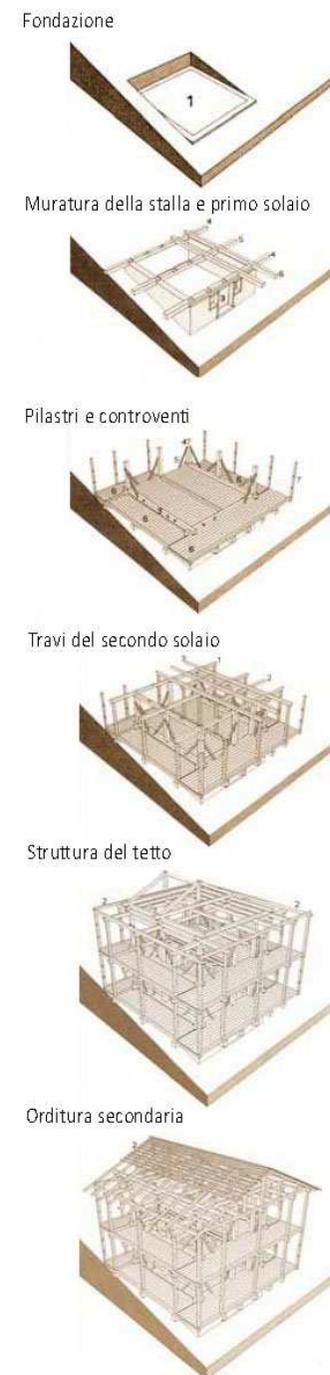
La nuova tecnica dà spazio inoltre a qualche manifestazione artistica: i tavolati, infatti, risultano spesso traforati dalle forme più fantasiose, che vanno da motivi floreali a simboli di significato religioso, accompagnati, di norma, dalle iniziali delle famiglie proprietarie.

In alcune zone è riscontrabile anche una variante che presenta il proseguimento della muratura in pietra negli angoli dei piani superiori, fino a raggiungere le strutture di copertura. In questo caso l'utilizzo del legno permane negli orizzontamenti e nel tamponamento della parte centrale dei prospetti, lasciati vuoti dalla muratura.

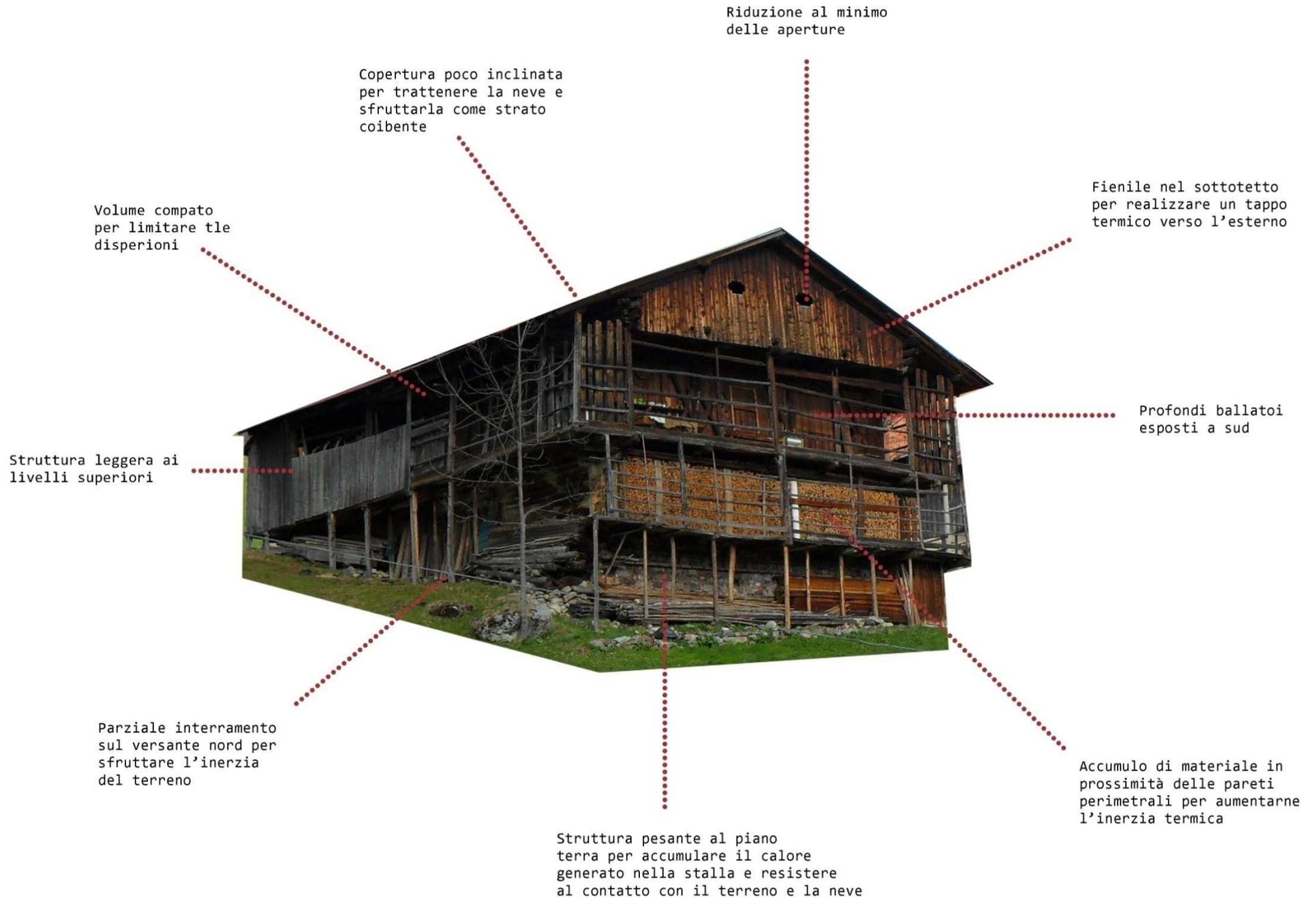


Figura 4.17. Esempio di decorazioni riscontrate in *tabià* dello Zoldano.
Fonte: F. Alberti, C. Chiapparini (a cura di), *Cultura e ecologia dell'architettura alpina*, Regione del Veneto, 2011

Figura 4.18. Schema di costruzione del *tabià* a telaio
Fonte: F. Alberti, C. Chiapparini (a cura di), *Cultura e ecologia dell'architettura alpina*, Regione del Veneto, 2011



Prospetto 2: Elementi bioclimatici nella tipologia *tabià*



4.2.1 I materiali

L'architettura vernacolare fa parte del luogo su cui sorge perché viene realizzata a partire dal luogo e utilizzando il luogo stesso come materiale da costruzione.

Per quanto riguarda i materiali messi in opera, quindi, essi non possono che essere quelli presenti, nella loro forma naturale, a formare il territorio stesso, la scelta della tradizione si è, così, da subito orientata sull'impiego di legno, pietra e, in misura minore relativamente ad alcuni dettagli, ferro.

Primo fra tutti, in ambito montano il legno risulta essere il materiale maggiormente disponibile, e di più facile lavorazione.

Nei secoli si è così sviluppata una vera arte legata all'utilizzo del legno nelle costruzioni, anche grazie al fatto che il materiale si presta bene ad essere trasformato in moltissime forme.

Esso viene sfruttato principalmente per gli orizzontamenti, che vengono costruiti mediante la sovrapposizione di un tavolato a un'orditura di travi sbozzate, e nella realizzazione delle strutture di copertura, le quali possono essere sia costituite da capriate lignee, che da semplici travi inclinate adagate sopra un piano di posa inclinato.

Il manto di copertura vede tradizionalmente impiegate le scandole lignee, mentre in tempi più recenti si è diffuso l'utilizzo delle coperture metalliche. Come già accennato, gli edifici rustici più antichi risultano costruiti mediante la tecnica *blockbau*, che prevede il solo uso di legno per tutte le strutture costituenti l'edificio.

Tuttavia, questa tecnologia è stata presto abbandonata, in favore di quella di tipo intelaiato che richiede una quantità sensibilmente minore di legno.

Le costruzioni edificate a partire dalla metà del XIX sec. dimostrano, infatti, l'uso incontrastato del legno per le strutture orizzontali, mentre le pareti verticali sono costituite alternativamente pietra o legno, a seconda della loro importanza strutturale. Il materiale lapideo, che risulta altresì disponibile nei territori montani, viene sempre adoperato nella realizzazione del vano del piano terra, in quanto esso risulta maggiormente resistente al contatto con la neve e il terreno, che spesso avvolge la costruzione sul lato nord.

Ai piani superiori le strutture portanti verticali in pietra lasciano gradualmente il posto alle pareti intelaiate in legno, mentre per le partizioni interne l'uso del legno è preponderante.



Figura 4.19. Struttura in legno di tipo *blockbau* e di tipo intelaiato

Sempre il legno viene impiegato per le strutture di collegamento verticali, costituite nella quasi totalità dei casi da ripide scale poste all'interno dei ballatoi.

Lo stesso materiale è poi utilizzato per tutti gli elementi secondari che formano l'edificio, quali le balaustre di protezione poste al limitare dei ballatoi, le porte d'ingresso e gli infissi esterni verticali.

Un utilizzo che va considerato a parte è poi quello del legno per il rivestimento esterno dei locali impiegati a fienile; in questo caso è, infatti, necessario un trattamento particolare delle strutture in quanto si rende indispensabile una buona filtrazione di aria e luce, pur proteggendo il materiale lasciato a seccare dalle precipitazioni.

Nella buona parte dei casi tale problema è risolto mediante l'impiego di graticci, realizzati attraverso la sovrapposizione di due strati di listelli in legno incrociati.

L'ultimo materiale qui citato, il quale definisce le componenti di dettaglio, è poi il ferro, che viene utilizzato per la realizzazione dei cardini delle porte, delle maniglie delle aperture e delle inferriate, che molto spesso proteggono le finestre poste ai piani inferiori.

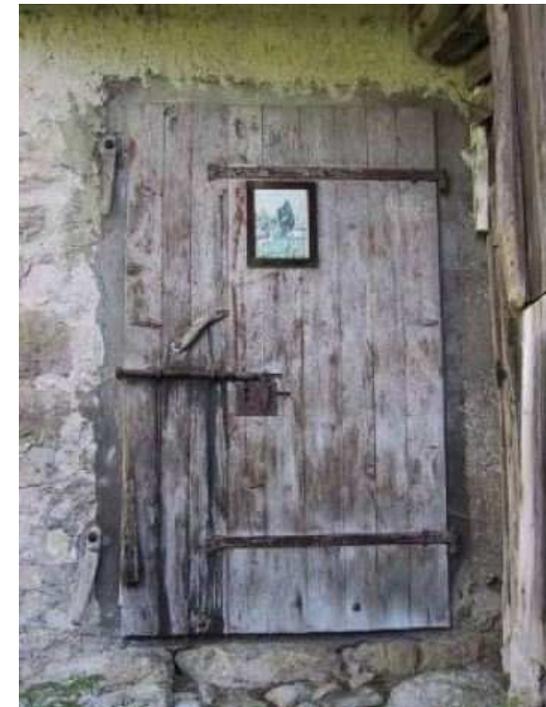
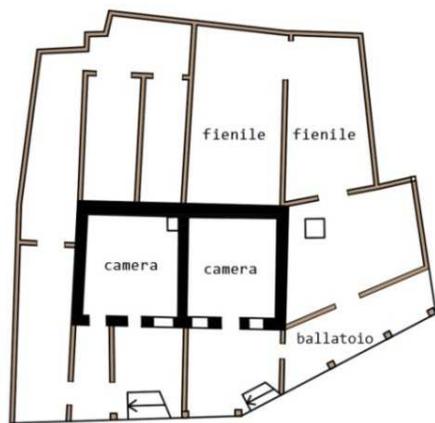
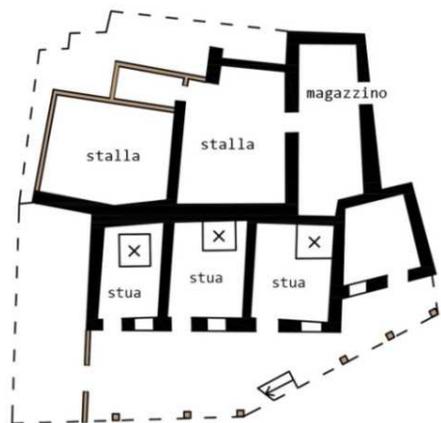
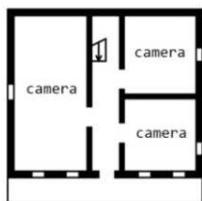


Figura 4.20. Esempi illustrativi della realizzazione di scale, porte e finestre

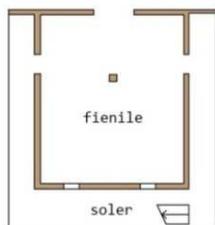
Prospetto 3: Tipologie edilizie tradizionali di Forno di Zoldo



Casa di tipo multifamiliare Cadorino-Zoldana



Casa di tipo Rifabbrico



Tabià isolato



— Strutture pesanti in pietra

— Strutture leggera in legno

4.3 Il paese di Fornesighe

La frazione di Fornesighe è il nucleo abitato che si sviluppa più a Nord del comune di Forno di Zoldo, arroccato sulla collina ed esposto a Sud in una posizione strategica che porta a Passo Cibiana e alle miniere di valle Inferna.

Come per il comune cui appartiene il toponimo, di origine romana, deriva dalla radice Forno a indicare che anche in questa località l'attività principale era quella della lavorazione dei metalli e che, nonostante la presenza di campi, esso non sia mai stato un borgo agricolo.

L'insediamento risulta particolarmente prezioso grazie al suo patrimonio architettonico che mantiene l'assetto antico del paese in ottimo stato di conservazione, tanto da poter leggere lungo le sue vie quale sia stata l'evoluzione del luogo e quali fossero le leggi spontanee che ne governavano la crescita.

Il paese può essere quindi interpretato come un esempio della stratificazione edilizia nel tempo, nel quale è facile distinguere gli edifici antichi originali, le costruzioni lungo i secoli e la presenza di restauri più o meno riusciti.

Le motivazioni della conservazione del carattere originale si devono da una parte alla conformazione geografica del luogo e dall'altra alle vicissitudini che ne hanno determinato la storia.

Innanzitutto, in modo assolutamente insolito, il paese non è mai stato investito dai grandi incendi che esso distruggevano i paesi montani costruiti in legno; tale fortuna si deve in parte alla conformazione originale del paese che vedeva tre nuclei distinti e separati da prati.

Di conseguenza Fornesighe non è stata soggetta al fenomeno del Rifabbrico che, nel corso dell'Ottocento ha modificato radicalmente l'assetto di molti insediamenti montani ricostruendoli interamente in pietra secondo schemi rigorosamente pianificati.

Inoltre Fornesighe è stata completamente esclusa dal fenomeno del turismo a cui è sfuggita, oltre che per la posizione appartata, a causa del fenomeno di emigrazione stagionale che costringe gran parte dei residenti ad allontanarsi dal paese nella stagione estiva per poi tornare nei pochi mesi invernali in cui l'insediamento, seppur affascinante, è meno ospitale.



Figura 4.21. Viste di Fornesighe

L'evoluzione della forma dell'insediamento può essere ricostruita grazie al confronto tra le mappe del catasto napoleonico del 1816, del catasto austriaco del 1844 e di quello italiano del 1921, a cui si aggiungono i piani disegnati dall'architetto Edoardo Gellner a partire dal 1976 e, ovviamente, dello stato attuale.

I documenti più antichi relativi al paese risalgono alla data di costruzione della chiesa (1765) e agli affreschi, datati all'inizio del Settecento, rinvenuti all'interno di alcune abitazioni, ciò permette di comprendere che il paese ha iniziato il suo processo di formazione dell'assetto attuale circa un secolo prima della stesura del Catasto Napoleonico.

Questo primo rilevamento grafico, datato 1816, mostra un impianto caratterizzato da tre nuclei di cui quello centrale accoglie la chiesa.

Gli agglomerati sono separati da prati e campi, distinguibili per la giacitura rispettivamente Nord-Sud e Est-Ovest delle proprietà, legata alla praticità del lavoro che vi si doveva svolgere, in modo tale che ciascuno dei tre possedesse negli immediati dintorni la quantità di verde necessaria alla sussistenza agro-pastorale.



Figura 4.22. Catasto Napoleonico, 1816
Fonte: Archivio di Stato di Belluno

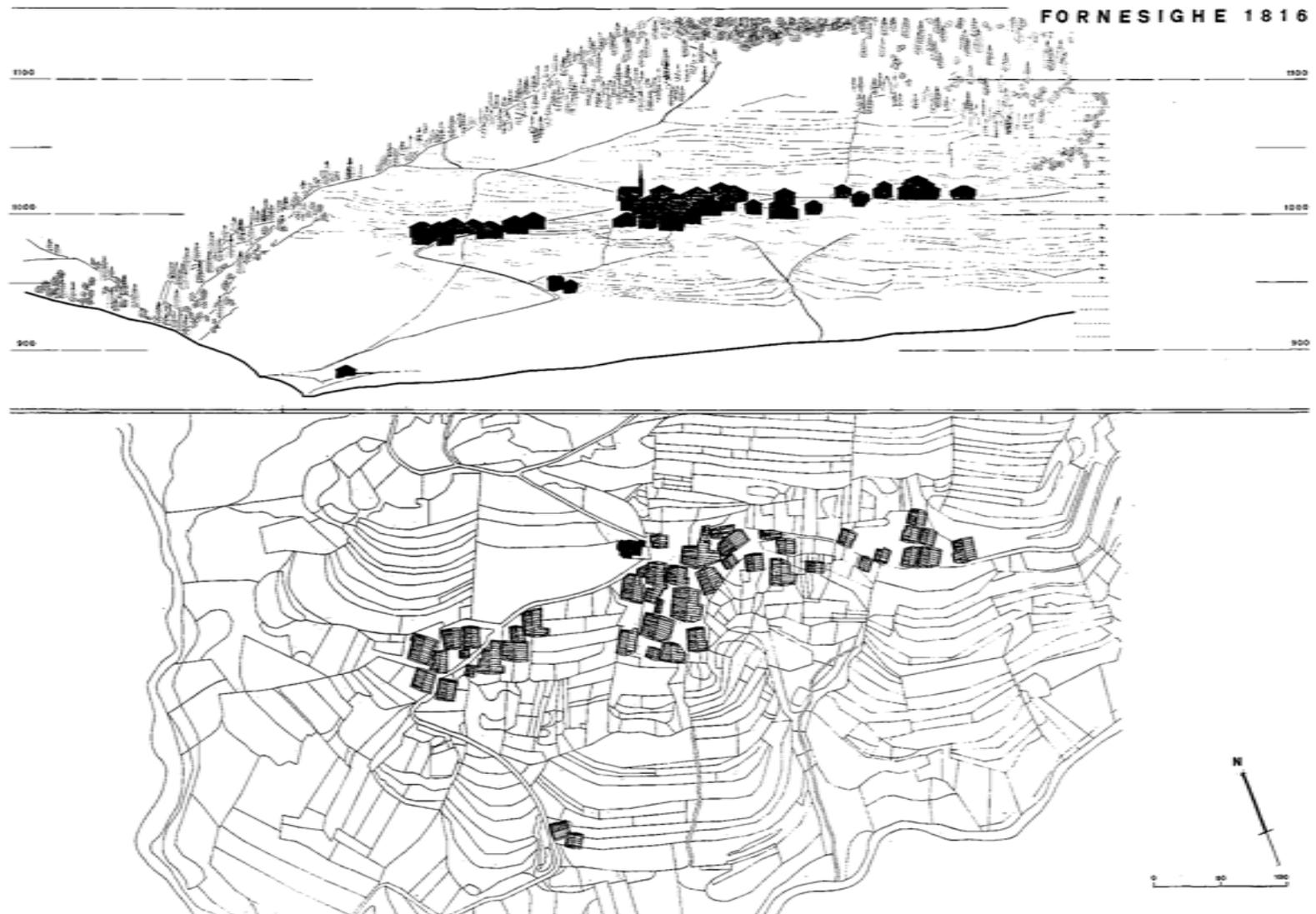


Figura 4.23. Ricostruzione del prospetto Sud e planimetria di Fornesighe sui dati del catasto napoleonico e delle costruzioni antiche ancora esistenti disegnate dall'architetto Edoardo Gellner
Fonte: E. Gellner, *Architettura rurale nelle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988

Già in questa fase i fabbricati risultano addossati gli uni agli altri, talvolta aggregati intorno a cortili o lasciando appena lo spazio per il transito pedonale coperto spesso dagli aggetti delle costruzioni. Una sola strada carrabile attraversa il paese passando per la chiesa in posizione tangente rispetto ai tre nuclei.

Tale fenomeno è riconducibile, ancora una volta, al modello di sussistenza principale che reggeva il paese: infatti, come fa notare Gellner gli insediamenti di tipo minerario mostrano un assetto più compatto di quelli agricoli poiché la viabilità viene dimensionata sul modulo uomo e non sul carro agricolo, il qual è inevitabilmente più largo.

L'aggregazione degli edifici a scala urbanistica riflette quella dei vani all'interno delle case: si procede a un assemblaggio irregolare di corpi pronti ad espandersi e mutare in caso di necessità.

La tipologia edilizia utilizzata è quella della casa antica plurifamiliare zoldano-cadordina che ospita numerose unità abitative, identificabili dal numero dei focolari, e realizzate per aggregazione successiva di vani a partire da un nucleo originale riconoscibile perché formato da poche cellule tra loro ortogonali;

ciò è leggibile sia in pianta, attraverso l'individuazione delle modifiche che hanno subito nel tempo le strutture murarie, che in prospetto in cui spiccano le sopraelevazioni continue che talvolta realizzano difformità tra le altezze dei solai di uno stesso fabbricato.

Il catasto austriaco, datato 1844, non mostra sostanziali modifiche nell'assetto dell'abitato; sono ancora distinguibili i tre nuclei originali e non vi sono nuove costruzioni significative.

Si rileva invece l'ampliamento di alcune delle case più centrali che continuano il loro processo di espansione per far fronte al crescente carico di popolazione.

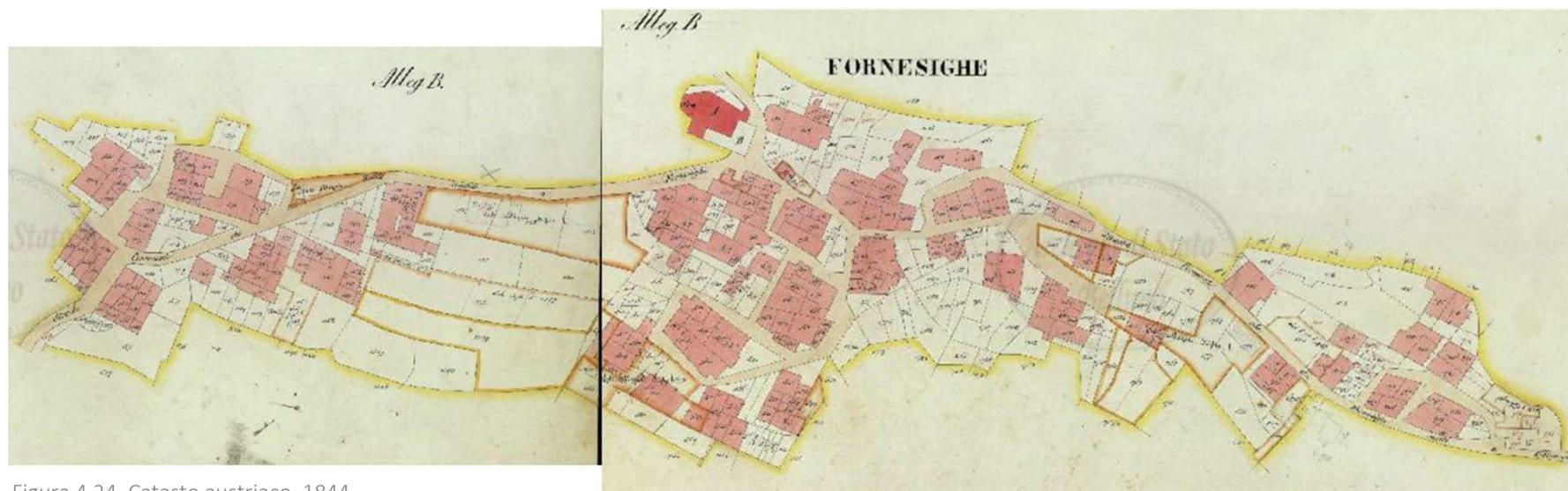


Figura 4.24. Catasto austriaco, 1844
Fonte: Archivio di stato di Belluno

Data la differente tipologia di rappresentazione, da questa è percepibile il grande frazionamento delle proprietà che caratterizza gli edifici; esse costituiscono, quantomeno al pian terreno, parti regolari che vanno a creare insiemi caotici.

Il rilievo successivo del 1921 registra una grande novità dal punto di vista urbanistico; tra il 1910 e il 1914 è, infatti, stata costruita la strada, oggi Provinciale 347, che lambisce il paese e porta a Passo Cibiana. Essa viene realizzata perché funzionale a raggiungere il forte del Monte Rite ultimato nel 1915 e utilizzato nella Prima Guerra Mondiale.

Per quanto riguarda l'abitato, si assiste all'evoluzione del processo visto finora: una densificazione in cui gli spazi vuoti si vanno a saturare per accogliere il picco di popolazione determinato dal rientro degli emigranti dai paesi austro ungarici dopo la prima guerra mondiale.

A prima vista si nota la scomparsa degli spazi cuscinetto tra gli aggregati che si fondono in un unico nucleo; le nuove abitazioni, che rimangono in numero nettamente inferiore a quelle più antiche, seguono uno stile più affine a quello del rifabbrico ottocentesco caratterizzato dalla scomparsa quasi totale degli elementi in legno per prevenire il pericolo degli incendi.



Figura 4.25. Rilievo dell'attacco a terra e del prospetto sud del nucleo centrale di Fornesighe nel 1921, momento di maggior popolosità del paese
Fonte: E. Gellner, *Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988

Le costruzioni preesistenti vengono invece ampliate con lo stesso meccanismo di addizione che le aveva generate, crescendo sia in pianta, fino a fondersi tra loro, che in altezza, arrivando a raggiungere anche sei livelli.

Si assiste inoltre a un aumento dei fuochi per unità abitativa a testimonianza del benessere economico raggiunto dalla comunità che aveva intanto iniziato le migrazioni stagionali.

Gli spazi tra gli edifici si riducono ora al minimo e costringono i passaggi pedonali a transitare spesso all'interno degli spazi di pertinenza degli edifici, tuttavia resistono alcuni cortili interni di uso collettivo.

L'esempio più caratteristico della somma di queste due fasi è Casa Toldo-de Pellegrin che per la sua peculiarità fu oggetto di studio da parte di Gellner che la assume come caso studio nel volume *Architettura rurale nelle dolomiti venete*.

La prima costruzione dell'edificio si può far risalire al 1679, data incisa sulla trave di colmo, con un nucleo centrale di 13x13 m diviso in quattro vani.



Figura 4.26. Vista del prospetto sud di casa Toldo-de Pellegrin
Fonte: E. Gellner, *Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988

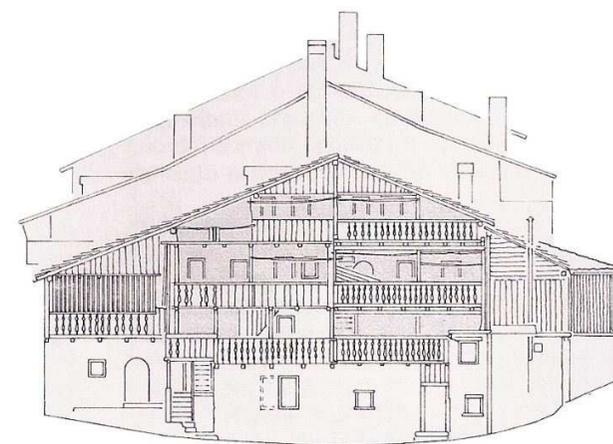


Figura 4.27. Rilievo del prospetto sud di casa Toldo-de Pellegrin
Fonte: E. Gellner, *Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988

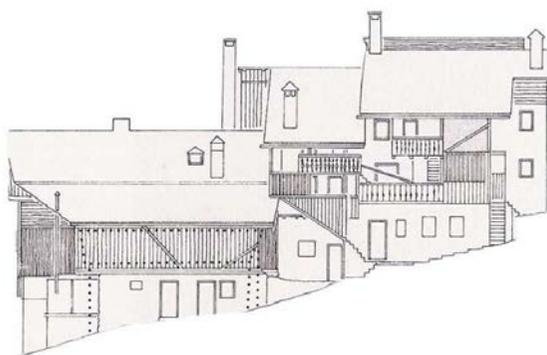


Figura 4.28. Rilievo del prospetto est di casa Toldo-de Pellegrin
Fonte: E. Gellner, *Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988

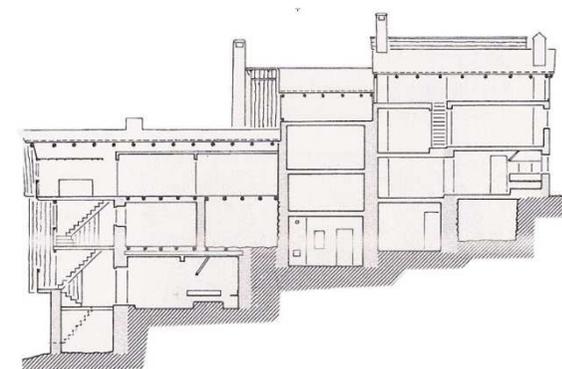


Figura 4.29. Sezione trasversale di casa Toldo-de Pellegrin
Fonte: E. Gellner, *Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988

Da qui l'edificio è cresciuto fino ad accogliere sette unità abitative più vari locali con destinazione pubblica o produttiva ciascuna delle quali con accesso autonomo dall'esterno attraverso profondi ballatoi in legno; oggi in totale si possono contare più di cinquanta ambienti aggregati in modo disordinato e costruiti con tecniche e materiali diversi.

Le murature principali sono costruite in pietra senza una precisa sovrapposizione attraverso i piani, tanto che si riscontrano casi di pareti in falso, salendo di livello la pietra lascia sempre più spazio al legno, impiegato, nei piani più alti, anche per le strutture portanti verticali, mentre solai e partizioni sono sempre in legno.

I ballatoi superano i tre metri di profondità aggettando sulla base in muratura, pur non impedendo mai la penetrazione dei raggi solari della stagione invernale quasi orizzontali, e svolgono la funzione di spazi distributivi ospitando tutti gli accessi ai vani e i collegamenti verticali realizzati con ripidissime scale in anch'esse in legno.

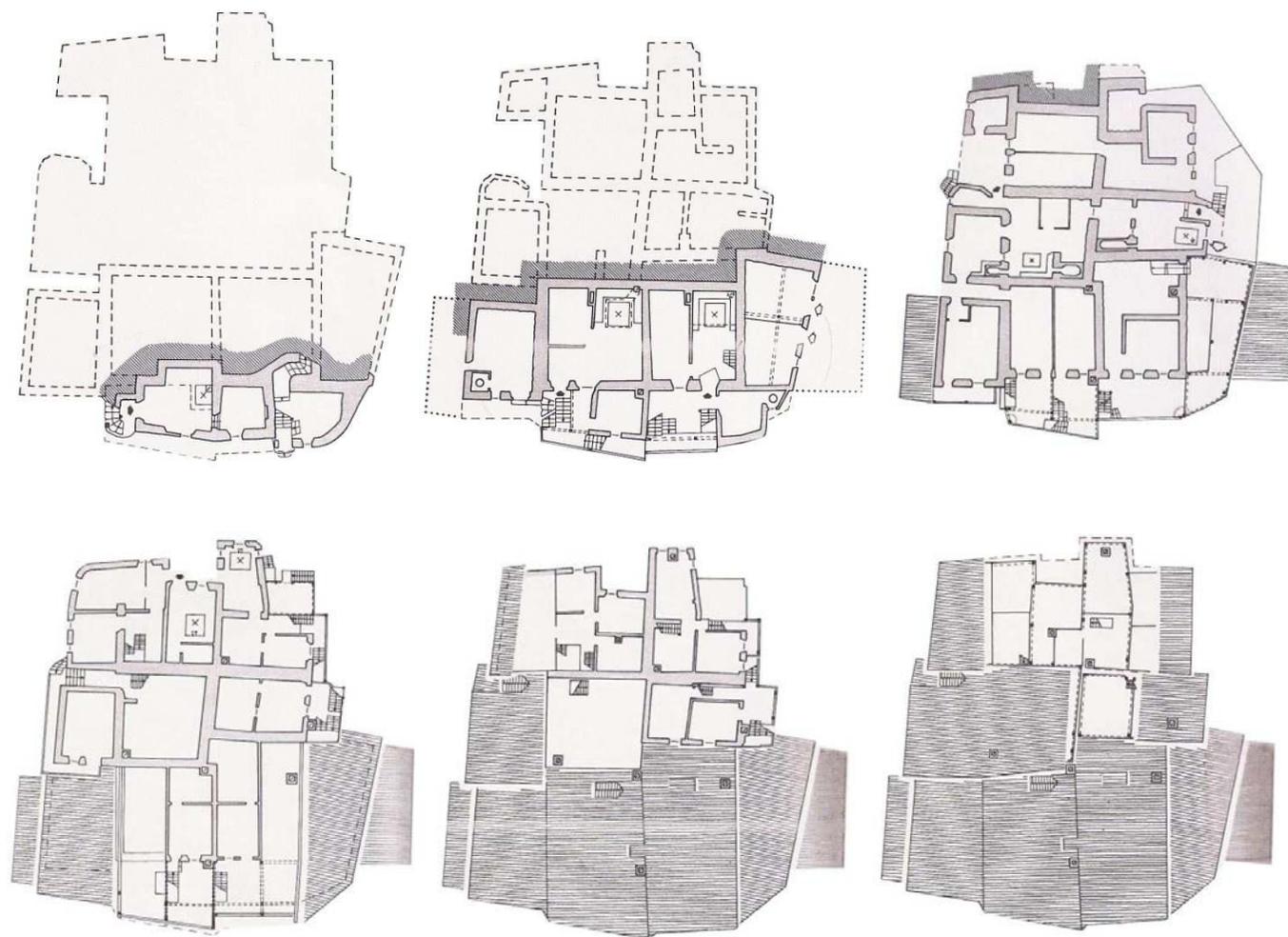


Figura 4.30. Piante di casa Toldo-de Pellegrin

Fonte: E. Gellner, *Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988

La forma che l'edificio assume nella sua interezza è estremamente complessa e articolata in una moltitudine di livelli sfalsati e connessi da rampe. Nel 1976 si rileva che quattro delle sette unità abitative erano ancora in uso mentre alla fine degli anni ottanta l'edificio risulta completamente disabitato; ad oggi alcuni locali sono stati recuperati da associazioni culturali che promuovono la conoscenza del paese.

Il quadro successivo lo presenta Edoardo Gellner che, nel corso degli anni Settanta, ha lavorato a diversi piani urbanistici per il Comune di Forno di Zoldo fino alla definizione, tra il 1976 e il 1980 di un Piano Particolareggiato per Fornesighe.

Va precisato innanzitutto che il momento storico in cui si pone questo strumento urbanistico è del tutto particolare. Come si evince dalla carta di evoluzione storica del costruito (fig. 3.14) il paese si trova in un momento di grande espansione che vede la realizzazione di diversi nuovi edifici nonostante la popolazione residente continui a calare.

Ciò è dovuto al periodo di massimo splendore che stanno vivendo le gelaterie Zoldane all'estero, i cui proprietari, con i guadagni fatti, hanno ancora il piacere di investire sulla propria terra.



Figura 4.31. Schema della viabilità e dei parcheggi del piano Gellner

Fonte: E. Gellner, *Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988

Il fenomeno ha però un rovescio della medaglia e l'edilizia che questa situazione produce non è certo nota per essere delle più sensibili.

In questo contesto Gellner stende un piano che si prefigge di rendere l'insediamento più adatto alla vita moderna, pur senza sradicarne le tradizioni.

Tale processo ha inizio con un'attentissima ricerca analitica, la quale si concretizza nel rilievo di ogni fabbricato, che permette poi di definire interventi ad hoc su ciascuno.

La prima esigenza che viene considerata è quella del traffico veicolare poiché, allo stato di fatto, esiste ancora una sola via carrabile;

strettamente connessa a questa, è necessario risolvere il problema dell'assenza quasi totale di parcheggi.

Il piano prevede quindi la sistemazione della viabilità pedonale con l'esclusione completa del traffico veicolare dalla zona circostante la chiesa, e la realizzazione di un sistema viario carrabile tangenziale parzialmente interrato, connesso a una serie di autorimesse ipogee.

Lo strumento urbanistico include anche una serie di interventi edilizi a scala minore progettando la realizzazione di nuove costruzioni e proponendo alcuni interventi tipo su edifici esistenti.

Allo scopo di promuovere il paese a livello turistico vengono progettati un centro civico e una struttura alberghiera di tipo diffuso nelle immediate vicinanze della chiesa.

A completare il quadro delle nuove costruzioni l'architetto disegna nove nuove residenze da realizzare all'estremità del paese verso Ovest e quattro verso Est.

In merito alle operazioni di recupero Gellner stende a titolo di esempio un progetto su casa Toldo-De Pellegrin con l'idea di attuare un restauro conservativo della parte anteriore esposta a Sud, in quanto testimonianza autentica dell'architettura antica, mentre prevede la demolizione e ricostruzione,



Figura 4.32. Individuazione delle nuove unità edilizie disposte dal piano Gellner

Fonte: E. Gellner, *Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988

mantenendo la sagoma originale, della porzione verso Nord, realizzata nel corso degli anni Venti.

La distribuzione degli spazi interni viene quasi completamente mantenuta, ma razionalizzata e adattata, per quanto possibile, alle esigenze moderne (ad esempio con l'inserimento di servizi igienici interni).

I caratteri tipologici più caratteristici quali i fuochi, i ballatoi e i collegamenti verticali esterni vengono mantenuti fedelmente.

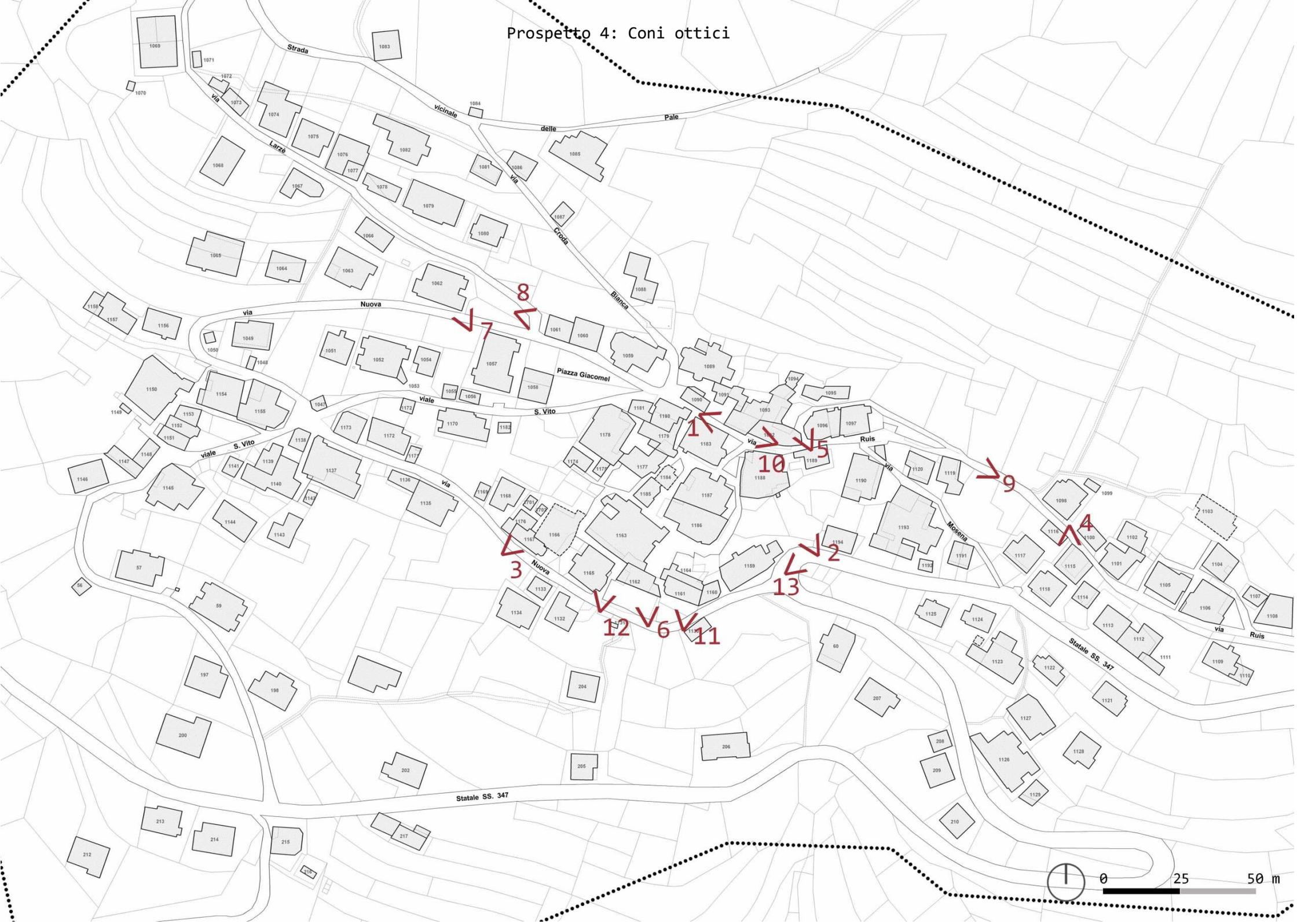
L'ambizioso progetto di Gellner però viene attuato solo in minima parte, e mantiene solo il ruolo di piano regolatore per la definizione degli ambiti atti ad accogliere le nuove costruzioni.

Lo stato attuale non è mutato in modo significativo dalla situazione lasciata da Gellner; lo strumento urbanistico in vigore è il piano particolareggiato del 1998, collegato al PRG del comune di Forno di Zoldo, il quale fornisce in modo dettagliato i gradi di protezione cui ciascun edificio è vincolato definendo una scala di otto livelli: restauro propositivo, ristrutturazione parziale, ristrutturazione globale, demolizione e ricostruzione, demolizione e ricostruzione degli annessi, demolizione senza ricostruzione, interventi puntuali su volumi a garage e nessun grado di protezione. Il piano è generalmente indirizzato a un recupero conservativo del paese e numerosi interventi sono già in atto. Permanendo ancora il problema dei posti auto si rileva una maggior elasticità sulla possibilità di realizzare garage connessi alle abitazioni, motivo per cui è stata destinata una categoria d'intervento autonoma. Nelle tavole di progetto del PRG sono poi individuati due ambiti per le nuove costruzioni indicandone metratura, altezza e tipologia indicativi; al momento non sono ancora stati presentati progetti per nessuno dei due terreni.



Figura 4.33. Rilievo dello stato attuale con numerazione degli edifici svolto in fase di stesura del PP del 1998
Fonte: Comune di Forno di Zoldo

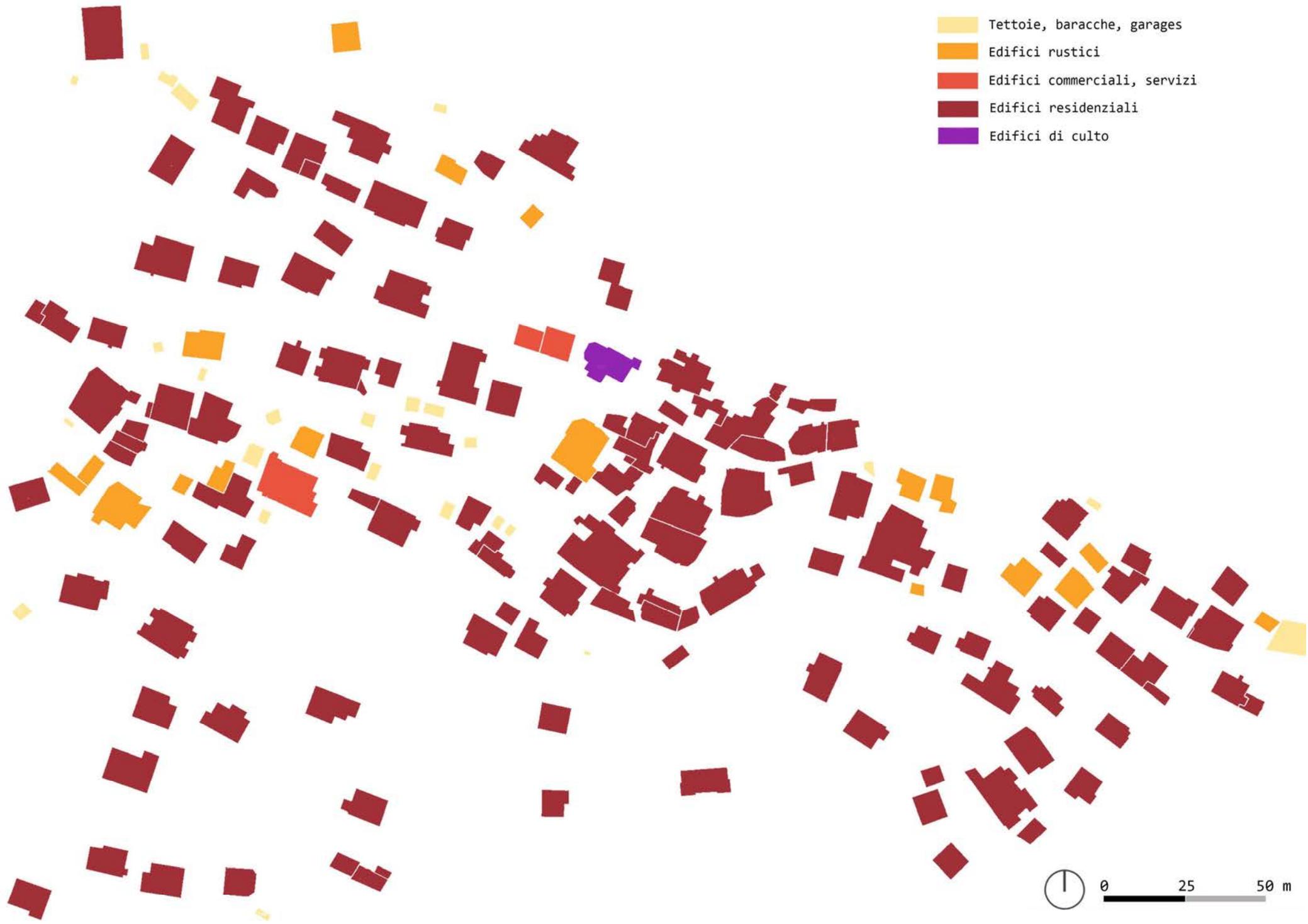
Prospetto 4: Coni ottici



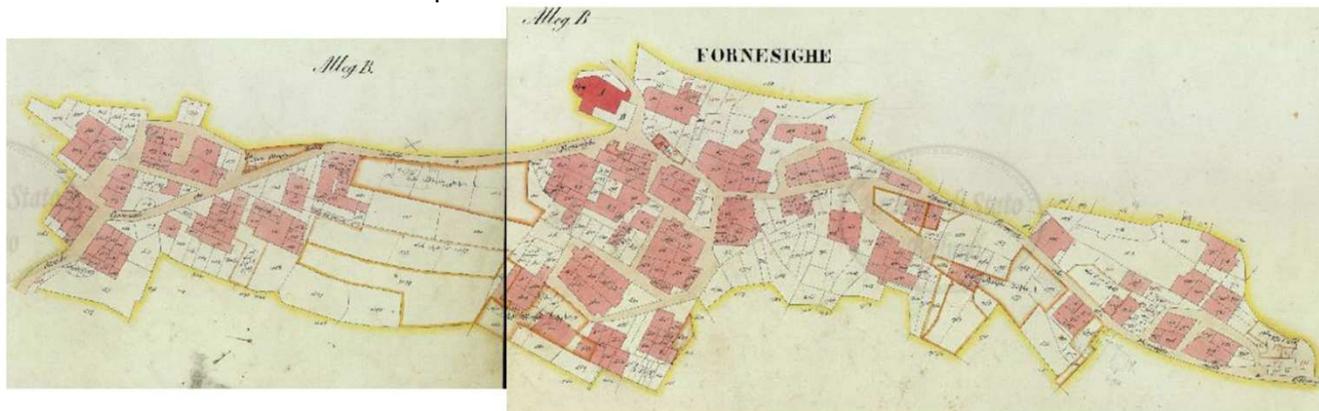
Prospetto 5: Viste fotografiche



Prospetto 6: Destinazioni d'uso degli edifici



Prospetto 7: Confronto tra catasti storici e rilievi recenti



1765 Costruzione della Chiesa

1816 Catasto Napoleonico
- Assetto del paese in tre nuclei

Estratto di mappa dal Catasto Napoleonico 1816



1844 Catasto Austriaco
- Ampliamento degli edifici esistenti

1915 Costruzione della strada statale a scopi militari

1921 Picco di popolazione
Saturazione degli spazi vuoti

1966 L'alluvione della Val di Zoldo distrugge alcune abitazioni

Estratto di mappa dal Catasto Austriaco 1844



Ortofoto 1980

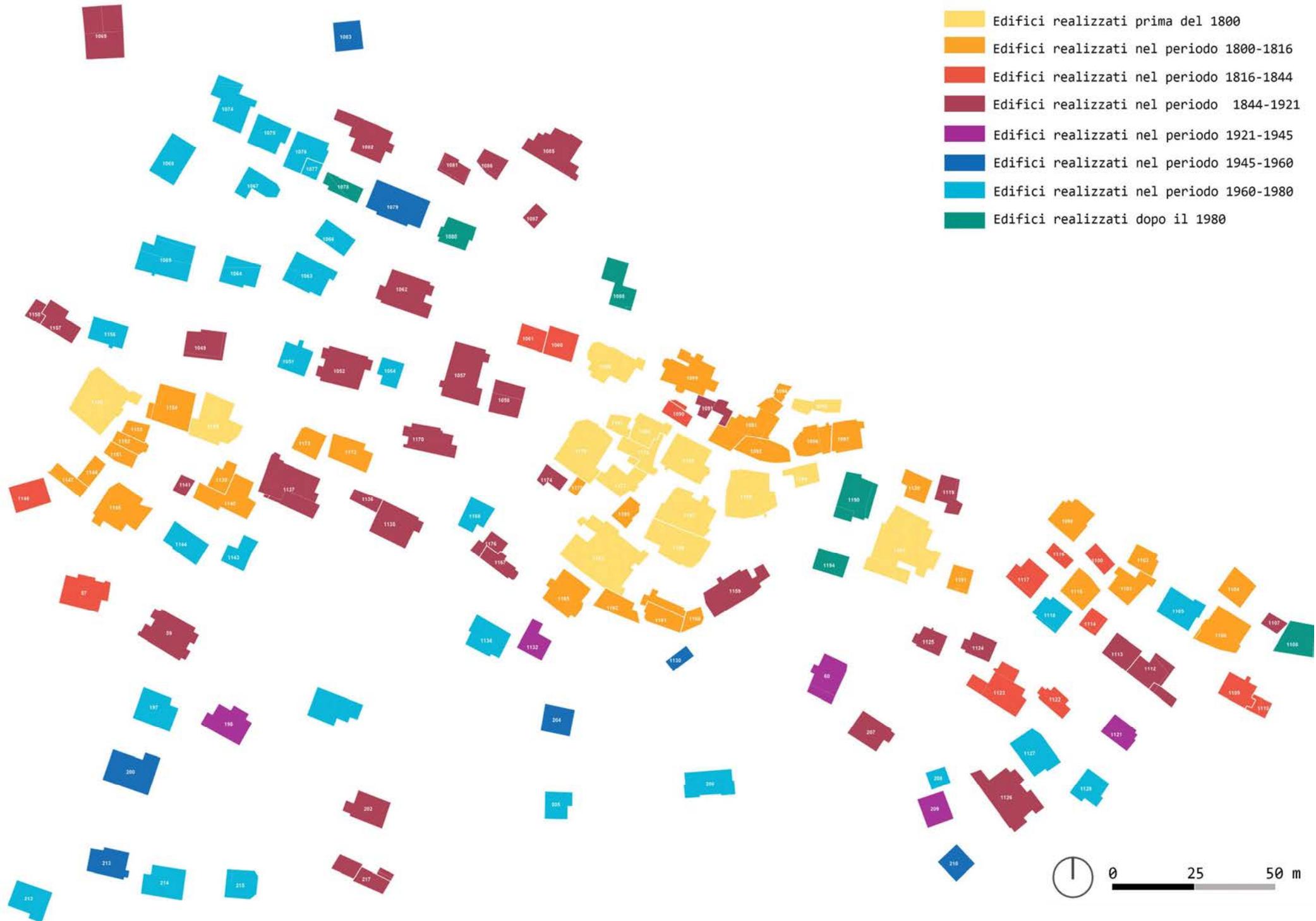


Ortofoto 2009

1960-80 Boom edilizio dovuto al successo dei gelatai all'estero

1976-80 Piano Particolareggiato dell'Arch. Gellmer

Prospetto 8: Ricostruzione dell'evoluzione storica del paese

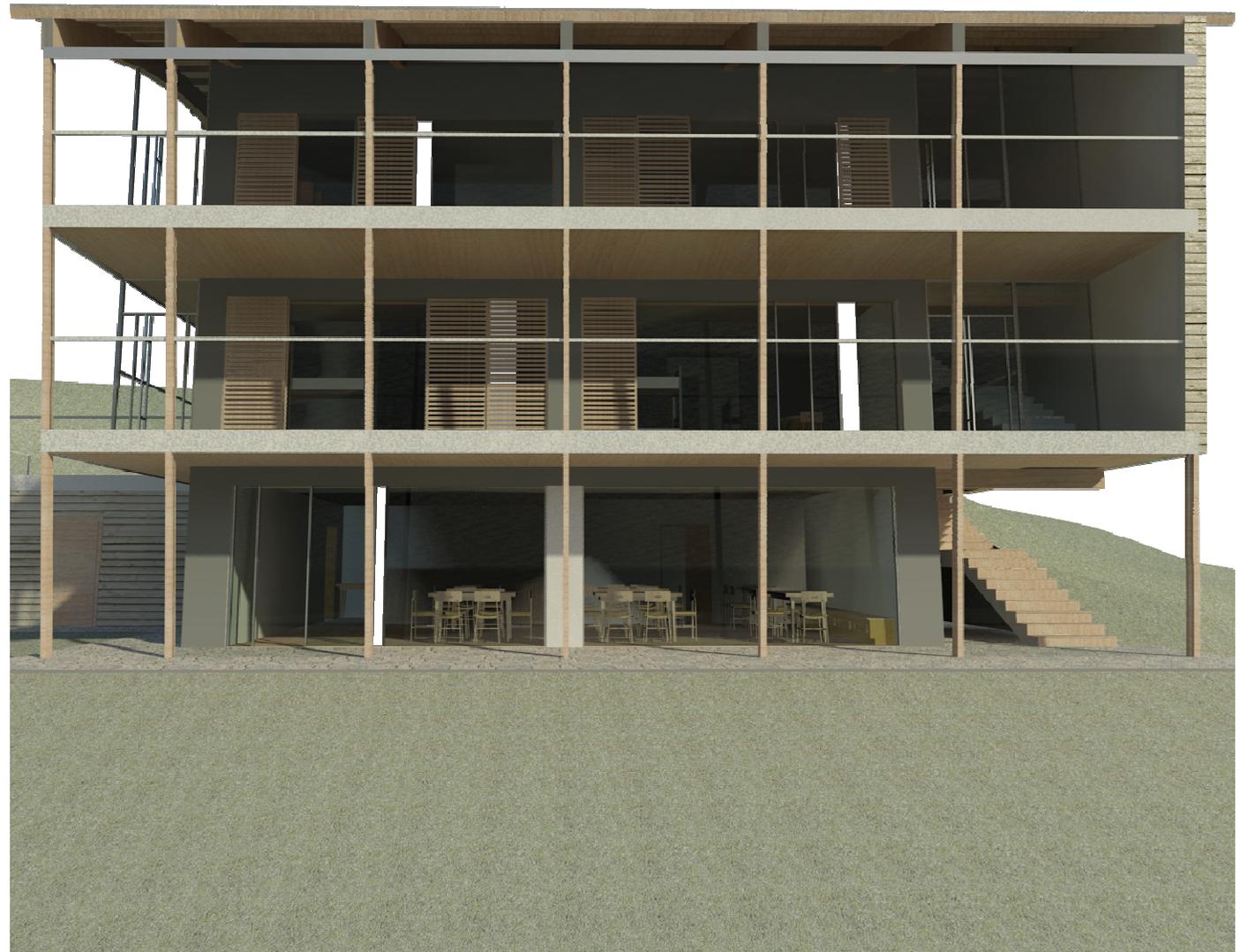


4.4 Bibliografia dedicata

Libri:

- F. Alberti, C. Chiapparini (a cura di), *Cultura e ecologia dell'architettura alpina*, Regione del Veneto, 2011
- E. Arnoldo, *Antiche case e tabià nella Val di Zoldo*, Istituto bellunese di ricerche sociali e culturali, 1990
- V. Ferrario, *Tabià. Recupero dell'edilizia rurale alpina del Veneto*, Regione Veneto, 2006
- E. Gellner, *Architettura rurale delle Dolomiti Bellunesi*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988
- C. Lazzarin, *Zoldo rivisitato*
- P. Lazzarin (a cura di), *La via del ferro*, Comunità montana Cadore-Longaronese-Zoldano, 2001
- A. Lazzarini e F. Vendramini, *La montagna veneta in età contemporanea*, Ed. di Storia e Letteratura, 1991
- F. Mancuso, *Edoardo Gellner. Il mestiere dell'architetto*, Ed. Electa, 1996
- Migliorini, Cuccagna, *La casa rurale nella montagna bellunese*, Ed. L. S. Olschki, 1969

5. Relazione di progetto



5.1 La scelta del sito

Dal momento della prima concezione del presente lavoro di tesi si è posta la volontà di portare avanti il progetto di una struttura ricettiva che potesse diventare parte di un insediamento montano del bellunese.

Lo scopo di tale decisione è quello di avere l'opportunità di confrontarsi con tre diverse tematiche: le condizioni climatiche tipiche della montagna, la tradizione costruttiva del luogo e le dinamiche di un nuovo modello di turismo responsabile.

Il paese di Fornesighe si è dimostrato il nucleo abitato che meglio rispondeva a tali requisiti.

Non poco ha poi contribuito il fatto che, in sede di PRG, fossero stati individuati due lotti destinati ad accogliere nuove costruzioni, elemento che non è facile riscontrare all'interno dei piccoli centri montani caratterizzati da una forte impronta storica.

Fornesighe risulta, infatti, una realtà quasi unica per quanto riguarda il patrimonio edilizio; come si è già avuto occasione di spiegare, infatti, l'insediamento non è stato vittima di nessuno dei due elementi che hanno portato alla cancellazione delle

tracce storiche nella maggior parte dei centri delle dolomiti: gli incendi e i Piani di Rifabbrico.

Oltre ciò, a porre un ulteriore elemento di vanto per il paese, esso è stato studiato a fondo dall'Architetto Edoardo Gellner che, grazie agli scritti, ai disegni e ai grafici che ci ha lasciato, rende maggiormente leggibile la pregevolezza di tale luogo.

Gellner ha inoltre redatto un piano urbanistico particolareggiato per Fornesighe, mettendone così in luce le problematiche e le potenzialità.

Dal punto di vista stilistico, quindi, la scelta di approcciarsi a tale realtà fornisce un grande stimolo, in quanto permette di accostarsi a una ben radicata tradizione costruttiva, dalla quale è possibile imparare molto e, allo stesso tempo, staccarsi attraverso ragionamenti sulla maniera moderna di edificare.

Un'altra considerazione rispetto al valore dell'insediamento sta nel fatto, le cui dinamiche sono spiegate al capitolo 5, che esso è riuscito a sfuggire al fenomeno del turismo di massa, la qual cosa ci permette, oggi, di aprirlo alle dinamiche turistiche di minor impatto che si sono nel frattempo instaurate.

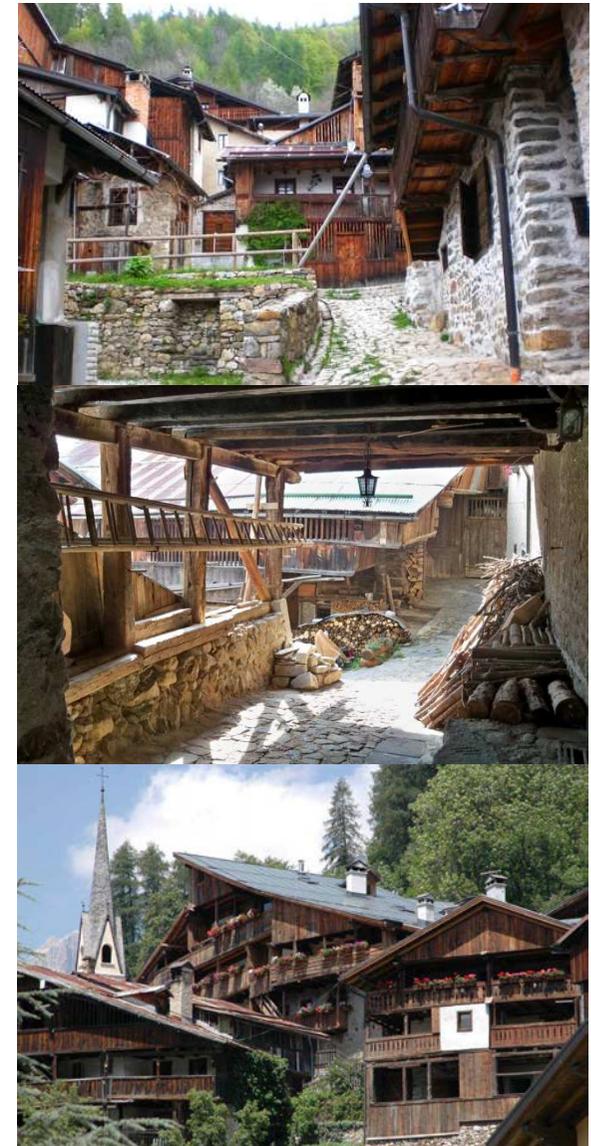


Figura 5.1. Viste del paese di Fornesighe

Nel momento attuale, infatti, in seguito alla riscoperta dell'importanza delle bellezze naturali e delle tradizioni locali, realizzare strutture turistiche all'interno di centri isolati di pregio non significa più stravolgerli e costringerli a un immediato ammodernamento ai fini di guadagni economici, bensì sfruttare la possibilità di far conoscere e condividere i valori del luogo.

In questa direzione la Provincia di Belluno è molto attiva, grazie soprattutto allo slancio fornito dall'istituzione del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi e alla recente dichiarazione da parte dell'UNESCO del valore di patrimonio dell'umanità delle nostre montagne.

Con la suddetta dichiarazione, stilata nel 2011, il territorio montano Bellunese ha assunto un ruolo di rilievo nei confronti della cittadinanza europea e mondiale, mettendo in particolare luce i gruppi montuosi del Pelmo e della Marmolada, ed esportando l'immagine delle Tre Cime di Lavaredo in tutto il mondo.

Per gli abitanti del luogo essere parte di un sistema tanto importante costituisce un onore, ma porta con sé anche una grande responsabilità; sta, infatti, alle popolazioni locali, in primo luogo, garantire la conservazione e la fruizione del proprio patrimonio.

Risulta quindi chiaro come ciò abbia costituito un incentivo ulteriore per la valorizzazione e la salvaguardia del patrimonio territoriale.

Il Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi viene fondato nel 1990 è un'area naturale protetta che si estende per 31,512 ettari, attraversando quindici comuni della Provincia, tra i quali quello di Forno di Zoldo.

La peculiarità di tale ente sta nella volontà di salvaguardare e incentivare la fruizione del territorio considerando sia l'importanza del patrimonio naturale, che quella delle opere dell'uomo ivi comprese.

Tale scopo non viene perseguito attraverso la sola conservazione, ma, al contrario apportando innovazioni responsabili e sostenibili che permettano lo sviluppo di una realtà esistente da secoli.

In questa direzione, ad esempio, un'iniziativa di particolare interesse si è svolta attraverso il recupero delle malghe; che sono state rilevate sia dal punto di vista architettonico attraverso interventi di restauro, che da quello tecnologico, con la dotazione di impianti energetici basati su fonti rinnovabili, che, non meno importante, da quello economico, permettendo così di tenere in vita un'attività antica, non per puro gusto

folkloristico, ma come parte integrante dell'industria provinciale.



Figura 5.2. Logo delle Dolomiti patrimonio dell'UNESCO
Fonte: www.dolomitiunesco.it



Figura 5.3. Logo del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi
Fonte: www.dolomitipark.it

Allo stesso modo l'ente Parco ha svolto operazioni di recupero al fine di garantire la possibilità, specialmente rivolta all'utenza più giovane, di soggiornare.

Fino ad ora sono stati, infatti, realizzati due ostelli per la gioventù di grande valore; il primo realizzato dal restauro industriale delle Miniere di Valle Imperina e aperto nel 2007, situato presso la località di Rivamonte Agordino, e il secondo, presso Cergnai di Santa Giustina, inaugurato quest'anno e ricavato nell'edificio ex casa del custode della centralina idroelettrica di Altanon.

I due si accomunano per la sensibilità alle tematiche del risparmio energetico e dell'ecologia, proponendo ai visitatori un soggiorno sostenibile caratterizzato anche dalla ristorazione che propone piatti locali cucinati con ingredienti rigorosamente a km 0.

Data la posizione geografica si può ritenere che le due strutture svolgano il ruolo di porte verso i complessi montani rispettivamente dell'agordino e del feltrino, risulta quindi chiara la mancanza di una struttura assimilabile all'interno del comprensorio zoldano, pur considerando che esso non è completamente compreso all'interno del perimetro del parco, ma tenendo altresì conto che rappresenta una

delle località fulcro delle escursioni nel bellunese.

Oltre alle due istituzioni di cui sopra riconosciute al livello nazionale e mondiale, andrebbero poi citate una serie di iniziative autonome volte alla riscoperta e alla valorizzazione dei del territorio bellunese.

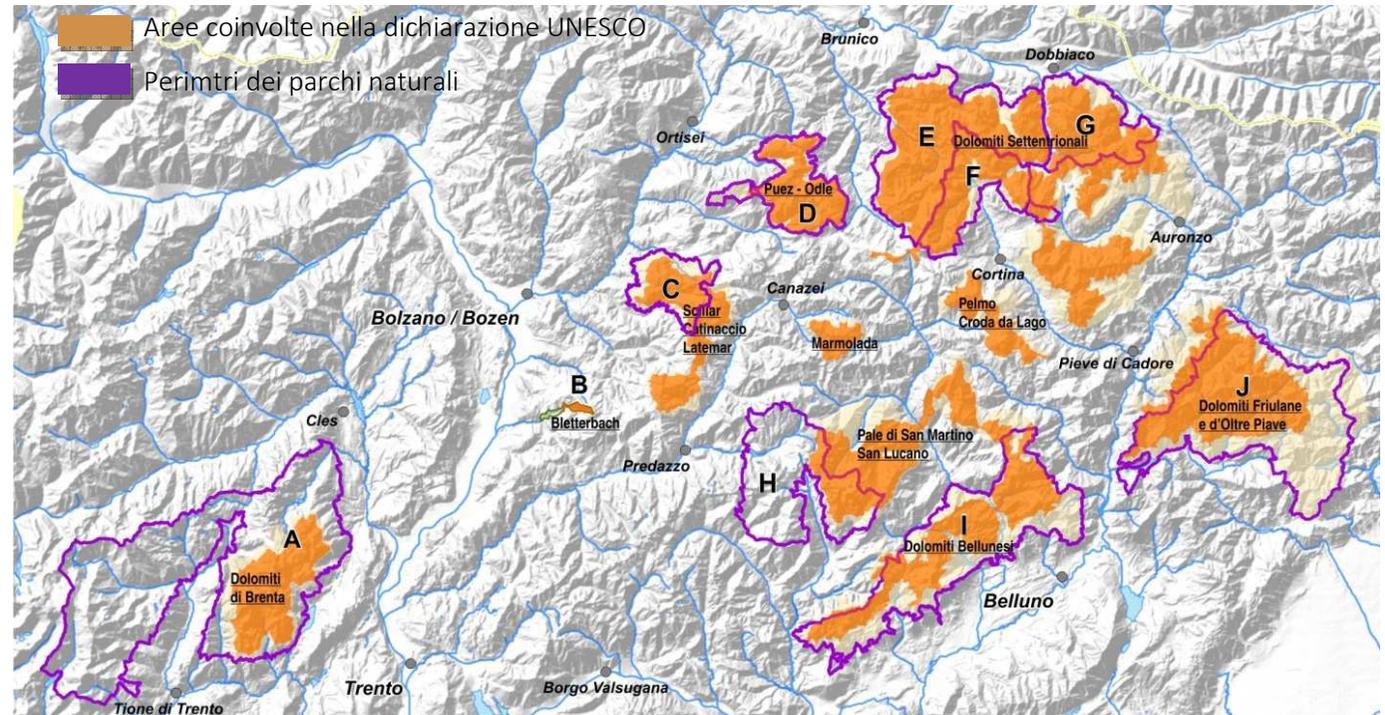


Figura 5.4. Le aree montane dichiarate patrimonio dell'umanità e i parchi naturali; il Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi è contrassegnato con la lettera I

Fonte: www.dolomitiunesco.it

5.1.1 Il contesto climatico

Il comune di Forno di Zoldo rientra nella regione biogeografia alpina che, insieme alla regione continentale e a quella mediterranea, compone il territorio italiano.

Per quanto riguarda la collocazione nell'arco alpino esso rientra nel territorio delle Alpi Orientali, annoverando diverse cime della sezione delle Dolomiti.

A livello provinciale va posta la collocazione nel distretto mesalpico, caratterizzato da elevate precipitazioni annue (1400 mm) uniformemente distribuite da aprile a novembre e da temperature medie annue che si attestano intorno ai 7-8°C.

Dal punto di vista della vegetazione il paese di Fornesighe, posto a 1010 m s.l.m., fa parte della fascia subatlantica, distinta dalla forte presenza del faggio seguita da quella dell'abete bianco e dell'abete rosso.

I dati climatici disponibili, rilevati dalla stazione meteorologica di Forno di Zoldo (848 m s.l.m.) indicano una temperatura media minima annuale di 2,2°C, una media massima di 12,9°C, che, considerate congiuntamente producono una temperatura media annua di 7,4°C, come da prospetto.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic
Temperatura massima media mensile (°C)	0,8	4,6	8,4	12,9	17,7	21,0	23,6	22,9	20,1	14,7	7,1	1,4
Temperatura media mensile (°C)	-3,9	-4	3,4	7,3	11,8	15,2	17	16,4	13,4	8,4	2,9	-2,4
Temperatura minima media mensile (°C)	-7,7	-6,2	-2,0	1,7	5,3	9,0	10,7	10,3	7,9	3,3	-0,8	-5,7

Figura 5.5. Tabella riassuntiva delle temperature medie mensili (serie del 1931-1960)

Fonte: Dati climatici Arpav

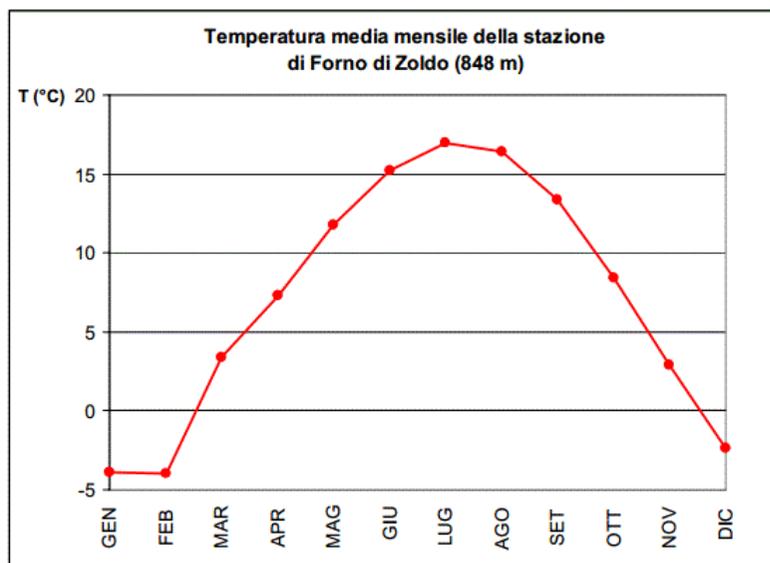


Figura 5.6. Grafico recante l'andamento delle temperature medie mensili (serie del 1931-1960)
Fonte: Dati climatici Arpav

Come si è già accennato la zona è caratterizzata da un'alta piovosità nei mesi che vanno da aprile a novembre, con la presenza di due picchi nei periodi maggio-giugno e ottobre-novembre.

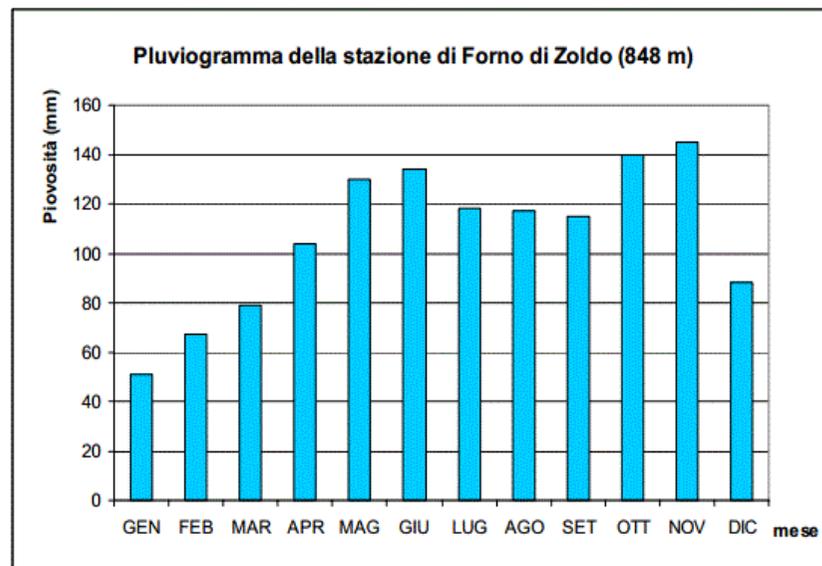
La precipitazione minima rilevata si attesta nel mese di gennaio.

L'umidità relativa dell'aria si rileva mediamente tra il 65 e l'80%.

Non si sono rese disponibili informazioni specifiche sulla direzione dei venti regnanti, ma appare ovvia la presenza di correnti fredde provenienti da nord che caratterizza la stagione invernale.

Tuttavia un'analisi statistica, svolta confrontando le velocità medie mensili dei venti, rileva che la velocità media annua si attesta sui 10,5 km/h, con picchi che non superano di norma i 12 km/h, non costituendo quindi un carattere climatico problematico.

L'esposizione solare del paese risulta favorita dall'orientamento verso sud che caratterizza l'intero insediamento, i dati di irraggiamento disponibili sono relativi a Forno di Zoldo e presentano un valore medio di 3,52 kW/hm² nel corso dell'anno.



Valori medi mensili di precipitazione:

- Gen: 51 mm
- Feb: 67 mm
- Mar: 79 mm
- Apr: 104 mm
- Mag: 130 mm
- Giu: 134 mm
- Lug: 118 mm
- Ago: 117 mm
- Sett: 115 mm
- Ott: 140 mm
- Nov: 145 mm
- Dic: 88 mm

Figura 5.7. Grafico recante l'andamento della piovosità media mensili (serie del 1931-1960) e dati relativi
Fonte: Dati climatici Arpav

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Irraggiamento medio mensile (kWh/m ²)	1,42	2,25	3,39	4,44	5,33	5,78	5,83	4,92	3,72	2,58	1,53	1,11

Figura 5.8. Tabella sul valor medio dell'irraggiamento mensile
Fonte: Archivio climatico ENEA

	Irradiazione solare	Precipitazioni	Temp. media max	Temp. media	Temp. media min	Temp. min estrema	Temp. max estrema	Umidità relativa	Velocità del vento	Giorni di pioggia	Giorni di neve	Giorni di temporale	Giorni di nebbia
	kW/hm ²	mm	°C	°C	°C	°C	°C	%	km/h	/	/	/	/
Gen	1,42	51	0,8	-3,9	-7,7	-16	7	78,53	5,77	0,5	8,3	0	2,1
Feb	2,25	67	4,6	-4	-6,2	-15	12	72,4	7,47	0,6	7	0	1,3
Mar	3,39	79	8,4	3,4	-2	-11	16	64,97	6,9	3	3	0	1
Apr	4,44	104	12,9	7,3	1,7	-4	21	63,9	7,13	7,7	2,2	0,2	1,0
Mag	5,33	130	17,7	11,8	5,3	0	25	60,87	6,5	10,2	0,3	1,0	0,5
Giu	5,78	134	21	15,2	9	3	27	66,13	7,1	13,6	0,0	3,6	0,3
Lug	5,83	118	23,6	17	10,7	5	29	62,93	7,53	14,4	0,0	8,8	0,7
Ago	4,92	117	22,9	16,4	10,3	5	29	67,6	5,63	10,3	0,0	6,7	0,0
Set	3,72	115	20,1	13,4	7,9	1	26	71,9	5,4	9,2	1,2	1,6	0,3
Ott	2,58	140	14,7	8,4	3,3	-3	22	75,8	6,63	6,7	3,2	0,0	1,7
Nov	1,53	145	7,1	2,9	-0,8	-8	14	78,57	6,53	8	4,0	0,0	2,2
Dic	1,11	88	1,4	-2,4	-5,7	-13	8	77,77	4,43	3	8,1	0,0	2,0
Media annuale	3,52	107,33	12,93	7,13	2,15	-4,67	19,3	70,11	6,41	7,26	3,2	1,8	1,1

Figura 5.9. Tabella riassuntiva dei dati climatici

5.2 La scelta della destinazione

La tipologia ricettiva dell'ostello per la gioventù nasce in Germania quando, nel 1909, un professore attua l'idea di ospitare gli studenti in viaggio per l'Europa all'interno delle scuole chiuse per le vacanze estive.

Dopo tale esperienza, lo stesso docente decide di creare il primo ostello riconosciuto, che viene aperto nel Castello di Altena, in Germania, nel 1912.

Da qui il fenomeno si espande a macchia d'olio, anche grazie alla conferenza tenutasi nel 1932, in occasione della quale viene fondata la Federazione Internazionale degli Ostelli per la Gioventù (IYHF dall'acronimo in lingua Inglese).

Oggi si stima che la stessa federazione gestisca una rete di più di 4000 strutture dislocate in 80 paesi del mondo.

La diffusione di tale tipologia ricettiva risulta un metodo efficace per permettere alla fascia di età più giovane della popolazione di visitare e conoscere nuovi luoghi e realtà, sviluppandone così la cultura.

Gli ostelli sono stati realizzati in prima istanza nelle città, nelle quali si manifestava il picco massimo di richiesta, ma ora se ne

sta ampliando la presenza anche in siti legati alle bellezze naturali.

Sul territorio italiano sono attualmente disponibili 163 ostelli interni al perimetro di un parco naturale, la gran parte dei quali volti a promuovere le logiche del turismo sostenibile.

Tra questi solo otto sono localizzati nelle province di Belluno, Trento e Bolzano. Tuttavia diversi enti locali legati al territorio stanno promuovendo questa tipologia anche in montagna, così da proporre una nuova modalità di fruizione, che non sostituisce i rifugi alpini, ma al contrario, ne agevola l'utilizzo, realizzando dei punti di partenza, situati a bassa quota e quindi teoricamente di facile raggiungimento, dai quali è possibile spostarsi verso diverse località attrezzate per l'escursionismo a vari livelli.

Come già accennato sul territorio della Provincia di Belluno sono già presenti due strutture ricettive del tipo ostello per la gioventù, collocate in posizioni che si sono ritenute strategiche quali porte ai comprensori montuosi più interessanti della zona.



Figura 5.10. Ostello Altanon a Santa Giustina
Fonte: www.dolomitipark.it



Figura 5.11. Ostello Val Imperina a Rivamonte Agordino
Fonte: www.dolomitipark.it

La localizzazione di un terzo elemento, posizionato nel comune di Forno di Zoldo, permetterebbe lo sviluppo ulteriore del tentativo, promosso principalmente dal Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi, di realizzare una rete di alloggi a basso prezzo, ma non di bassa qualità, dedicati preferibilmente ai giovani, al fine di incentivare una fruizione più facile ed economica della montagna.

Nella regione Veneto la disciplina per l'esercizio degli ostelli per la gioventù è contenuta nel Testo Unico in materia di turismo, la Legge Regionale n. 33 del 4 novembre 2002.

All'articolo 25 ne viene data la definizione, come strutture extra-alberghiere "che forniscono i servizi minimi ed in possesso dei requisiti previsti all'allegato G attrezzate per il soggiorno e il pernottamento, per periodi limitati, dei giovani e dei loro accompagnatori, gestite, in forma diretta o indiretta, da enti o associazioni riconosciute."

All'allegato G sono invece presenti le dotazioni minime di cui tali strutture devono essere dotate, che vengono individuate in:

- accesso indipendente;
- sala da pranzo
- adeguati servizi igienici e comunque non inferiori a due w.c. a uso dei locali

comuni;

- un w.c. ogni 8 posti letto, con un minimo di un wc per piano;
- un lavabo ogni 6 posti letto con un minimo di due lavabi per piano;
- una doccia ogni 12 posti letto, con un minimo di una doccia per piano;
- adeguato arredamento delle camere comprendente al minimo un letto, una sedia e uno scomparto armadio per persona oltre al tavolino e al cestino rifiuti per ciascuna camera
- telefono a uso degli ospiti;
- cassetta di pronto soccorso come da indicazione dell'autorità sanitaria.

Essi devono inoltre disporre dei seguenti servizi minimi:

- pulizia quotidiana dei locali
- fornitura e cambio della biancheria, ivi compresa quella per il bagno, ad ogni cambio di cliente e comunque almeno una volta alla settimana
- fornitura di energia elettrica, acqua calda e fredda e, ove necessario, il riscaldamento.

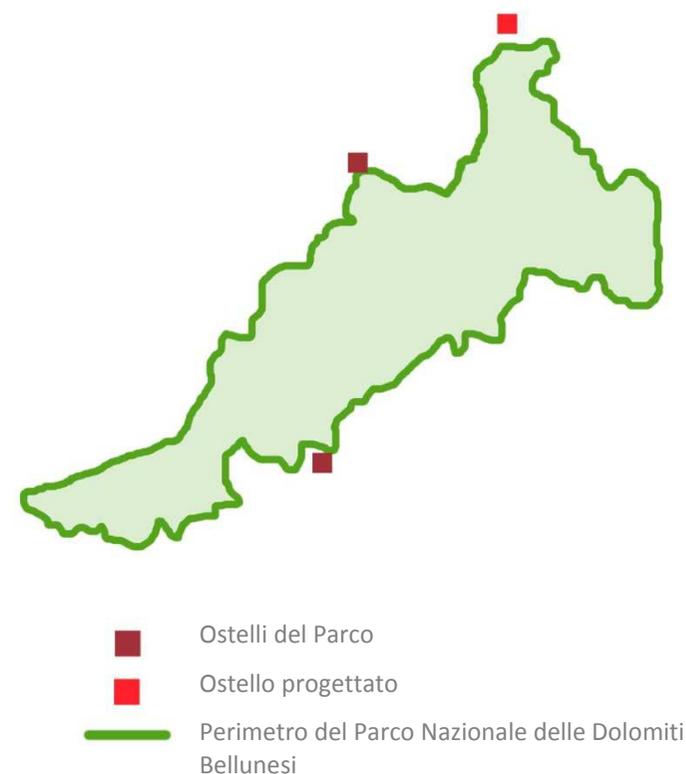


Figura 5.12. Localizzazione degli ostelli del Parco

5.3 Bibliografia dedicata

Libri:

- Associazione italiana alberghi per la gioventù, *Guida agli ostelli in Italia-Guide to youth hostels in Italy 2008*, Ed. Rubbettino, 2007

Studi di settore:

- Regione Veneto, *Piano di gestione della ZPS IT 3230084 "Civetta e Cime di San Sebastiano"*
- Regione Veneto, *Piano Regionale antincendi boschivi*

Siti web:

- Archivio climatico ENEA
- Archivio meteorologico del sito www.ilmeteo.it

5.4 La Forma

Il progetto qui presentato ambisce alla realizzazione di un manufatto che possa soddisfare contemporaneamente tre obiettivi chiave, i quali volgono alla stessa finalità di minimizzare l'impatto ambientale, inteso nel suo senso più generico.

Così assunto, tale concetto comprende una serie complessa di fattori che vanno dal risparmio energetico, alla riduzione dell'inquinamento, fino alla corretta armonizzazione di un edificio nuovo all'interno di un contesto edilizio consolidato.

I pilastri che hanno guidato la ricerca sono tre: l'architettura vernacolare dello Zoldano, i principi di architettura bioclimatica e l'architettura alpina contemporanea.

Tali discipline possono sembrare, a un primo sguardo, assolutamente distanti tra loro; ma a un'analisi maggiormente approfondito risulta chiara la presenza di elementi che le lega.

L'architettura bioclimatica e quella tradizionale condividono la relazione profonda con il contesto, a sua volta l'architettura bioclimatica e quella contemporanea alpina hanno in comune la

volontà di sfruttare le energie gratuite e rinnovabili, e, infine l'architettura vernacolare e quella contemporanea nell'ambito alpino concordano nel portare avanti un complesso rapporto tra tradizione e innovazione.

Alla luce di tali considerazioni si può affermare che solo la verifica congiunta dei requisiti proposti dalle tre famiglie di approcci all'architettura consente di giungere a una progettazione completamente consapevole e responsabile di un nuovo edificio in ambito montano.

In prima battuta si è quindi proceduto ad estrapolare i principi direttori che ciascuna disciplina indica, e si è scoperto che buona parte sono condivisi.

La progettazione ha poi cercato, compatibilmente con le caratteristiche del luogo, di realizzarne il maggior numero, grazie anche a una serie di strumenti multidisciplinari quali l'uso di software per il calcolo energetico e la modellazione BIM, che risultano utili al fine di non perdere di vista la complessità degli obiettivi in gioco.

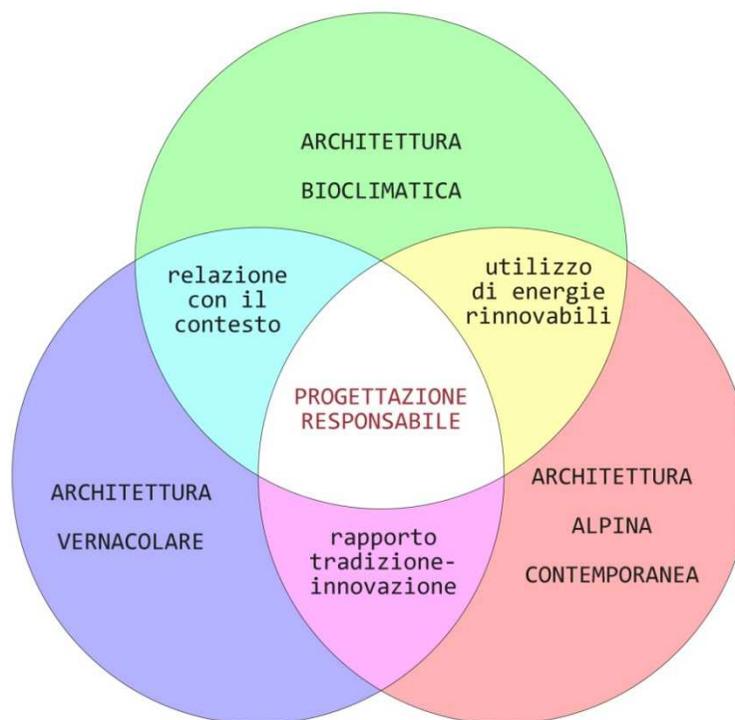


Figura 5.13. Il rapporto tra i principi fondamentali

Prospetto 9: Tradizione e innovazione in ambito alpino

Architettura tradizionale alpina



Volume compatto
Presenza di ballatoi
Adattamento alla morfologia del terreno
Parziale interrimento
Orientamento favorevole

Doppio involucro
Materiali locali
Tecniche tradizionali
Strutture pesanti e leggere

Sfruttamento delle energie naturali
Tappo termico nel sottotetto
Materiale addossato alle pareti
Ballatoi esposti a sud
Assenza di aperture a nord

Architettura contemporanea alpina



Volume compatto
Presenza di grandi superfici vetrate
Forma pensata per la difesa da venti e precipitazioni
Parziale interrimento
Orientamento favorevole

Forte coibentazione dell'involucro
Materiali ad alte prestazioni
Tecniche di prefabbricazione
Strutture leggere a secco

Sfruttamento delle energie rinnovabili
Utilizzo di materiali coibenti
Isolamento di tutto l'involucro
Componenti vetrate a sud
Guscio di protezione a nord

FORMA

TECNOLOGIA

STRATEGIE
ENERGETICHE

Come accade per tutte le parti che compongono il progetto, la forma che si è creata ha origine da alcuni ragionamenti sul patrimonio architettonico tradizionale della montagna bellunese e da altri in merito alle impostazioni suggerite dai principi di architettura bioclimatica.

Nel suo complesso la costruzione assume un assetto a doppio involucro, caratterizzato da una pelle interna di forma rigida e regolare, progettata per segnare il limite fisico degli locali di fruizione, e un guscio esterno, il quale avvolge la costruzione con linee maggiormente organiche pensate per rispondere al meglio al contesto climatico.

Tra le due vengono a crearsi su tre lati gli spazi di collegamento e distribuzione, racchiusi in una serra solare, e sull'ultimo, esposto a nord, un tappo termico, dotando in questo modo l'edificio di uno spazio volto a catturare e trattenere l'energia su tutti i fronti.

Per la realizzazione dell'involucro interno, il riferimento storico preponderante è quello del *tabià* nel suo sviluppo come edificio isolato, derivante dalla tipologia di casa antica cadorino-zoldana, in quanto in esso è stato possibile riscontrare il maggior numero di accorgimenti volti a sfruttare il clima esterno in favore delle condizioni climatiche interne.

Partendo da ciò è stata realizzata una struttura semplice, caratterizzata da una pianta rettangolare, e ridotta al minimo che si ripete in maniera analoga per tre livelli.

Il piano tipo prevede un fronte serrato verso nord (che risulta addirittura interrato al piano terra), ed estremamente permeabile a sud, così da massimizzare i guadagni solari e ridurre le perdite di calore.

Tale accorgimento mette d'accordo entrambi i riferimenti che hanno guidato il progetto in quanto, come si è già avuto modo di spiegare, l'orientamento solare dell'edificio all'interno del lotto è uno dei principi fondanti dell'architettura bioclimatica, così come, nell'edilizia tradizionale, le residenze presentano la riduzione al minimo delle aperture sul prospetto affacciato a settentrione, il quale inoltre è spesso interrato, incastonandosi nella pendenza naturale del terreno.

In questo modo tutte le funzioni principali dell'ostello trovano posto all'interno di una scatola dalla forma compatta e rigida, da cui sfuggono solo i locali tecnici e i collegamenti verticali.

Al piano terra l'ingresso conduce direttamente alla sala da pranzo, collegata a sua volta al bar e ai servizi igienici, divisi tra donne, uomini e portatori di handicap e

preceduti da un antibagno provvisto di lavandini.

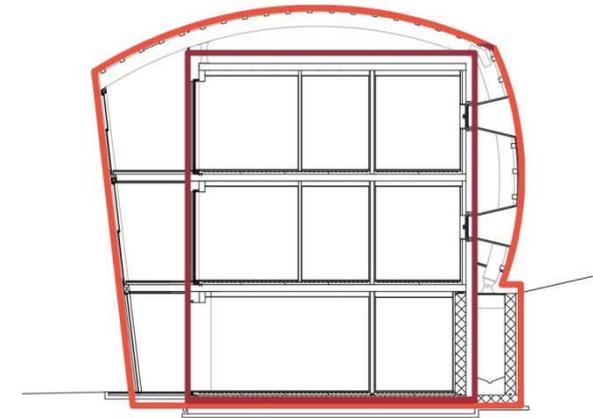


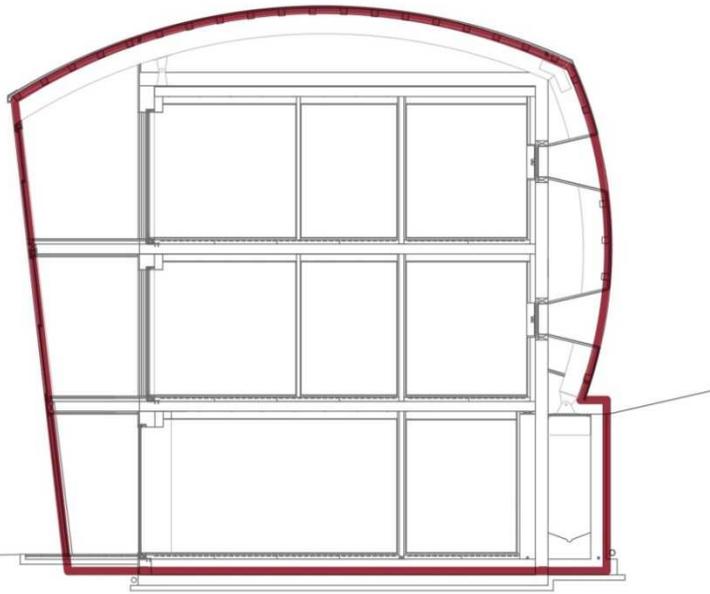
Figura 5.14. La struttura a doppio involucro

Prospetto 10: Il doppio involucro

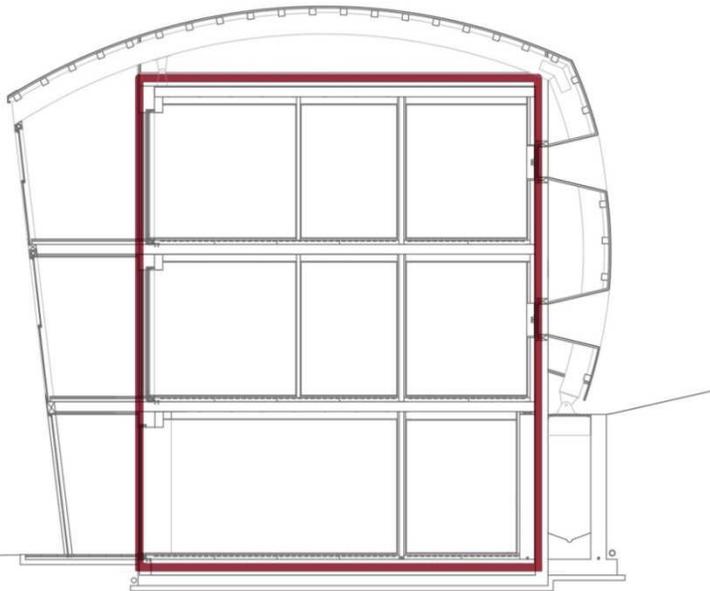
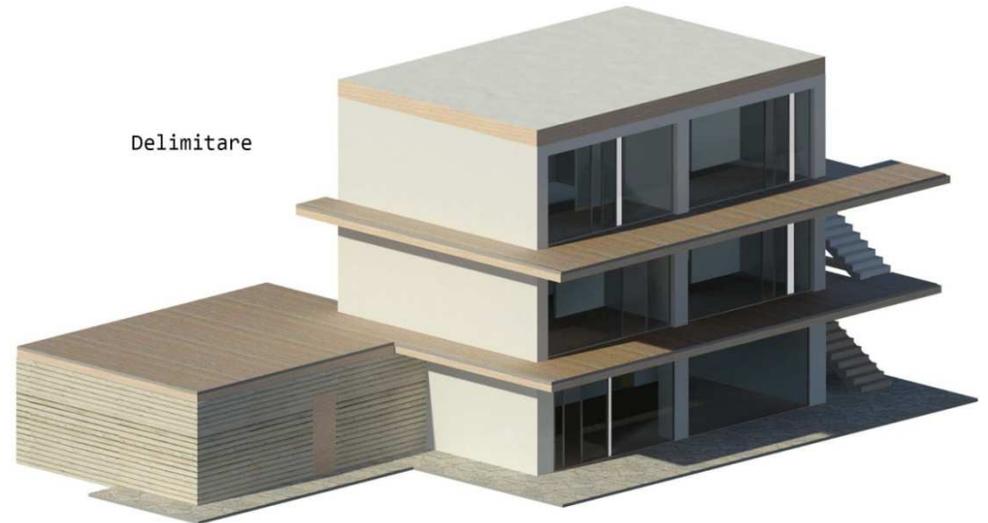
NORD Proteggere



SUD Captare calore



Delimitare



Il numero di posti a sedere ai tavoli eccede di dieci unità rispetto i posti letto, perché si prevede di poter promuovere la struttura perché sia usata anche come punto di ristorazione, motivo per cui la sala è stata dotata di una cucina dalle dimensioni importanti.

Ai piani superiori si trovano invece le camerate, con un numero di letti variabile da sei a otto, con i rispettivi servizi; ciascuna camera dispone di due bagni completi, composti da lavandino, water, bidet e doccia, più un antibagno con i soli lavandini.

I due livelli superiori si distinguono solo per un un elemento, piccolo, ma di rilievo, al secondo piano è, infatti, stata disposta una camerata accessibile ai portatori di handicap, che è solitamente difficile trovare nell'edilizia ricettiva di tipo rifugio escursionistico o ostello per la gioventù, in genere per motivi legati all'economia di spazio.

Tale ambiente è stato accuratamente dimensionato in modo da assicurare una facile fruizione da parte di persone su sedia a rotelle o con abilità motorie ridotte, garantendo gli appositi spazi di manovra, e di persone non vedenti, organizzando lo spazio in maniera maggiormente fluida e lineare.

Come si può notare, infatti, l'ingresso alla stanza, lo spazio lasciato libero al centro, e il servizio igienico dedicato, si trovano in linea retta, così da risultare estremamente semplici da comprendere e utilizzare.

In questo modo sono stati risolti i volumi principali, rinchiusi in un volume compatto e regolare, per minimizzarne le dispersioni termiche.

Tutte le superfici dell'involucro interno risultano piane e ad angolo retto tra loro, compresa la prima copertura.

Per conservare la purezza della forma si è scelto di collocare tutti gli ambienti di servizio in un volume attiguo, ma formalmente separato, da quello dell'ostello.

A tale scopo, sul lato ovest, arretrato rispetto alla costruzione principale, è stato progettato un volume per la gran parte incassato nel pendio, entro cui trovano spazio la cucina con la relativa dispensa, dimensionate per poter servire tre pasti completi a tutti i commensali, un piccolo spogliatoio e un servizio igienico per i dipendenti, un locale lavanderia e un vano tecnico dentro cui sono sistemati gli impianti per il riscaldamento e la fornitura di acqua calda sanitaria.

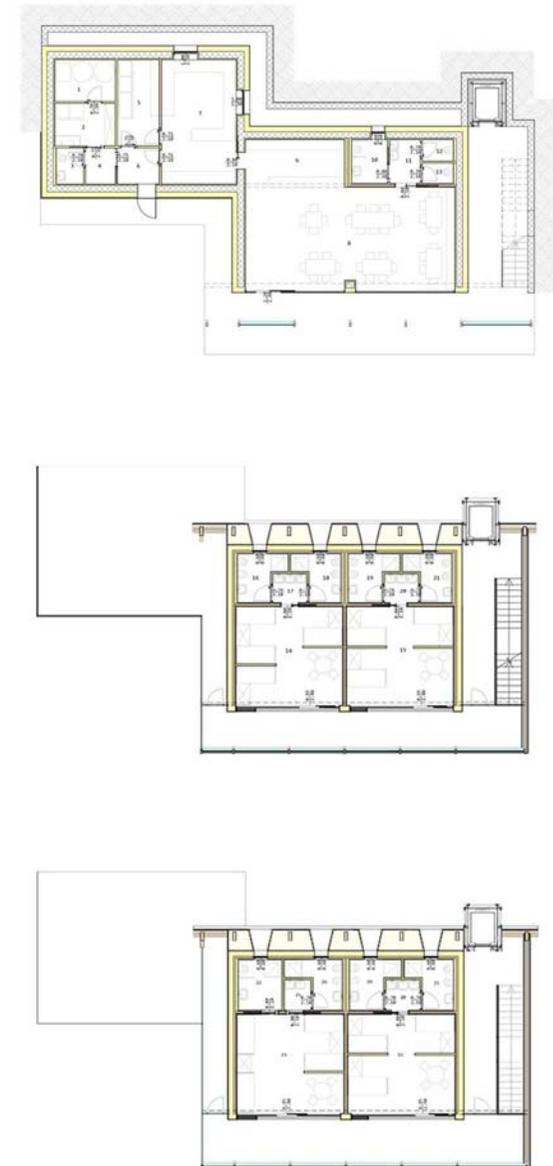


Figura 5.15. Dall'alto: pianta piano terra, primo e secondo

Abaco dei locali:

1. Locale tecnico	5,6 m ²	14,3 m ³
2. Lavanderia	5,7 m ²	14,6 m ³
3. Bagno	2,3 m ²	5,9 m ³
4. Antibagno	2,4 m ²	6,1 m ³
5. Dispensa	8,0 m ²	20,5 m ³
6. Ingresso	3,4 m ²	8,6 m ³
7. Cucina	20,5 m ²	52,2 m ³
8. Sala da pranzo	50,0 m ²	127,4 m ³
9. Bar	10,9 m ²	27,7 m ³
10. Bagno	3,5 m ²	8,8 m ³
11. Antibagno	3,3 m ²	8,4 m ³
12. Bagno	1,6 m ²	4,0 m ³
13. Bagno	1,6 m ²	4,0 m ³
14. Camera	24,1 m ²	61,5 m ³
15. Camera	24,1 m ²	161,5 m ³
16. Bagno	4,6 m ²	11,6 m ³
17. Antibagno	2,3 m ²	5,9 m ³
18. Bagno	4,6 m ²	11,6 m ³
19. Bagno	4,6 m ²	11,6 m ³
20. Antibagno	2,3 m ²	5,9 m ³
21. Bagno	4,6 m ²	11,6 m ³
22. Ballatoio	45,80 m ²	
23. Terrazza	65,38 m ²	
24. Camera	24,1 m ²	61,5 m ³
25. Camera	24,1 m ²	161,5 m ³
26. Bagno	5,0 m ²	12,8 m ³
27. Antibagno	1,7 m ²	4,3 m ³
28. Bagno	4,6 m ²	11,7 m ³
29. Bagno	4,6 m ²	11,6 m ³
30. Antibagno	2,3 m ²	5,9 m ³
31. Bagno	4,6 m ²	11,6 m ³
32. Ballatoio	55,28 m ²	

Al di sopra di tali ambienti, i quali occupano un solo livello, è stata disposta un'ampia terrazza accessibile dal ballatoio del primo piano, il cui orientamento a sud-ovest garantisce la migliore insolazione nelle ore pomeridiane.

Così come vuole la tradizione, i collegamenti verticali sono stati disposti sugli ampi ballatoi, che costituiscono lo spazio filtro su tre dei lati dell'edificio.

Distaccandosi lievemente da quanto suggerito dall'architettura vernacolare, però, in questo caso le scale sono state collocate in adiacenza del fronte est, in modo da non costituire un ostacolo alla penetrazione della radiazione solare da sud.

Anche in questo caso il dimensionamento dei ballatoi ha seguito regole di ordine bioclimatico, già intuited e sperimentate dai costruttori di un tempo; l'estensione degli aggetti, infatti, è calcolata in modo da lasciar passare in profondità i raggi solari invernali bassi sull'orizzonte, che in questo contesto assumono un'inclinazione di circa 20° durante il solstizio d'inverno, e, nel contempo bloccare quelli estivi alti nel cielo, che assumono qui formano un angolo con l'orizzonte di 67° il 21 di giugno.

Tale accorgimento permette di utilizzare al meglio le grandi vetrate esposte a sud che sono così in grado di massimizzare i

guadagni solari nella stagione invernale pur non causando fastidiosi surriscaldamenti in estate.

L'involucro esterno è caratterizzato da una forma particolare, pensata per trasformare l'edificio in una macchina in grado di accumulare e trattenere calore.

Questa porzione dell'edificio si distacca completamente dalle regole di composizione proposte dall'edilizia vernacolare, seguendo maggiormente gli esempi proposti dall'architettura alpina contemporanea, in particolare nell'ambito dei rifugi alpini hi-tech.

Per rispondere al meglio alle condizioni microclimatiche, che risultano diversificate in funzione dell'orientamento, si è scelto di disegnare un involucro differenziato per ciascun punto cardinale, in base alle esigenze cui ciascun affaccio deve rispondere.



Figura 5.16. Fotografie di alcuni rifugi alpini hi-tech, dall'alto: Monte Rosa Hutte, Rifugio Gouter, Rifugio Gonella
Fonte: Sito CAI

Alla parete rivolta a nord è stato quindi assegnato il ruolo di trattenere il più possibile il calore, mentre l'affaccio sud ha il compito di catturarlo in modo passivo; la copertura svolge una mansione intermedia in quanto risulta ben coibentata, ma allo stesso tempo, nella sua parte maggiormente colpita dal sole, dispone di sistemi attivi per la captazione della radiazione solare (pannelli solari termici e fotovoltaici).

Le altre pareti non presentano particolari esigenze, e sono state trattate in funzione del loro rapporto con i collegamenti verticali e gli spazi di distribuzione: a est è stata modellata una parete piena per racchiudere il vano scala e renderlo meno esposto alle condizioni esterne, mentre verso ovest, per permettere un'agevole fruizione della terrazza ricavata sopra i locali tecnici, non è stata prevista alcuna chiusura verticale addizionale.

La copertura si sviluppa come un guscio esterno, che racchiude sia la parte sovrastante l'ultimo orizzontamento, che l'intera facciata nord.

In questo modo svolge il ruolo di protezione nei confronti delle parti maggiormente critiche dell'edificio, in quanto esposte all'attacco dei venti freddi provenienti da monte.

In corrispondenza delle aperture realizzate sulla parete nord, il manto di copertura si ripiega su se stesso e crea delle strombature che permettono alle piccole finestre di raccogliere al meglio la luce diffusa.

In questo modo i due livelli che emergono dal terreno verso settentrione sono trattati con un unico manto di copertura metallico, che si lascia bucare solo in corrispondenza delle piccole finestre dei servizi igienici delle camere e per lasciar fuoriuscire il vano ascensore completamente vetrato.

Lo spazio ricavato tra la pelle esterna e le superfici interne è colmato tramite un riempimento in paglia pressata, un materiale coibente naturale oggi disponibile sul mercato in forma di pannelli pressati.

L'idea di utilizzare tale tecnologia deriva direttamente dal modo di costruire tramandato attraverso l'architettura tradizionale; come già spiegato nel capitolo dedicato, infatti, solitamente il sottotetto dei *tabià* viene utilizzato come fienile proprio allo scopo di realizzare un tappo termico tra il tetto e l'ultimo orizzontamento.

La forma della copertura è stata sviluppata secondo osservazioni di vario genere, le quali, prese congiuntamente, hanno portato a scegliere l'assetto qui presentato.

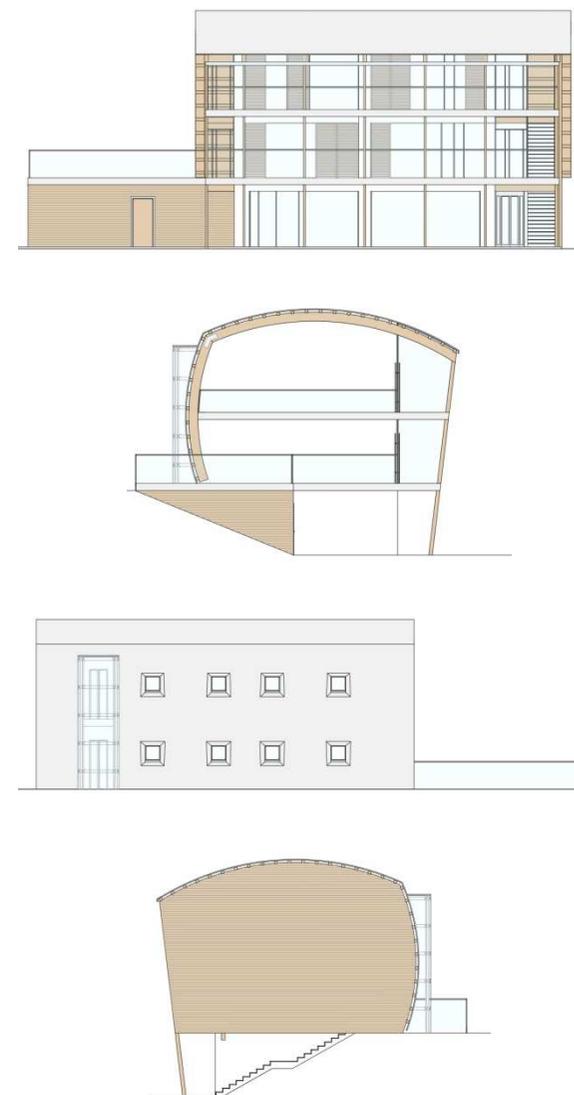
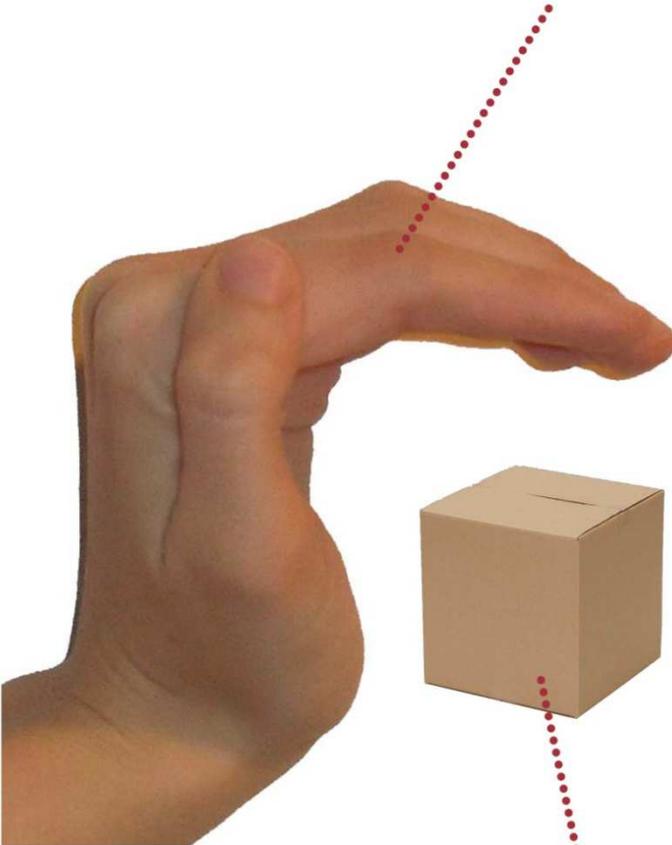


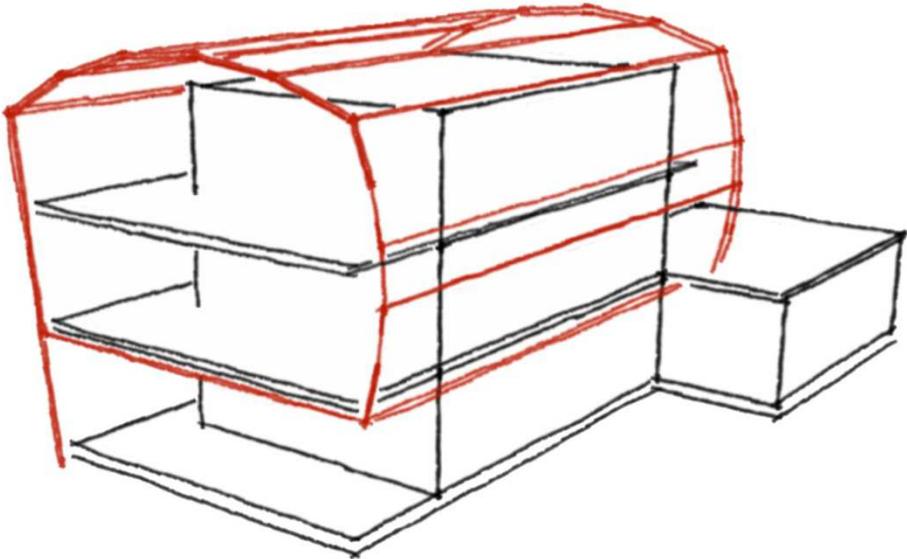
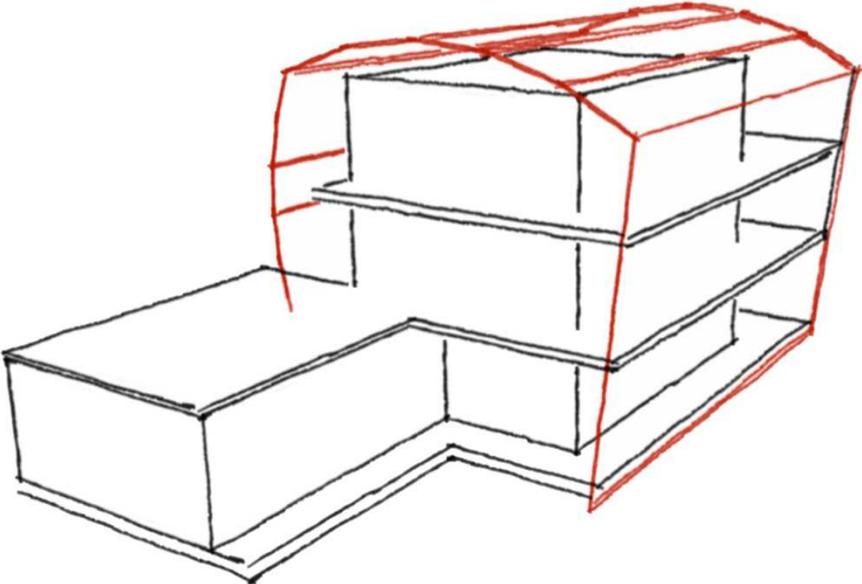
Figura 5.17. Dall'alto prospetto sud, ovest, nord ed est

Prospetto 11: Il concept

Involucro esterno
protezione



Involucro interno
chiusura



Geometricamente la forma è generata dall'estrusione di un profilo creato dall'intersezione di due archi di cerchio, che trovano i loro centri nel punto medio della parete opposta rispetto a quella su cui sono impostati.

L'idea che si è voluta suggerire attraverso tale assetto è quella di protezione, volendo intendere in senso letterale il concetto di rifugio, il riferimento formale in tale direzione è stato colto dalla forma di una mano umana nell'atto di coprire qualcosa al di sotto.

Dall'osservazione di tale profilo deriva una forma spezzata in due archi, uno dei quali coincidente con il palmo, e l'altro individuato dalle dita.

Per la verifica di tale suggestione, in primo luogo si è proceduto a considerazioni di ordine energetico, che hanno reso chiaro quanto fosse importante disporre di una falda esposta a sud, in quanto i rendimenti dei pannelli solari e fotovoltaici muta sensibilmente qualora essi siano esposti verso gli altri punti cardinali; ciò ha portato alla definitiva rottura con le forme della tradizione, le quali vorrebbero un tetto a due falde orientate est-ovest.

Inoltre la struttura smaltisce in modo efficace le precipitazioni; in questo senso l'arco ribassato risponde bene sia all'attacco dei venti, che trovano una

superficie poco inclinata capace di accompagnarli anziché opporvisi, che al carico da neve, poiché la prima parte scivola facilmente verso il basso, mentre l'accumulo rimanente si posiziona in corrispondenza degli appoggi.

Per quanto riguarda invece le piogge, molto copiose nella stagione estiva, la forma sviluppata permette lo scolo naturale delle acque piovane, senza la necessità di disporre di un sistema di gronde.

La parete opposta, affacciata a sud, è stata trattata con l'idea di realizzare una membrana che potesse mutare sfruttando al meglio le condizioni sia estive che invernali.

Da questo si è giunti al progetto di una parete inclinata interamente vetrata che può essere convertita in serra solare.

Ciò è possibile grazie alla disposizione di un serramento esterno scorrevole di tipo a ghigliottina, manovrato da un motore posto superiormente, in maniera analoga a quanto si realizza tipicamente per chiudere le terrazze dei locali pubblici nella stagione invernale.

La struttura è pensata per poter essere sfruttata come serra solare nella stagione invernale, attraverso la disposizione del vetro a tutta altezza, mentre in estate, per evitare il surriscaldamento degli ambienti e poter godere maggiormente dell'ambiente

esterno, è possibile far scendere la porzione superiore di vetro così da renderla coincidente con il solo parapetto anticaduta.

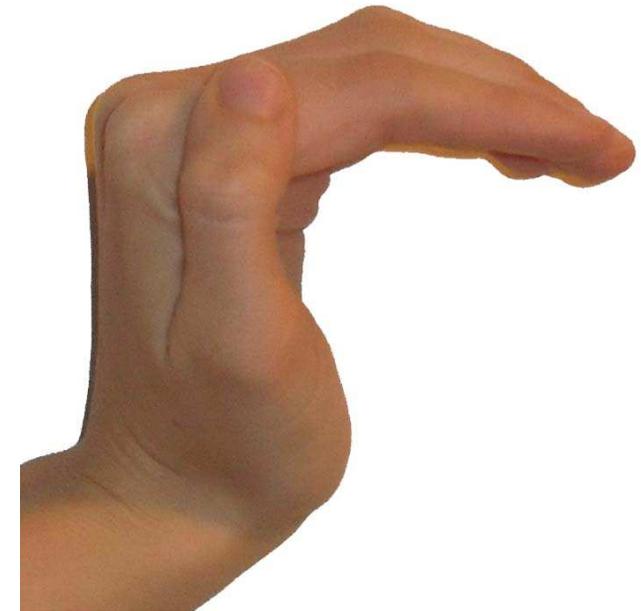


Figura 5.18. La mano umana come simbolo di rifugio

Si è inoltre pensato a un accorgimento per rendere l'infisso del serramento meno evidente possibile; i profili verticali sono stati incassati nei montanti in legno 8x15 cm che li sorreggono lateralmente, mentre, per nascondere quelli orizzontali, si sono disposte delle fasce metalliche che corrono lungo tutta l'estensione del prospetto, così da coprire, oltre all'infisso, il profilo dei solai interpiano e i motori per l'azionamento del meccanismo sali-scendi. L'unica porzione di infisso che rimane quindi esposta alla vista è quella orizzontale centrale, che svolge, però, anche il ruolo di corrimano per la balaustra del ballatoio. La facciata che ne risulta è caratterizzata da montanti verticali in legno spezzati da fasce metalliche, i quali fanno da cornice a grandi vetrate scorrevoli ai livelli superiori; al piano terra, invece, si vedono continuare i montanti, ma scompare l'elemento finestrato, la cui presenza rimane solo suggerita in due delle sei campate, per costituire un elemento di protezione in corrispondenza della scalinata e dell'accesso principale alla sala da pranzo. Nel suo complesso il prospetto è inoltre inclinato verso l'interno, al fine di proteggerlo al meglio dagli agenti atmosferici. L'assetto dell'edificio è, nella sua interezza, caratterizzato da una doppia pelle, la prima

delle quali dalle fattezze regolari ereditate dall'architettura vernacolare, mentre la seconda, di stampo più innovativo, trae ispirazione dalle dinamiche dell'architettura hi-tech, molto diffusa nelle costruzioni contemporanee in ambito alpino. Da entrambi le discipline ciò che viene tratto riguarda la sensibilità nei confronti dell'ambiente e gli accorgimenti di ordine energetico, siano essi consapevoli o meno. Tale aspetto è riscontrabile in particolare analizzando le sezioni principali dell'edificio; quella longitudinale, infatti, fa trasparire maggiormente quanto è stato tratto dal modello *tabià*, che si concretizza nella forma regolare, negli ampi ballatoi esterni, nella disposizione, all'interno degli

stessi, dei collegamenti verticali e degli spazi distributivi, nella scelta di realizzare una struttura pesante al piano terra, entro cui prende posto la ristorazione, sovrastata da una leggera che ospita le camere e coronata da un riempimento in materiale coibente naturale.

La sezione trasversale mostra invece l'aspetto opposto, dominato dalla forma a guscio della copertura; da qui si evince chiaramente la dualità tra la struttura principale e la pelle esterna, e il diverso trattamento delle intercapedini tra le due, sfruttate per realizzare un importante strato coibente a nord, e per il ricavo di una serra solare esposta a sud, dove la radiazione solare è maggiormente favorevole.

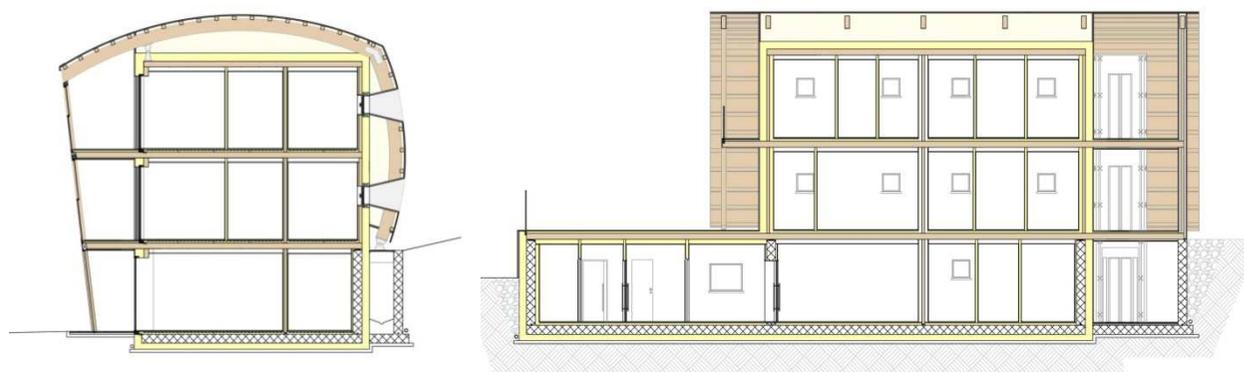


Figura 5.19. Sezione trasversale e longitudinale di progetto

5.5 I materiali

La scelta dei materiali ha risentito delle stesse considerazioni sul rapporto tra tradizione e innovazione che hanno guidato le altre parti della progettazione.

In questo caso si è proceduto, innanzitutto, allo studio dei materiali che costituiscono gli edifici dell'edilizia vernacolare della zona.

Come si ha già avuto occasione di spiegare, ciò che si è potuto rilevare è l'uso preponderante di pietra e legno, a cui si aggiunge il ferro utilizzato in minor parte per gli elementi di dettaglio.

Nell'ambito del progetto l'idea che ha portato alla scelta di determinati materiali è stata la volontà di applicare gli stessi suggeriti dalla tradizione, ma trasposti nel momento contemporaneo.

E' ben noto, infatti, che pietra e legno sono materiali eccellenti per quanto riguarda il loro impiego in edilizia; però è da subito sembrato anacronistico e poco logico applicarli con le stesse tecniche che venivano usate nel passato.

Lo sfruttamento delle risorse naturali al fine di costruire che si faceva nell'architettura tradizionale risulta, seppur particolarmente poetico, carente dal punto di vista tecnico

per diversi aspetti concernenti sia il comportamento meccanico che quello energetico degli stessi.

Oggi, con le tecnologie che sono state sviluppate è possibile implementare le caratteristiche di pietra e legno, al fine di disporre di materiali da costruzione di grande qualità.

Giunti a questo punto occorre determinare, tra la grande rosa di prodotti disponibili sul mercato, quale sia la tecnologia maggiormente indicata nell'ambito specifico di applicazione.

Poiché sin da subito l'ostello si è posto lo scopo di realizzare una rilettura contemporanea della tipologia *tabià* isolato la prima scelta è stata quella di utilizzare un materiale pesante e caratterizzato da una forte inerzia al piano terra e di procedere con una struttura maggiormente leggera ai livelli superiori.

La trasfigurazione della spessa parete in pietra che caratterizza i rustici della montagna bellunese è stata attuata mediante l'utilizzo del calcestruzzo armato, spesso definito, anche in letteratura, come "pietra artificiale".

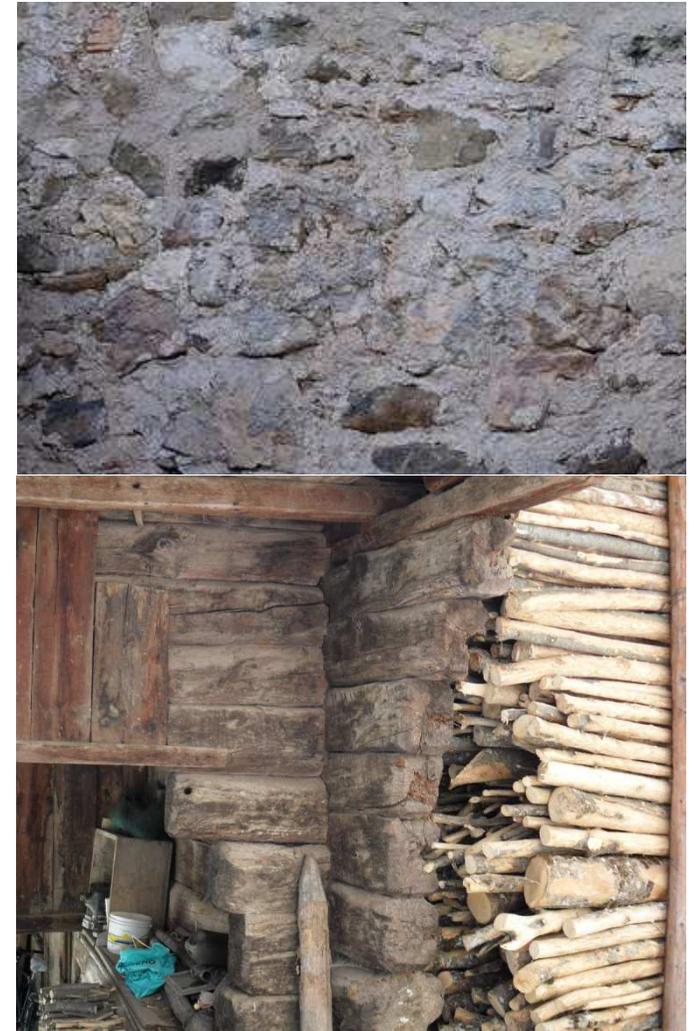


Figura 5.20. Pietra e legno in due edifici di Fornesighe

La decisione è stata in parte influenzata dal fatto che, come accade per gli edifici della tradizione, l'ostello oggetto di progetto risulta parzialmente incassato nel terreno in pendenza su cui sorge, e ciò comporta necessariamente la presenza di pareti controterra.

In questa visione il calcestruzzo armato è stato favorito esattamente secondo le stesse logiche che portarono i nostri avi alla realizzazione del piano terra in pietra anziché in legno: la necessità di disporre di un materiale che resista efficientemente al contatto prolungato con la sorgente umida del terreno.

In questo modo è stato possibile realizzare buone capacità coibenti e portanti con un'importante riduzione dello spessore delle murature perimetrali, e un conseguente risparmio economico.

Come si è già accennato, di norma le capacità meccaniche sono in netto contrasto con quelle isolanti di un materiale, infatti, sia il muro in pietra che quello in calcestruzzo sono pessimi dal punto di vista energetico.

Per superare tale problema gli antichi procedevano alla costruzione di spessori importanti, che giungevano fino a un metro di spessore, i quali, grazie all'enorme inerzia, favoriscono il ritardo nel propagarsi delle differenze di temperatura esterne.

Questo sistema, però, è molto più efficiente per la difesa dai climi caldi, e non porta un grande beneficio in ambito montano.

La soluzione migliore, alla luce delle tecnologie moderne, è quindi quella di mirare a spessori sottili di materiali con grandi capacità meccaniche, così da poterli avvolgere in un importante strato coibente senza raggiungere spessori impeditivi.

Per la struttura leggera caratterizzante i piani superiori si è deciso di mantenere l'utilizzo del legno, proponendo, però, la tecnologia x-lam invece delle tradizionali pareti intelaiate. Analogamente si è proceduto per gli orizzontamenti, che vedono ancora una volta l'x-lam sostituire la costruzione in travi sbozzate e tavolato ligneo.

L'x-lam è un'applicazione recente delle già consolidate tecnologie legate alla produzione di elementi in legno lamellare; in questo caso, sovrapponendo strati incrociati di tavole in legno massiccio, si vengono a creare dei pannelli che possono essere utilizzati indifferentemente per la realizzazione di strutture opache verticali (siano esse pareti perimetrali o divisori interni) o di solai.

L'utilizzo di questo tipo di tecnologia permette di godere di numerosi vantaggi, primi fra tutti le ottime capacità coibenti, e

la possibilità di disporre di strutture portanti verticali di spessori minimi.

Nel caso specifico si sono adoperati pannelli prodotti dalla casa costruttrice Xlam Dolomite in due varianti: da cinque strati di 17 mm ciascuno, di spessore complessivo di 9,5 cm per le pareti verticali, e di sette strati da 27 mm per un totale di 18,9 cm per i solai.



Figura 5.21. Pannelli xlam

Fonte: materiale informativo Xlam Dolomite

Un ulteriore lato positivo di tale prodotto riguarda la rapidità di montaggio e l'opportunità di realizzare strutture interamente a secco.

I pannelli prefabbricati di questo genere, infatti, arrivano in cantiere delle dimensioni richieste e già dotati dei fori per la collocazione di porte e finestre. Per la messa in opera è quindi solamente necessario fissare gli elementi tra loro mediante sistemi di connessione a secco, costituiti generalmente da angolari metallici con chiodi o barre.

Per quanto concerne le tecniche costruttive si è comunque cercato di riproporre quanto veniva realizzato con i metodi antichi, ad esempio mettendo in opera i pannelli di solaio direttamente aggettanti verso l'esterno a costituire la struttura del balcone, analogamente a quanto avveniva con le travi lignee le quali sostenevano i ballatoi a sbalzo.

Il legno è stato adoperato, poi, in altri due elementi di natura non strutturale.

In primis un largo uso si è fatto per il rivestimento esterno delle superfici, messo in opera sotto forma di doghe orizzontali per realizzare la pelle esterna del volume contenente le funzioni di servizio, e della forma caratterizzante il prospetto est.

Altro elemento ligneo sono, poi, i frangisole anteposti alle vetrate delle camere

affacciate a sud, ciascuna delle quali può essere oscurata mediante lo spostamento di cinque pannelli scorrevoli costituiti da lamelle lignee.

Nella progettazione delle superfici vetrate si sono utilizzati diversi prodotti a seconda dei requisiti richiesti allo specifico serramento, differenziati dall'attitudine principale tra trattenere e guadagnare calore.

Le piccole aperture disposte a nord necessitano della maggiore qualità isolante disponibile; la scelta si è quindi orientata su finestre caratterizzate da tripli vetri con trattamento basso emissivo in grado di raggiungere valori di trasmittanza di $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Per quanto riguarda gli infissi sono invece state valutate considerazioni ulteriori di ordine estetico, le quali hanno portato a optare per un telaio in legno-alluminio, che desse una certa idea di calore all'interno, pur ponendosi in continuità con il manto di copertura metallico esterno.

Il prodotto di questo tipo che ha dimostrato le migliori qualità è stato individuato nelle finestre Internorm, e specificatamente nel modello Studio HV 240, il cui produttore dichiara valori di U_w pari a $0,63 \text{ W/m}^2\text{K}$, qualora il telaio sia accompagnato da un vetro triplo basso emissivo.



Figura 5.22. Finestra Internorm HV 240
Fonte: materiale informativo Internorm

Le ampie vetrate che chiudono l'involucro interno verso sud hanno richiesto, oltre che capacità coibenti, una buona attitudine a far filtrare la radiazione solare, al fine di realizzare guadagni termici, e un aspetto caratterizzato dalla quasi totale assenza di infisso, così da costituire un'unica superficie, nonostante la presenza di aperture scorrevoli.

Nuovamente la scelta è ricaduta su un triplo vetro, e il prodotto individuato, al fine di rispondere al meglio ai requisiti sopra esposti, si è rivelato l'infisso scorrevole Sky Frame, il quale permette di nascondere le porzioni di telaio orizzontali mediante l'incasso a pavimento e a soffitto, mentre presenta, per quelli verticali, uno spessore di soli 2 cm.

Un vantaggio ulteriore, ricavato dall'incasso a pavimento del telaio, è quello di permettere l'eliminazione del gradino di soglia, così da rendere la fruizione degli spazi più agevole per gli ospiti con caratteristiche motorie ridotte.

Gli ultimi elementi vetrati considerati sono quelli di chiusura della serra solare; qui il caso presenta requisiti di natura tecnologica più che energetica, in quanto, trattandosi di uno spazio non riscaldato, le capacità isolanti dell'infisso passano in secondo piano.

E' stato invece necessario reperire sul mercato un elemento tecnologico di tipo infisso sali-scendi, che permettesse l'applicazione all'interno di una facciata inclinata.

A questo scopo sono stati accuratamente progettati i montanti lignei, dimensioni per poter allocare la parte più consistente dell'infisso; si è inoltre reso necessario disporre di piccoli cavetti impiantistici in facciata per la collocazione del motore di azionamento del meccanismo scorrevole.

L'individuazione del prodotto adatto non è stata immediata, in quanto generalmente gli infissi a ghigliottina presentano spessori del telaio troppo invasivi per il ruolo qui richiesto.

La scelta è ricaduta infine su una casa costruttrice minore: la Slidal, che, in confronto ad altre propone un prodotto dotato di telaio decisamente più sottile.

A concludere la serie di materiali che caratterizzano l'involucro esterno dell'edificio, vanno considerate le scelte tecnologiche adottate per la copertura e il rivestimento del prospetto nord.



Figura 5.23. Sistema scorrevole Sky Frame 3
Fonte: materiale informativo Sky Frame



Figura 5.24. Finestra sali-scendi motorizzata Slidal
Fonte: materiale informativo Slidal

Per la struttura portante si è optato per l'adozione di coppie di travi lamellari 16x30 cm, con le quali vengono realizzati sei archi a tre cerniere, che vogliono essere una rivisitazione moderna delle semplici travi lignee inclinate utilizzate negli edifici tradizionali. Sopra questi è poggiata un'orditura secondaria di travetti in legno 12x12 cm, che reggono un tavolato sopra cui è adagiato il manto di copertura in zinco-titanio.

Il materiale disposto per la copertura necessita una doppia valenza capace di richiamare i manti di copertura in lamiera zincata presenti nel paese, e nel contempo fornire un aspetto *hi-tech*, richiesto per caratterizzare l'involucro esterno.

La scelta finale di tale materiale deriva dal fatto che è stato necessario reperire una tecnologia che si adattasse bene sia all'uso come manto di copertura, che come rivestimento di facciata, senza dover ricorrere a una differenziazione tra le due.

In questo campo la scelta è ricaduta sulla ditta *leader* di tale tecnologia: la Rheinzink, nel suo modello a doppia aggraffatura.

Una nota a parte va dedicata al materiale isolante, poiché, sebbene non abbia nessuna valenza statica, esso è altresì fondamentale nella costruzione di un edificio ad alte prestazioni energetiche.

Ancora una volta si sono individuati diversi materiali per rispondere a diverse esigenze. Per la coibentazione dell'involucro interno sono stati scelti pannelli di isolante minerali in lana di roccia Frontrock Max E, commercializzati dalla Rockwool, i quali, oltre a disporre di ottime capacità isolanti ($\lambda=0.036 \text{ W/m}^2\text{K}$), sono pensati appositamente per poter realizzare strati isolanti di ingenti spessori.

Lo strato isolante che avvolge la quasi totalità dell'edificio, infatti, risulta esser di 25 cm, uno spessore che richiede la disposizione di un minimo di resistenza meccanica anche da parte dello strato coibente.

Per l'isolamento sotto la fondazione è stato necessario invece ricorrere a un materiale sintetico, poiché solo il polistirene espanso estruso (XPS) è stato sviluppato per garantire le elevate resistenze a compressione necessarie in questa applicazione.

Il prodotto scelto, commercializzato dalla BASF, prende il nome di Styrodur 2500 C, ed è stato ideato proprio per rispondere al meglio al contatto prolungato con il terreno e alle sollecitazioni di tipo meccanico.

Come già accennato, oltre agli isolanti perimetrali di tipo a cappotto, nell'edificio qui presentato è stato adottato un ulteriore accorgimento, il quale prevede il

riempimento dell'intercapedine tra i due involucri in corrispondenza del fronte nord e della copertura superiore mediante la messa in opera di paglia pressata.



Figura 5.25. Manto di copertura a doppia aggraffatura Rheinzink
Fonte: materiale informativo Rheinzink



Figura 5.26. Pannelli isolanti Frontrock Max E
Fonte: materiale informativo Rockwool

Tale soluzione trae la sua origine, ancora una volta, dagli espedienti tipici dell'architettura vernacolare che, nel momento storico in cui l'abitazione e il rustico non erano distinti, collocavano la stalla al piano terra, all'interno del vano in pietra, l'abitazione al primo piano, e il fienile nel sottotetto. In questo modo era possibile avere il miglior comfort nei locali abitati, sfruttando le logiche della stratificazione delle temperature: dalla stalla il calore giungeva al piano superiore, ed era poi bloccato dal tappo termico realizzato dalla paglia conservata nel fienile soprastante.

Analogamente nel progetto dell'ostello al piano terra, racchiusa da una struttura pesante, viene posta la sala per la ristorazione, ai piani superiori le camere, avvolte da un involucro ligneo e, nel sottotetto e verso nord, un riempimento in materiale isolante naturale.

L'ultima tipologia di materiale isolante che si è applicata presenta una doppia valenza di freno sia al passaggio del calore che al rumore provocato dal calpestio sui solai.

In tutte le strutture ad uso misto, e in primo luogo qualora esse siano realizzate con una struttura portante in legno, l'isolamento acustico assume, infatti, una grande importanza.

A tale scopo è stato possibile riscontrare sul mercato un prodotto unico che risolve contemporaneamente diverse esigenze: si tratta di Disteso Radiante; un pannello isolante termoacustico sagomato per accogliere il sistema di riscaldamento a pavimento.

In conclusione la scelta dei materiali si pone il fine di riproporre quelli tipici della tradizione, di cui viene mantenuta l'essenza, ma sfruttando le migliori capacità delle tecnologie moderne.

In questo modo, come si è già visto nel dettaglio, le travi di legno vengono sostituite da quelle lamellari, le pareti intelaiate in legno dai pannelli x-lam, la pietra dal calcestruzzo, la lamiera dallo zinco-titanio, e le finestre, tipicamente caratterizzate da telai lignei e lastre di vetro singolo, da prodotti ad alte prestazioni.



Figura 5.27. Messa in opera di pannelli isolanti Styrodur C sotto la platea di fondazione
Fonte: materiale informativo Basf

La scelta dei materiali:

- travi in legno sbozzate - travi in legno lamellare
- pietra - calcestruzzo armato
- pareti in legno - pannelli x-lam
- lamiera - zinco-titanio
- vetri singoli - pacchetti ad alte prestazioni
- infissi in legno - infissi in legno-alluminio

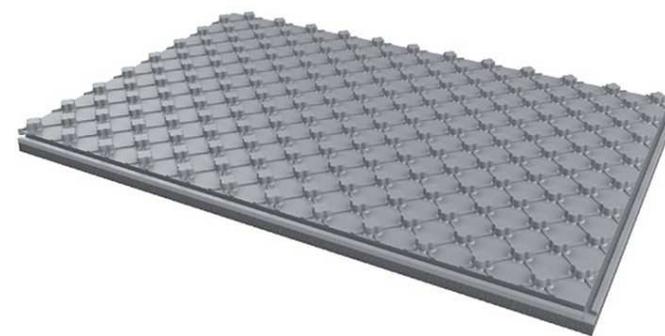


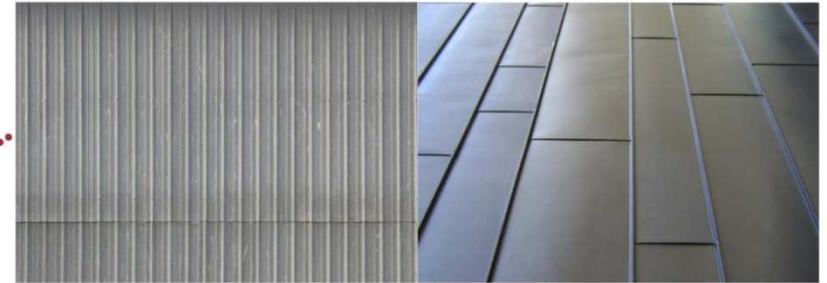
Figura 5.28. Pannello termoacustico Disteso Radiante
Fonte: materiale informativo Termolan

Prospetto 12: I materiali

travi in legno > travi in legno lamellare



lamiera grecata > zinco-titanio



assi di legno



struttura intelaiata in legno > struttura in x-lam



muratura in pietra > calcestruzzo armato



5.6 Gli accorgimenti bioclimatici

Gli accorgimenti bioclimatici e per la captazione di energia termica passiva qui applicati traggono spunto dalle esperienze sviluppate nel tempo dalle tre materie di studio di riferimento.

Si è puntato, in questo modo, a scartare i metodi desueti o poco adatti all'ambito di progetto, procedendo alla definizione di pochi meccanismi, ma di alta efficacia.

Le questioni riguardanti l'orientamento dell'edificio all'interno del lotto, nonostante l'esposizione favorevole dell'intero agglomerato, appaiono parzialmente vincolate da due elementi: il primo di tipo storico-ambientale e il secondo di ordine amministrativo.

Il sito di progetto si trova, infatti, al limitare verso ovest del paese, punto in cui le curve di livello, che nelle porzioni restanti giacciono in direzione est-ovest, deviano leggermente verso nord, individuando così un declivio che guarda a sud-ovest.

A tale considerazione sulla morfologia del luogo ne va aggiunta una storica, generata

dall'osservazione della posizione relativa degli edifici dell'agglomerato storico.

Come spesso accade, infatti, l'edificato segue quanto il territorio detta attraverso le curve di livello e, qualora esse devino dall'andamento regolare, sta al costruito adattarsi.

Probabilmente alla luce di tali elementi il Piano Particolareggiato del 1998, nel quale viene indicato l'ambito di progetto per una nuova costruzione, accoglie tale consuetudine, e disegna, seppur a grandi linee, un fabbricato dall'asse inclinato di circa 25° rispetto alla direzione nord-sud, la quale è stata mantenuta in sede di progetto.

Per quanto riguarda la presenza di ostacoli sull'orizzonte o nelle vicinanze non si sono riscontrati elementi ombreggianti, dato che, la forte pendenza del terreno permette l'esposizione diretta al sole di ogni volume.

Nel suo posizionamento, inoltre, l'edificio è stato parzialmente interrato, tanto da presentare tre livelli verso sud e due soli sul versante nord.

In questo modo è stato possibile disporre di una prima protezione del prospetto maggiormente critico dal punto di vista delle condizioni esterne.

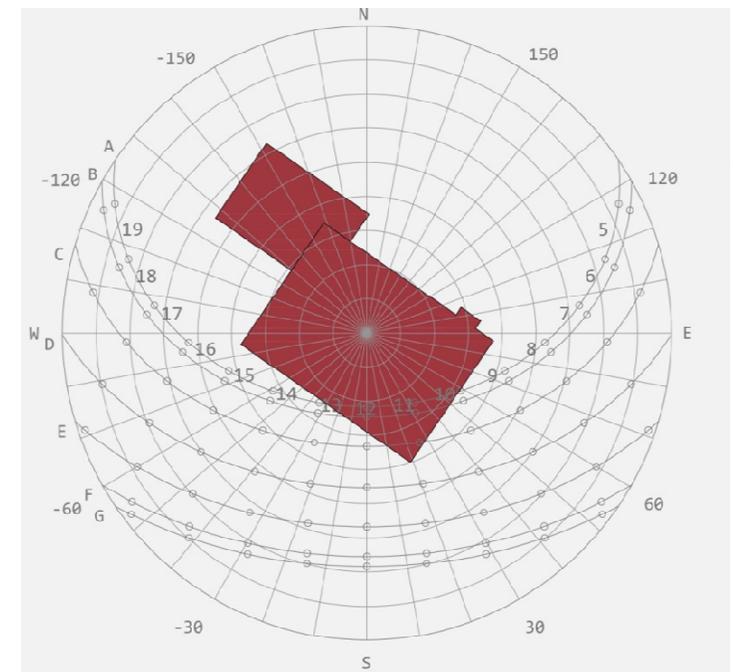


Figura 5.29. Carta solare in relazione al sito di progetto.

I percorsi solari individuati sono:

- A 21 giugno
- B 21 maggio/21 luglio
- C 21 agosto/21 aprile
- D 21 settembre/21 marzo
- E 21 ottobre/21 febbraio
- F 21 novembre/21 gennaio
- G 21 dicembre

Grande attenzione è stata posta, poi, alla coibentazione dell'involucro, poiché le perdite per trasmissione si rilevano essere generalmente il comparto più oneroso nell'intero bilancio energetico, specialmente qualora si lavori in zone caratterizzate da temperature rigide quali quelle riscontrabili sull'arco alpino.

La coibentazione ha coinvolto diversi prodotti, ognuno dei quali scelto *ad hoc* al fine di soddisfare requisiti diversificati.

Grazie al sistema a doppio involucro, inoltre, è stato possibile disporre di spessori di materiale isolante importanti e di una duplice barriera di separazione dal clima esterno.

Per quanto riguarda l'involucro più interno, si è realizzato uno strato coibente uniforme spesso dai 20 ai 25 cm che avvolge l'intero perimetro, così da realizzare il principio schematico secondo cui, per avere un edificio ad alte prestazioni energetiche, bisogna innanzitutto poter disegnare, con un'unica linea di matita, tutto il contorno dello strato isolante senza mai incontrare ostacoli che ne costringano l'interruzione; in caso contrario ci si troverebbe in presenza di ponti termici, i quali apportano, commisuratamente alla loro entità, un

peggioramento delle prestazioni dell'involucro.

Dove sono state applicate superfici finestrate è ovvio che il valore della trasmittanza del componente di chiusura cala in maniera importante, ma, orientando tali superfici in maniera corretta, e disponendo di prodotti dalle buone capacità termiche, è facile raggiungere la parità tra guadagni solari e perdite per trasmissione dell'elemento, e in diversi casi si arriva addirittura un bilancio attivo.

Per questo motivo le finestre orientate verso nord, per le quali il bilancio energetico è necessariamente negativo, sono di piccole dimensioni, caratterizzate da infissi importanti che garantiscono un buon isolamento termico e una soddisfacente tenuta all'aria. Sul versante opposto, invece, si sono disposte grandi vetrate poiché, verso sud, i guadagni solari realizzati da superfici finestrate superano le perdite causate dalle stesse; qui si è quindi optato per elementi che riducessero al minimo l'impatto dell'infisso, in quanto costituente un elemento tecnico dalle scarse capacità termiche e non computabile ai fini della captazione di energia solare.

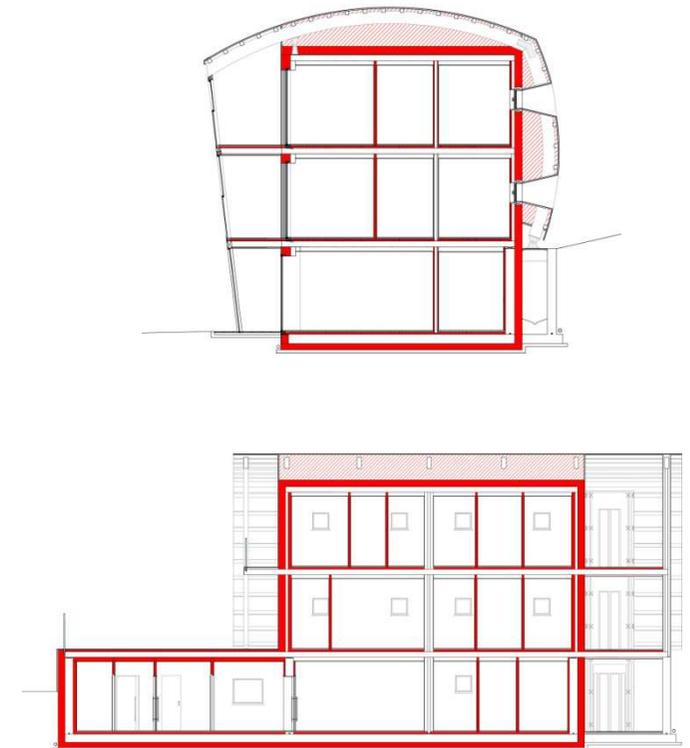
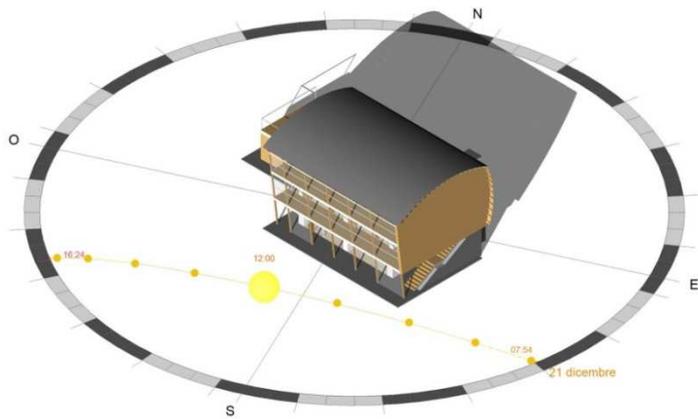


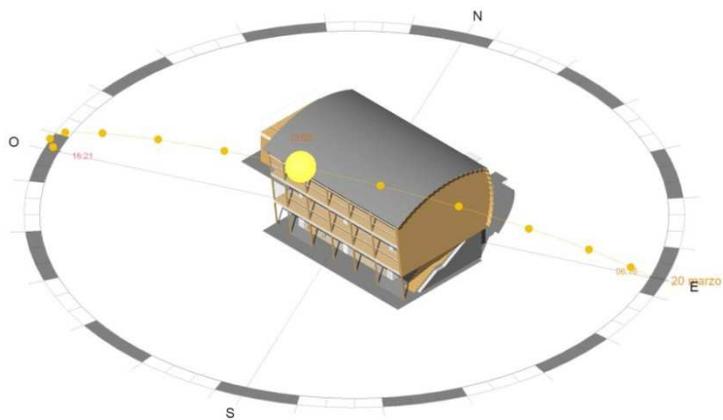
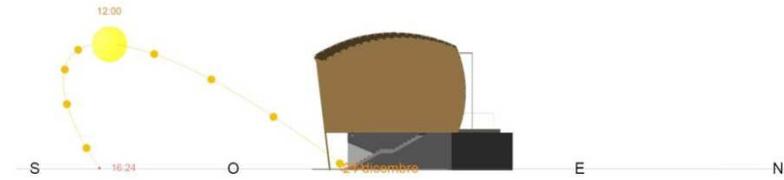
Figura 5.30. Evidenziazione dello strato isolante nelle sezioni principali

Prospetto 13: Studi sul percorso del Sole nell'arco dell'anno



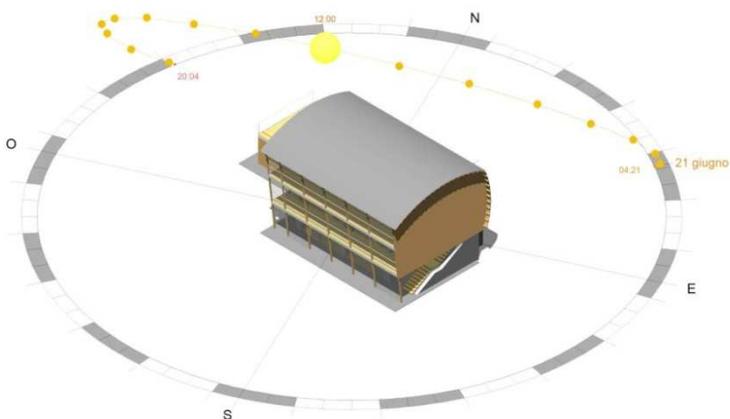
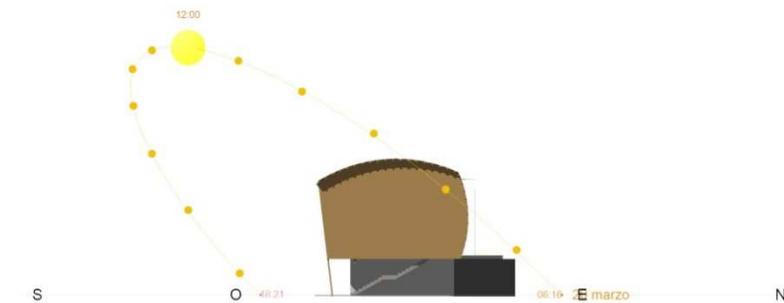
Solstizio d'inverno_21 dicembre_ore 12.00
 Altezza del Sole sull'orizzonte_20,13°

Alba_07.54
 Tramonto_16.24



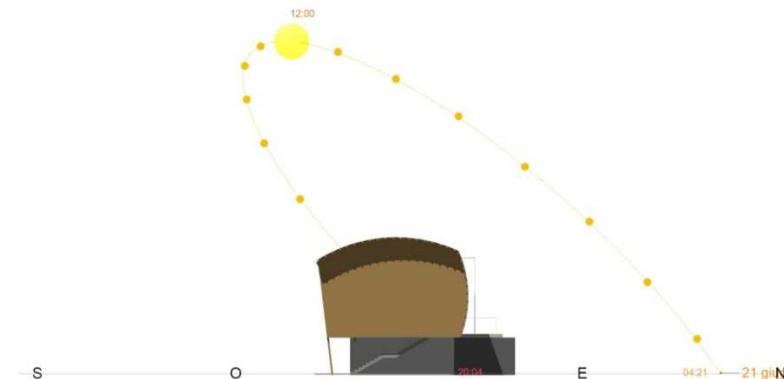
Equinozio di primavera_20 marzo_ore 12.00
 Altezza del Sole sull'orizzonte_43,63°

Alba_06.16
 Tramonto_18.21



Solstizio d'estate_21 giugno_ore 12.00
 Altezza del Sole sull'orizzonte_67,13°

Alba_04.21
 Tramonto_20.04



Un ulteriore accorgimento a favore della coibentazione dell'involucro è stato poi realizzato mediante il riempimento con paglia pressata dell'intera intercapedine realizzata tra i due gusci, la quale raggiunge, nei suoi punti di massima estensione, una profondità che supera il metro, costituendo così uno strato isolante di entità irraggiungibile con i metodi di costruzione tradizionali.

L'involucro esterno non presenta, invece, materiali isolanti, e costituisce solamente una barriera fisica di protezione verso l'esterno racchiudendo in sé tutti gli spazi componenti l'ostello, siano essi interni o esterni. Pur non essendo utile ai fini della coibentazione, tuttavia, esso funge da superficie di riferimento per l'applicazione di tre sistemi di captazione dell'energia solare: i pannelli fotovoltaici, i collettori solari, e i vetri esterni della serra solare.

Poiché i sistemi attivi verranno trattati nel prossimo capitolo ci si limita qui a considerare nel dettaglio le dinamiche di funzionamento della serra solare.

Una serra solare, o bioclimatica, è costituita generalmente da un volume non riscaldato posto in adiacenza ai locali interni e costituito prevalentemente in vetro che permette un sensibile risparmio energetico, costituendo uno spazio filtro tra interno ed esterno.

Il duplice vantaggio dell'applicazione di tale tecnologia sta nel fatto che essa provvede contemporaneamente alla limitazione delle perdite per trasmissione delle pareti cui si appoggia, e all'apporto di energia termica gratuita, derivata dalla radiazione solare, grazie al così detto effetto serra.

La serra solare costituisce in questo modo una grande risorsa per la stagione invernale, ma provoca alcuni disagi in estate. L'annoso problema delle energie ricavate dal Sole è, infatti, legato alla questione che il periodo di maggiore disponibilità coincide con quello di minor bisogno e viceversa. In questo caso, inoltre, in aggiunta alla non necessità di quella porzione di energia termica nella bella stagione, si va ad aggiungere un elemento di disagio, costituito dal surriscaldamento delle superfici quando si è già raggiunta la temperatura di comfort.

Per evitare tale fastidio l'elemento serra qui proposto è in grado di cambiare in base alle condizioni esterne, mediante l'apertura e la chiusura delle vetrate, sia interne che esterne, all'occorrenza.

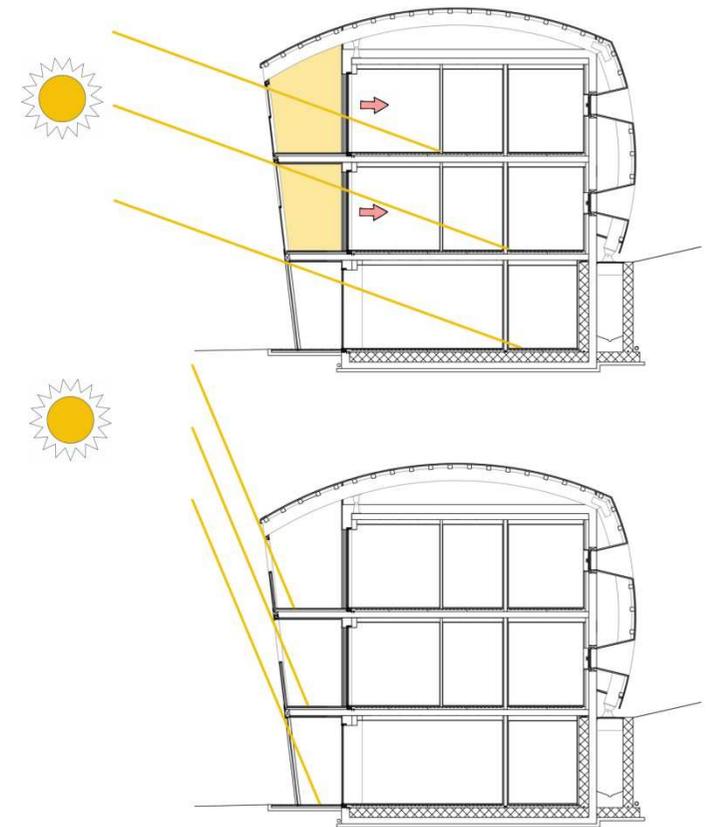


Figura 5.31. Funzionamento della serra solare; in alto la situazione estiva, in basso quello invernale

Il sistema qui proposto prevede, infatti, la coincidenza tra due elementi tecnologici: la vetrata esterna della serra e la balaustra anticaduta del ballatoio. In questo modo è stato possibile disporre una struttura di tipo sali-scendi che permette l'opportunità di mantenere la serra chiusa, o di aprirla in direzione verticale, facendo così coincidere l'elemento trasparente superiore con il parapetto.

Un alto accorgimento utilizzato sfrutta, a favore del comfort interno, la naturale stratificazione delle temperature che si attua per motivi fisici, che i costruttori antichi avevano già percepito e applicato nella costruzione dei *tabià*.

Ricalcando, infatti, quanto veniva fatto dall'edilizia storica, le funzioni abitative che generano maggiore calore sono state poste al piano terra, dentro una scatola caratterizzata da una grande massa, in questo modo l'energia termica che si forma non può che salire verso l'alto, procedendo attraverso le camere, per poi essere bloccata in sommità dal grande strato coibente costituito dalla paglia del sottotetto.

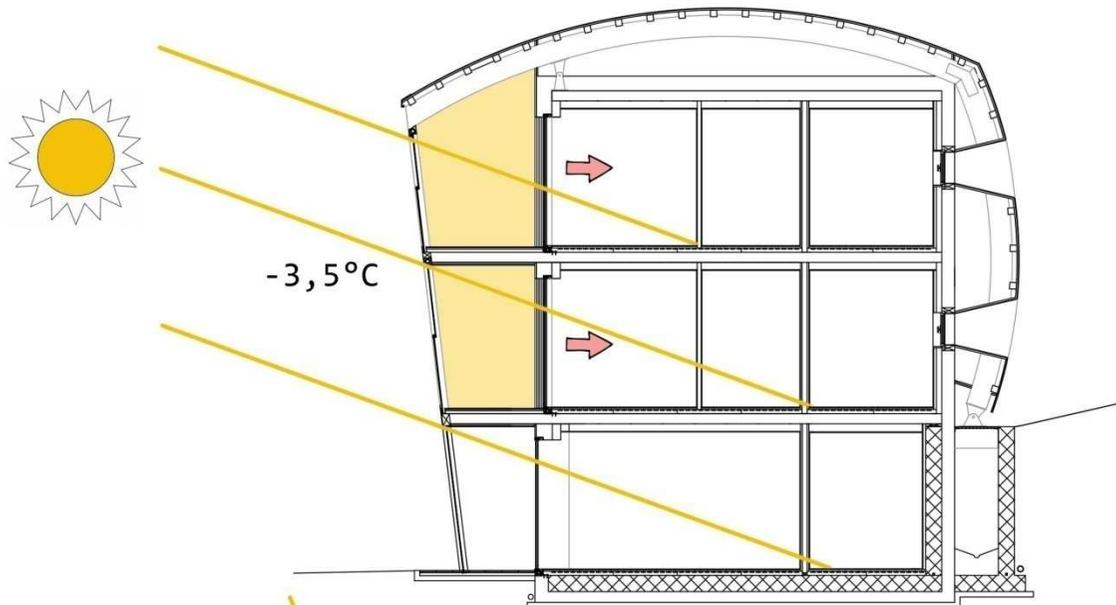
Infine sono state sviluppate considerazioni in merito all'assetto volumetrico della costruzione: si è cercato di fornire un volume compatto, anche grazie alla collocazione esterna dei vani scala e degli

spazi di collegamento, così da riscaldare solo gli ambienti che necessitano veramente di essere climatizzati.

A questa logica è purtroppo sfuggito il volume contenente i locali di servizio, il quale ha subito una storia progettuale che lo ha portato da spazio non riscaldato a riscaldato.

Ancora relativamente all'impostazione volumetrica si è posta l'attenzione al dimensionamento relativo dei due involucri concentrici, così da fare in modo che, oltre a costituire una protezione aggiuntiva, la disposizione di un guscio esterno non diventasse un ostacolo alla captazione di calore passivo. A questo scopo sono stati studiate in modo particolare le profondità degli aggetti, e quindi l'inclinazione della facciata vetrata costituente il perimetro della serra, per far penetrare la radiazione invernale e bloccare il passaggio di quella estiva.

Prospetto 14: Funzionamento bioclimatico dell'edificio



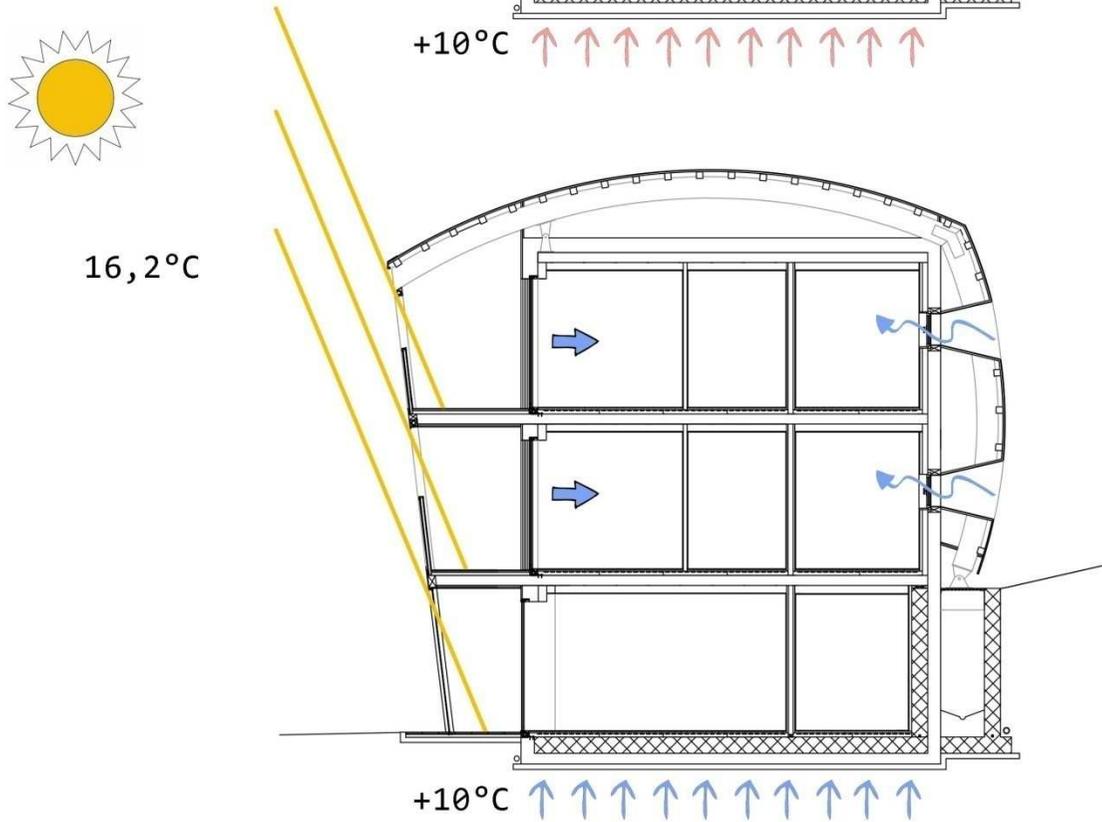
Stagione invernale

Temperatura media esterna -3,5°C

Temperatura minima media esterna -6,5°C

Temperatura massima media esterna 2,3°C

Inclinazione dei raggi solari al 21 dicembre 20,13°



Stagione estiva

Temperatura media esterna 16,2°C

Temperatura minima media esterna 10°C

Temperatura massima media esterna 22,5°C

Inclinazione dei raggi solari al 21 giugno 67,13°

5.7 Il sistema impiantistico

Nonostante i diversi accorgimenti bioclimatici e la sensibilità al luogo dimostrata nel processo di progettazione, per realizzare le condizioni di comfort interne di un edificio, è necessario dotarlo di impianti termici.

Va qui sottolineato, in prima battuta, che i sistemi impiantistici, se dimensionati in maniera corretta e scelti secondo una serie di requisiti che mettano al primo posto la questione ecologica, possono costituire un ausilio a una progettazione sostenibile.

A tale proposito si ricorda la classificazione attuata dall'agenzia CasaClima relativamente alla bontà, dal punto di vista della sostenibilità, delle tipologie di impianti disponibili sul mercato che vede in testa le caldaie a pellet, seguite da pompe di calore, caldaie a gas e a gasolio, le ultime due distinte se dotate di tecnologia a condensazione o no.

Per prendere le decisioni relative alle tipologie da installare si è utilizzato, quale strumento di calcolo e confronto, il software di calcolo promosso da Vi.Energia

EcoDomus, di cui si è avuto occasione di trattare.

Il foglio di calcolo si è dimostrato utile in modo particolare in quanto, una volta inserito il modello energetico dell'edificio relativamente all'involucro, e determinato, quindi, il fabbisogno energetico complessivo, è stato possibile confrontare gli esiti prodotti dall'applicazione di diversi sistemi impiantistici.

La scelta di tali componenti si è rilevata piuttosto onerosa in quanto, al contrario di quanto accade per un edificio di tipo tradizionale, nel caso di costruzioni ad alta efficienza energetica, piccole variazioni dei rendimenti dei macchinari determinano importanti modifiche nel comportamento globale.

Gli impianti qui considerati provvedono alla fornitura di tre servizi principali: il riscaldamento degli ambienti, la distribuzione di acqua calda sanitaria e la ventilazione meccanica dei locali con recupero di calore.

Va detto, in aggiunta, che tutti i dati riportati ai fini del calcolo sono stati valutati in funzione di quanto dichiarato dalle aziende produttive, o riscontrati dalle schede tecniche di prodotto, e costituiscono quindi valori commerciali in parte alterati rispetto al funzionamento reale. Tuttavia, nonostante una certa

approssimazione per difetto, il confronto risulta affidabile in quanto non sono mai presenti contemporaneamente valori commerciali e reali, definendo in questo modo risultati leggermente falsati, ma tutti nella stessa direzione.

Classificazione della sostenibilità degli impianti secondo l'agenzia CasaClima:

- Caldaia a biomassa
- Pompa di calore
- Caldaia a gas a condensazione
- Caldaia a gas tradizionale
- Caldaia a gasolio a condensazione
- Caldaia a gasolio

Nel dimensionamento dell'impianto di ventilazione meccanica si è seguita l'indicazione da normativa che, per le destinazioni d'uso di tipo ricettivo-alberghiero, richiede un ricambio d'aria di 0,7 vol/h; equivalente, nel caso specifico a 512,75 m³/h a cui va sottratta la quota di arieggiamento involontario determinata dalle infiltrazioni, e individuata sperimentalmente pari a 0,15 vol/h (per abbassare tale contributo andrebbe eseguito, a costruzione terminata, il blower door test, il quale misura la tenuta all'aria di un edificio). In totale la portata di ventilazione di progetto richiesta si attesta quindi a 410 m³/h.

Il macchinario scelto a tale scopo è Zehnder Comfoair 550 che, a una portata intermedia è in grado di fornire un volume d'aria di 450 m³/h, assorbendo una potenza di 313 W.

Il dispositivo è dotato di unità per il recupero di calore, che funziona con un rendimento dichiarato del 95%, nonostante in sede di calcolo si sia preferito computare un valore inferiore.

Tale sistema, oltre a garantire un ambiente interno salubre senza la necessità di procedere alla ventilazione naturale, contribuisce notevolmente all'efficienza energetica dell'edificio, riducendo in maniera sensibile le perdite per ventilazione.

L'impianto di ventilazione meccanica è costituito dall'unità di recupero di calore e la centrale di ventilazione, collocate nel sottotetto, e collegate direttamente all'esterno per l'aspirazione e l'espulsione dell'aria, seguite da un gruppo silenziatore e due cassette di distribuzione, dalle quali si diramano le tubazioni che portano l'aria pulita ed estraggono quella esausta.

Per la distribuzione dell'aria si è scelto di applicare tubazioni flessibili corrugate a sezione ovale, che trovano spazio nei controsoffitti, nelle intercapedini realizzate da contropareti, o al di sotto del massetto a secco.

Per il corretto funzionamento dell'impianto si sono disposte le bocchette di aspirazione nei locali che provocano un maggior inquinamento dell'aria (bagni, cucina, lavanderia ecc.) a livello del soffitto, mentre la mandata di aria pulita ha luogo negli ambienti più nobili, e vede i terminali collocati nella zona più bassa della parete.

Il dimensionamento è stato attuato seguendo l'indicazione del volume di ventilazione indicativo di 0,55 vol/h, già considerato al netto delle infiltrazioni.

In questo modo, mentre per ciascun locale in cui l'aria viene aspirata, è stata disposta un'unica bocchetta di aspirazione di portata massima 30 m³/h, ad eccezione della cucina che ne prevede due, nelle stanze da letto

sono stati previsti tre terminali di mandata e quattro in sala da pranzo.



Figura 5.32. Unità di recupero di calore Zehnder ComfoAir 550

Fonte: Materiale informativo Zehnder

Prospetto 15: L'impianto di ventilazione meccanica

Componenti dell'impianto di ventilazione



Griglie di aspirazione ed espulsione aria



Unità di recupero di calore



Silenziatore



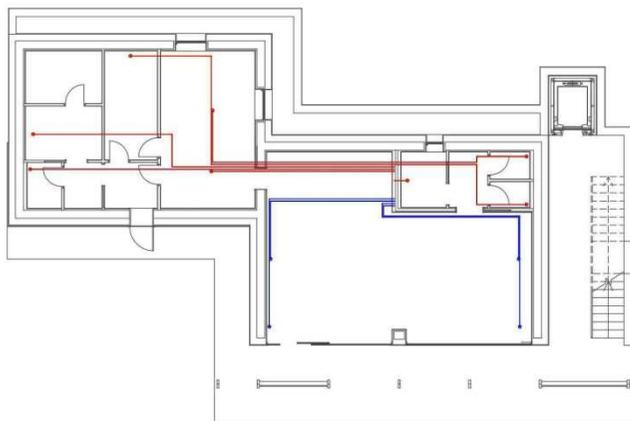
Cassette a piastre di distribuzione



Condotte di distribuzione

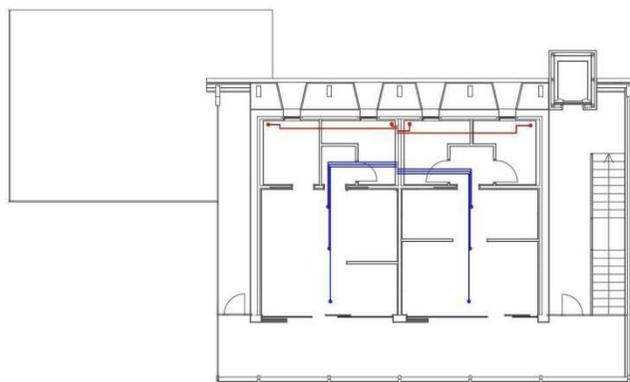


Cassette e griglie di mandata e ripresa



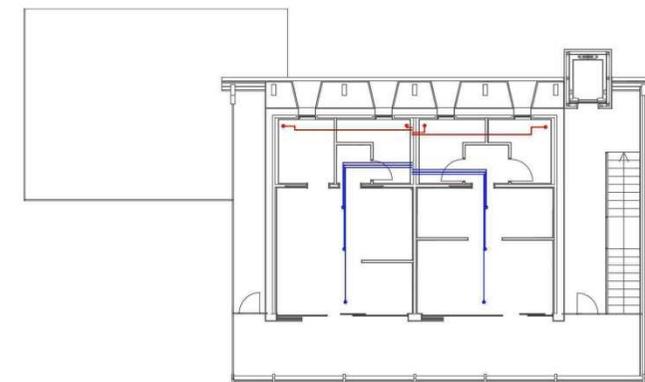
Estrazione da: servizi igienici
cucina
dispensa
lavanderia

Immissione in: sala da pranzo



Estrazione da: servizi igienici

Immissione in: camere da letto



Estrazione da: servizi igienici

Immissione in: camere da letto

Per quanto concerne, invece, gli altri due servizi, ovvero la distribuzione di acqua calda sanitaria e il riscaldamento degli ambienti, si è scelto di adottare una soluzione unica che permettesse la produzione di energia termica per entrambi gli scopi.

Il sistema di distribuzione del calore è stato scelto da subito di tipo a pavimento, in quanto, come si è già spiegato, esso permette l'impiego di acqua a basse temperature e realizza una migliore condizione di comfort, grazie alla realizzazione di una più favorevole stratificazione del calore.

In questo modo si è reso necessario dimensionare un unico impianto che provvedesse alla produzione di acqua calda sufficiente per entrambi i circuiti.

Trattandosi di un edificio a destinazione alberghiera, viene richiesto un volume ingente di acqua calda sanitaria, calcolato sul numero medio di visitatori, il che ha costretto un dimensionamento più oneroso rispetto a un analogo caso in ambito residenziale; l'accumulo finale richiesto è, infatti, di ben 1700 litri.

Si è proceduto quindi alla simulazione con due diverse soluzioni, che hanno portato a esiti simili, ma grazie a considerazioni di ordine logico non è stato complicato giungere a una scelta.

La prima ipotesi, che è stata poi scartata, prevede la messa in opera di una pompa di calore aria-acqua, affiancata da un sistema di collettori solari e a uno di pannelli fotovoltaici.

Si è posta innanzitutto una superficie di 20 m² di collettori solari in copertura, orientati in direzione sud-ovest con un'inclinazione di 27°, pari a quella del tetto stesso all'estremità meridionale.

Tale impianto, secondo il programma di calcolo, provvede da solo alla fornitura di energia termica per 39 kWh/m².

Il prodotto scelto sul mercato è il Collettore solare termico Kloben, azienda con sede a Verona, modello SKY CPC 58 a tubi in vetro borosilicato con intercapedine sottovuoto, il quale si è distinto da altri non tanto per i valori dei dati principali, ma per i dati relativi alle perdite di primo e secondo ordine che risultano molto bassi, determinando una certa differenza nell'ambito di progettazione di un edificio ad alte prestazioni.

La scelta iniziale di mettere in opera una pompa di calore aria-acqua, era stata considerata per la semplicità di attuazione, poiché il macchinario non obbliga a particolari decisioni in merito al dimensionamento di un locale tecnico dedicato, o a considerazioni circa lo stoccaggio e il trasporto di materiale.

A una prima analisi, quindi, l'opzione pompa di calore, è sembrata ricca di vantaggi e priva di lati negativi.



Figura 5.33. Collettore solare a tubi sottovuoto SKY CPC 58
Fonte: Materiale informativo Kloben

Il macchinario scelto, in questo caso, è la pompa di calore Gaia Aria, commercializzata dalla Clivet, con sede a Feltre, la quale presenta una potenza massima di 11,10kW e un alto valore del coefficiente COP pari a 4,41 in condizioni d'uso standard, ossia considerando la temperatura esterna di 7°C e la temperatura richiesta all'acqua calda di 35°C. Spostando, però, tali condizioni verso quelle reali del caso in esame (Test=-10°C, Tacqua=45°C), il valore di rendimento cala drasticamente, ed è dichiarato dal produttore pari a 2,90 con differenza di temperatura calcolata tra -5 e 35°C. Alla luce di ciò è risultato chiaro che, nella stagione invernale l'impianto sarebbe andato in crisi, necessitando di un sistema ausiliario almeno per i mesi più freddi.

La potenza elettrica assorbita dalla pompa, inoltre, si attesta sui 4,5 kW, valore importante, se si considera che è assimilabile al valore necessario stimato per il funzionamento dell'illuminazione e di tutti i dispositivi elettrici dell'ostello.

Per il raggiungimento di tale potenza d'esercizio, qualora la si voglia colmare per intero attraverso l'applicazione di un impianto fotovoltaico, sarebbe necessario disporre di 27 moduli da 2,51 m² ciascuno, per un totale di 67,5 m² di superficie.

I valori sopra esposti sono stati determinati mediante un dimensionamento di massima di un impianto fotovoltaico, assumendo come riferimento i moduli in film sottile Riverclack55 ELIOS, prodotti dalla Iscom, che forniscono un valore di potenza nominale massima di 144Wp, misurata in condizioni standard di 1000 W/h alla temperatura di 25°, considerando il valore della radiazione media annuale per il Comune di Forno di Zoldo pari a 1336 kW/hm² (fonte: atlante della radiazione solare ENEA), un coefficiente BOS (Balance Of System), ossia il rendimento complessivo di tutti i componenti dell'impianto fotovoltaico a valle dei pannelli, pari all'80% e un fattore correttivo per inclinazione sull'orizzonte, nel caso specifico 30°, e nei confronti del sud perfetto (ancora 30°) di 1.10, determinato da norma CEI EN 61194. Risulta evidente che, nel progetto qui presentato, considerando anche l'ingombro dei pannelli solari termici già disposti in copertura, non si ha a disposizione tale superficie. L'energia elettrica per il funzionamento della pompa di calore dovrebbe quindi essere, per la maggior parte, acquisita dalla rete.

A termine della prima simulazione, che si è dimostrata non adatta pur definendo buoni risultati sulla carta, si è proceduto alla valutazione di una seconda ipotesi, basata

sulla sostituzione della pompa di calore con una caldaia a pellet, sempre affiancata dall'impianto solare termico.



Figura 5.34. Pompa di calore Clivet Gaia Aria
Fonte: Materiale informativo Clivet

Lasciando inalterate le caratteristiche di quest'ultimo, si è scelta la caldaia Viessmann Vitoligno 300-P, caratterizzata da una potenza massima di 12 kW, a carico automatico.

In questo caso l'attenzione progettuale si è spostata maggiormente verso le necessità tecniche del sistema, che richiede la disposizione di un locale per lo stoccaggio del materiale combustibile e un camino per l'espulsione di fumi di scarico.

Per la risoluzione del primo problema occorre innanzitutto determinare il volume di combustibile necessario per la copertura del fabbisogno annuale dell'edificio.

Attraverso il software di calcolo EcoDomus è stato possibile ottenere il valore del fabbisogno di energia, pari nel caso in esame a 26,7 kWh/m²a, il quale, se moltiplicato per i 253,70 m² di superficie netta, genera un valore totale di 6773,79 kWh. Considerando il potere calorifico del pellet pari a 5,2 kWh/kg, e la densità dello stesso, di 650 kg/m³, è facile arrivare alla conclusione che sono necessari 1302 kg di pellet, i quali possono essere stoccati in 2,00 m³. Considerando l'ambito di una nuova costruzione, la scelta più logica è sembrata quella di disporre un serbatoio interrato, collocato in prossimità del locale caldaia; il prodotto individuato, commercializzato dalla GeoPlast consiste in

un silo di capacità 1500 kg di forma cilindrica da 1,9 m di diametro e 2 m di altezza.

La posizione periferica del vano tecnico, interrato nell'angolo nord-ovest del volume dedicato ai servizi, ha reso poco agevole la disposizione della canna fumaria che, per tale tipologia di impianto, è richiesta di diametro pari a 12 cm. Si è quindi ricorso alla soluzione di far girare il condotto intorno al volume con pendenza adeguata, all'interno della bocca di lupo, fino a intercettare il filo della parete esterna dell'ostello, in corrispondenza della quale il camino può salire, annegato nello strato coibente, per poi fuoriuscire in corrispondenza della copertura, sporgendo dalla linea di colmo come da regolamento.

Questa seconda opzione è stata scelta in virtù di diverse argomentazioni; prima fra tutte la maggior coerenza nell'uso della caldaia a pellet in ambito montano, quando non è risultato chiaro se la pompa di calore sarebbe bastata a fornire l'energia necessaria nella stagione fredda, in cui le condizioni di esercizio reali si rivelano molto distanti da quelle considerate dal produttore.

Inoltre, in seguito al computo, l'opzione con la caldaia fornisce risultati leggermente migliori, la cui entità sarebbe però da

verificare attraverso un'analisi maggiormente dettagliata.



Figura 5.35. Caldaia a pellet Viessmann Vitoligno 300-p
Fonte: Materiale informativo Viessmann

Con l'attuazione di questa ipotesi, poi, una minore superficie di pannelli fotovoltaici può essere sufficiente a coprire l'intero fabbisogno elettrico degli impianti installati. Va poi considerato il fattore ambientale; l'utilizzo del pellet, così come quello delle altre biomasse realizzate a partire dal legno, permette un ciclo d'uso a emissioni di CO₂ quasi zero in quanto, se si escludono la lavorazione del materiale e il suo trasporto, durante la combustione viene rilasciata esattamente la stessa quantità di anidride carbonica che la pianta aveva assorbito in vita. Ciò è dimostrato, tra le altre cose, in sede di calcolo; nel foglio dei risultati del software, infatti, compare il valore complessivo di emissioni dannose, il quale si attesta a 979,9 kg/anno nel caso della pompa di calore contro soli 260,7 kg/anno qualora si installasse la caldaia a pellet.

Un'ultima trattazione va eseguita sul sistema di accumulo dell'energia termica, sottoforma di acqua calda. Poiché l'impianto prevede l'integrazione del sistema a collettori solari e del generatore di calore a pellet, oltre alla stoccaggio condiviso dell'acqua si è reso necessario orientarsi su un bollitore combinato che realizzasse tutte le quattro funzioni.

Il prodotto maggiormente adatto allo scopo è stato individuato nel serbatoio di

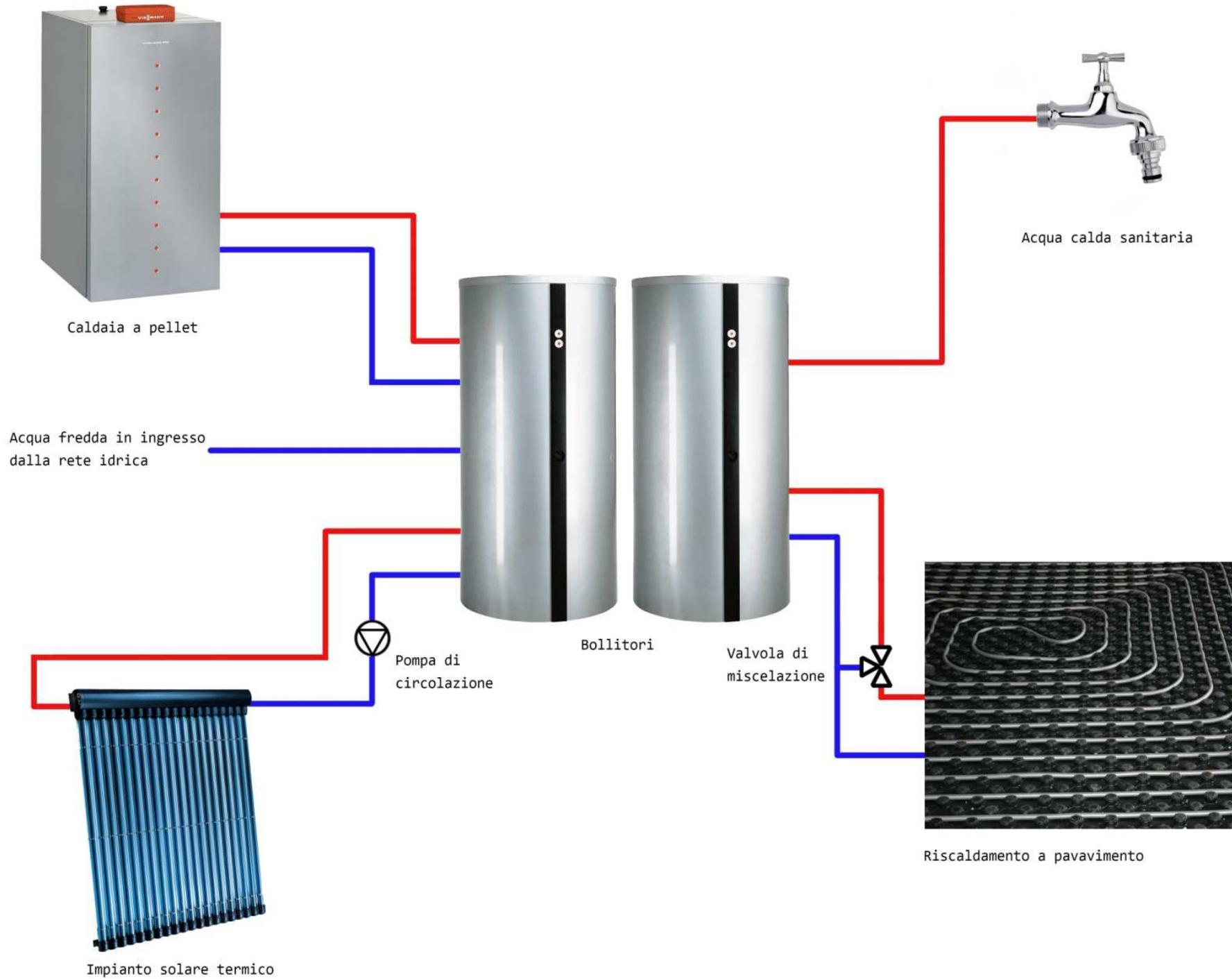
stoccaggio Viessmann Vitocell 340-M, dotato di tre serpentine per lo scambio di calore: per l'impianto solare, per il generatore di calore ausiliario e per il circuito di acqua calda sanitaria.

Il modello è disponibile nelle versioni da 750 e 950 litri, entrambi in forma di cilindri di circa un metro di diametro; per il raggiungimento del volume di accumulo predisposto, pari a 1700 litri, si è quindi adoperato un serbatoio per ciascuna tipologia.



Figura 5.36. Bollitore Viessmann Vitocell 340-m
Fonte: Materiale informativo Viessmann

Prospetto 16: Schema di impianto termico



5.8 La certificazione energetica

Nell'ambito di questa ricerca, la certificazione energetica ha assunto un ruolo di maggiore importanza rispetto a una semplice verifica degli esiti raggiunti al termine del percorso progettuale.

Il foglio di calcolo per il computo del fabbisogno è stato, infatti, utilizzato in ogni fase fin dalla prima concezione dei volumi, così da renderlo un vero e proprio strumento utile a una progettazione consapevole.

La stesura dell'attestato di certificazione è stata possibile mediante l'uso del foglio di calcolo EcoDomus, promosso della società Vi.Energia, il quale, essendo costituito da un semplice foglio Excel il quale lascia una certa trasparenza nel calcolo, garantisce di poter effettuare un controllo continuo del processo di progettazione.

In via cautelativa si è assunto per l'edificio un'inclinazione dell'asse di 45°, equivalente a un'esposizione a sud-ovest; i valori calcolati sono quindi da considerarsi lievemente sovrastimati per via di una riduzione degli apporti gratuiti.

In fase di elaborazione dell'involucro si è potuto, via via, testare ciascun componente costituente l'edificio, prescindendo dal contributo fornito dal sistema impiantistico. Innanzitutto sono stati modellati i pacchetti di parete, in modo da comprendere quale fosse lo spessore ideale degli strati di coibentazione per raggiungere determinati valori di trasmittanza; in seguito le superfici vetrate, verificate sia per quanto riguarda la dimensione che l'orientamento, e computando contemporaneamente le perdite per trasmissione e i guadagni solari da esse apportati.

Un'analisi a parte è stata realizzata per calcolare l'entità dei ponti termici, la quale ha rivelato qualche difficoltà. Il foglio di calcolo predisposto da Vi.Energia riporta, infatti, i valori standard indicati dalla norma UNI EN ISO 14683:2008, i quali, però, risultano nel caso specifico troppo onerosi, in quanto basati su casistiche costruttive non all'avanguardia e corretti con coefficienti maggiorativi in favore di sicurezza. Si è quindi proceduto al computo dell'entità di ciascun ponte termico attraverso la modellazione in Therm, un software a elementi finiti, che ha permesso di calcolare coefficienti più realistici.

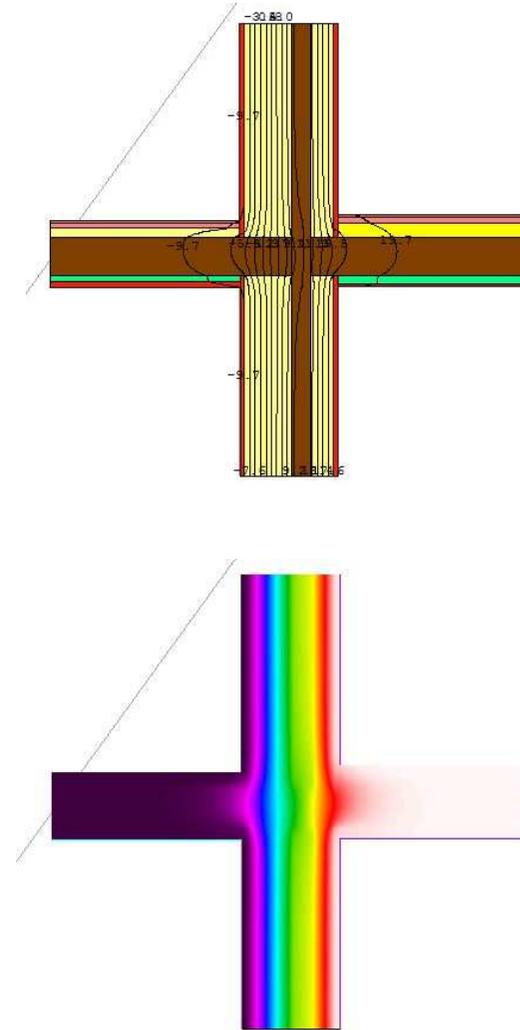


Figura 5.37. Esempio di modellazione di un ponte termico con Therm; sopra rappresentazione con linee isoterme, sottorappresentazione della vista a infrarossi

Poiché il foglio di calcolo non dà la possibilità di inserire più di un certo numero di valori calcolati al di fuori della norma, i risultati dell'analisi sono stati inseriti mediando i dati in funzione delle grandezze in gioco, così da riuscire a fornire una rappresentazione rigorosa, nonostante il limite del software.

Nell'ambito della modellazione degli impianti si sono, per prima cosa, determinate le portate e le potenze del sistema di ventilazione meccanica controllata, procedendo a un'analisi su base mensile.

Al termine di tale step si è potuto ricavare il fabbisogno energetico totale dell'edificio, comprendendo quali fossero i punti maggiormente critici.

Il software di calcolo ha determinato un valore di dispersione tramite l'involucro e per ventilazione di 46 kWh/m², di cui 41,1 kWh/m² forniti dagli apporti gratuiti, e un fabbisogno di calore per acqua calda sanitaria di 37,6 kWh/m², molto influenzato, quest'ultimo, dalla presenza degli ospiti. Se, infatti, si riducesse il numero di occupanti della struttura a sole quattro persone, tale valore scenderebbe a 10 kWh/m²; risulta quindi chiaro come, in una struttura ricettiva ad alte prestazioni, al contrario di quanto accade in genere per una civile abitazione, il peso maggiore degli

oneri energetici sia da imputarsi al fabbisogno di energia termica per acqua calda sanitaria.

Per la fornitura dell'energia atta al riscaldamento dei locali, si sono, invece, testate due diverse soluzioni costituite, la prima, dalla messa in opera di una pompa di calore aria-acqua insieme a un impianto di collettori solari, e la seconda tramite la sostituzione di una caldaia a pellet alla pompa di calore.

I risultati non si discostano di molto, e permettono il raggiungimento della classe A per entrambe le tecnologie applicate.

La scelta definitiva su quale opzione sia maggiormente conveniente deve basare, quindi, su considerazioni di ordine diverso, di cui si è già discusso in precedenza.

Nel complesso gli esiti sono soddisfacenti, anche se il valore numerico che risulta al termine del bilancio totale a indicare il fabbisogno annuale di energia può non sembrare irrisorio, essendo pari a 17,7 e 19,9 kWh/m²a, rispettivamente per la simulazione con caldaia a pellet e pompa di calore.

A questo proposito vanno svolte due considerazioni: la prima sul sistema di classificazione e la seconda sulla destinazione d'uso dell'edificio.

Per quanto concerne la suddivisione delle classi, come già affrontato in precedenza, il

foglio di calcolo EcoDomus computa sia il fabbisogno per riscaldamento che quello per la produzione di acqua calda, mentre altri sistemi di certificazione considerano, al fine dell'attribuzione di una classe energetica, il solo contributo per riscaldamento; in questo modo, se si applicassero gli standard, ed esempio, della classificazione CasaClima, l'indicatore scenderebbe a 7,5 kWh/m²a per il caso della caldaia a pellet, e a 15,6 kWh/m²a per la soluzione con pompa di calore, determinando, tra le altre cose, una differenza maggiore tra i due sistemi.

In seconda battuta va sottolineato, ancora una volta, il peso assunto dalla destinazione d'uso scelta, e, di conseguenza, l'onere per la produzione di acqua calda.

Riproponendo la stessa modifica già adottata in precedenza, e riducendo il numero di ospiti a quattro, si avrebbe, infatti, un sensibile cambiamento nell'indicatore di fabbisogno totale, il quale scenderebbe a 7,5 kWh/m²a per l'ipotesi con caldaia a pellet, e a 8,0 kWh/m²a per la simulazione con pompa di calore.

5.9 Il foglio di calcolo

Nelle pagine seguenti si riportano i fogli del software di calcolo per la certificazione energetica EcoDomus.

Poiché la simulazione è stata ripetuta due volte, differenziandola in funzione della tipologia di impianto messa in opera, ma mantenendo i dati relativi all'involucro inalterati, si è ritenuto logico allegare una sola volta le schede contenenti le informazioni generali e a proposito del sistema di ventilazione, sdoppiandole solamente a partire dai fogli riguardanti le componenti impiantistiche.

In questo modo le pagine da 1 a 13 risultano comuni, mentre in successione sono mostrate le due diverse ipotesi: la soluzione con pompa di calore da pagina 14 a pagina 19 e quella con caldaia a pellet da pagina 20 a pagina 25.

Segue, in coda, una tavola riassuntiva relativa alla configurazione scelta, nella quale si evidenziano tutti i contributi utili a calcolare il bilancio complessivo dell'edificio.



Foglio di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Dati generali del progetto e dell'edificio

Dati identificativi			
Indirizzo	Via Nuova		
Comune	Forno di Zoldo		
CAP	32012		
Provincia	Belluno		
Dati catastali	Foglio	16	Part./Sub. 9
Proprietario/comittente			
C.F./P.IVA del proprietario			
Responsabile del calcolo energetico			
C.F./P.IVA del resp. del calcolo			

Contesto geoclimatico e valori convenzionali			
Gradi Giorno	3956		
Zona Climatica	F		
Conversione energia elettrica (kWh _e /kWh _e)	2,22		
Tipo di terreno	Roccia (k=3,5 W/m K)		

Tipologia Edilizia	
Destinazione d'uso prevalente	E1 (3) Alberghi
Tipologia Edilizia	Singolo
Impianto	Autonomo
Ore di funzionamento ventilazione (h/d)	convenzionali
Num. di unità abitative (solo centralizzati)	
Num. di ospiti/docce (solo non resid.)	15
Anno di Costruzione	
Denominazione unità	

Dimensioni generali dell'ambiente riscaldato	
Superficie lorda (m ²)	328,34
Superficie netta (m ²)	253,70
Altezza per piano (m)	2,70
Numero di piani	3

Volume netto (m ³)	684,99
Superficie opaca disperdente (m ²)	656,78
Superficie finestrata disperdente (m ²)	74,93
Superficie finestrata/Superficie disperdente	0,10
Superficie disperdente/Volume (netti)	1,07
S/V nominale (D.Lgs. 192/2005)	

Dimensioni generali degli ambienti non riscaldati adiacenti	
Volume netto complessivo (m ³)	142,88

Valori dei consumi annuali di combustibile rilevati (per edifici esistenti)

Anno	Tipo di combustibile	Consumi	Unità di mis.	Elettricità
2005				
2006				
2007				



Pagina 2: Stratigrafia dei componenti opachi

Composizione componenti opache								
Parete 1		Trasmittanza nominale		0,111 W/m ² K		Rt da perizia		Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ		
	M1a, M2	m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)		
1	finitura esterna	0,025	500	0,09	1,09			0,28
2	strato isolante	0,25	40	0,036	0,67			6,94
3	struttura c.a.	0,3	2500	2,3	0,88			0,13
4	strato isolante	0,05	40	0,036	0,67			1,39
5	finitura interna	0,025	900	0,32	1,09			0,08
6								
7								
8								
9								
10								
Totale		0,65						8,82

Parete 2		Trasmittanza nominale		0,091 W/m ² K		Rt da perizia		Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ		
	M1b	m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)		
1	finitura esterna	0,025	500	0,09	1,09			0,28
2	strato isolante	0,25	40	0,036	0,67			6,94
3	struttura c.a.	0,3	2500	2,3	0,88			0,13
4	strato isolante-WC	0,12	40	0,036	0,67			3,33
5	finitura interna	0,025	900	0,32	1,9			0,08
6								
7								
8								
9								
10								
Totale		0,72						10,76

Parete 3		Trasmittanza nominale		0,309 W/m ² K		Rt da perizia		Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ		
	M1d	m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)		
1	finitura interna	0,025	900	0,32	1,09			0,08
2	strato isolante	0,05	40	0,036	0,67			1,39
3	struttura c.a.	0,3	2500	2,3	0,88			0,13
4	strato isolante	0,05	40	0,036	0,67			1,39
5	finitura interna	0,025	900	0,32	10,9			0,08
6								
7								
8								
9								
10								
Totale		0,45						3,06

Parete 4		Trasmittanza nominale		0,374 W/m ² K		Rt da perizia		Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ		
	M4a	m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)		
1	finitura interna	0,025	900	0,32	1,09			0,08
2	strato isolante	0,03	40	0,036	0,67			0,83
3	struttura xlam	0,095	450	0,14	1,38			0,68
4	strato isolante	0,03	40	0,036	0,67			0,83
5	finitura interna	0,025	900	0,32	1,09			0,08
6								
7								
8								
9								
10								
Totale		0,21						2,50

Parete 5		Trasmittanza nominale		0,844 W/m ² K		Rt da perizia		Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ		
	M4b	m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)		
1	finitura interna	0,025	900	0,32	1,09			0,08
2	aria debolmente ventilata	0,12						0,09
3	struttura xlam	0,095	450	0,14	1,38			0,68
4	aria debolmente ventilata	0,12						0,09
5	finitura interna	0,025	900	0,32	1,09			0,08
6								
7								
8								
9								
10								
Totale		0,39						1,01

Pagina 3: Stratigrafia dei componenti opachi

Parete 6		Trasmissione nominale		Rt da perizia		Resistenza termica	
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico		perm.tà δ
		m	kg/m³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)	
	M6a						
1	finitura esterna	0,025	500	0,09	1,09		0,28
2	strato isolante	0,25	40	0,036	0,67		6,94
3	struttura xlam	0,095	450	0,14	1,38		0,68
4	strato isolante	0,05	40	0,036	0,67		1,39
5	finitura interna	0,025	900	0,32	1,09		0,08
6							
7							
8							
9							
10							
Totale		0,45					9,37

Parete 7		Trasmissione nominale		Rt da perizia		Resistenza termica	
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico		perm.tà δ
		m	kg/m³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)	
	M6b						
1	finitura esterna	0,025	500	0,09	1,09		0,28
2	strato isolante	0,25	40	0,036	0,67		6,94
3	struttura xlam	0,095	450	0,14	1,38		0,68
4	strato isolante	0,12	40	0,036	0,67		3,33
5	finitura interna	0,025	90	0,32	1,09		0,08
6							
7							
8							
9							
10							
Totale		0,52					11,31

Parete 8		Trasmissione nominale		Rt da perizia		Resistenza termica	
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico		perm.tà δ
		m	kg/m³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)	
	M7a,b						
1	finitura interna	0,0125	900	0,32	1,09		0,04
2	strato isolante	0,1	40	0,04	0,67		2,50
3	finitura interna	0,0125	900	0,32	1,09		0,04
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Totale		0,13					2,58

Parete 9		Trasmissione nominale		Rt da perizia		Resistenza termica	
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico		perm.tà δ
		m	kg/m³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)	
	S2a,b						
1	pavimentazione	0,015	450	0,3	1,38		0,05
2	massetto a secco	0,28	900	0,26	1,09		1,08
3	allettamento riscaldamento	0,078	40	0,04	0,67		1,95
4	struttura xlam	0,189	450	0,14	1,38		1,35
5	aria debolmente ventilata	0,04					0,09
6	controsoffitto	0,0125	900	0,32	1,09		0,04
7							
8							
9							
10							
Totale		0,61					4,56

Parete 10		Trasmissione nominale		Rt da perizia		Resistenza termica	
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico		perm.tà δ
		m	kg/m³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)	
	P2						
1	pavimentazione	0,015	450	0,22	1,38		0,07
2	aria debolmente ventilata	0,02					0,09
3	strato isolante	0,07	40	0,036	0,67		1,94
4	struttura xlam	0,189	450	0,14	1,38		1,35
5	strato isolante	0,03	40	0,036	0,67		0,83
6	controsoffitto	0,0125	900	0,32	1,09		0,04
7							
8							
9							
10							
Totale		0,34					4,32

Pagina 4: Stratigrafia dei componenti opachi, dei muri e dei pavimenti controterra

Parete 11		Trasmittanza nominale	0,128	W/m ² K		Rt da perizia			Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ			
		m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)			
	P3								
1	pavimentazione	0,015	450	0,22	1,38				0,07
2	aria debolmente ventilata	0,02							0,09
3	strato isolante	0,07	40	0,036	0,67				1,94
4	struttura xlm	0,189	450	0,14	1,38				1,35
5	strato isolante	0,15	40	0,036	0,67				4,17
6	controsoffitto	0,0125	900	0,32	1,09				0,04
7									
8									
9									
10									
Totale		0,46							7,66

Parete 12		Trasmittanza nominale	0,051	W/m ² K		Rt da perizia			Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ			
		m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)			
	C1								
1	rivestimento metallico	0,001	2700	109	0,89				0,00
2	tavolato ligneo	0,03	450	0,14	1,38				0,21
3	paglia+travi	0,6	160	0,05	0,88				12,00
4	strato isolante	0,2	40	0,036	0,67				5,56
5	struttura xlam	0,189	450	0,14	1,38				1,35
6	aria debolmente ventilata	0,04							0,09
7	controsoffitto	0,0125	900	0,32	1,09				0,04
8									
9									
10									
Totale		1,07							19,25

Parete 13		Trasmittanza nominale	0,050	W/m ² K		Rt da perizia			Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ			
		m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)			
	M6a_Nord								
1	rivestimento metallico	0,001	2700	109	0,89				0,00
2	tavolato ligneo	0,03	450	0,14	1,38				0,21
3	paglia+travi	0,6	160	0,05	0,88				12,00
4	strato isolante	0,2	40	0,036	0,67				5,56
5	struttura xlam	0,095	450	0,14	1,38				0,68
6	strato isolante	0,05	40	0,036	0,67				1,39
7	finitura interna	0,025	900	0,32	1,09				0,08
8									
9									
10									
Totale		1,00							19,92

Composizione pareti contro terra o a contatto con pavimenti contro terra									
C.terra 1		Trasmittanza nominale	0,111	W/m ² K		Rt da perizia			Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ			
		m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)			
	M1a								
1	finitura esterna	0,025	500	0,09	1,09				0,28
2	strato isolante	0,25	40	0,036	0,67				6,94
3	struttura c.a.	0,3	2500	2,3	0,88				0,13
4	strato isolante	0,05	40	0,036	0,67				1,39
5	finitura interna	0,025	900	0,32	1,09				0,08
6									
7									
8									
9									
10									
Totale		0,65							8,82

Composizione pavimenti contro terra									
Pav. 1		Trasmittanza nominale	0,133	W/m ² K		Rt da perizia			Resistenza termica
Posizione	Tipo	spessore	densità	cond.tà λ	calore specifico	perm.tà δ			
		m	kg/m ³	W/(m K)	kJ/(kg K)	ng/(m s Pa)			
	S1a,b								
1	magrone cls	0,1	2000	1,6	0,88				0,06
2	strato isolante	0,2	40	0,04	0,67				5,00
3	platea di fondazione	0,3	2500	2,3	0,88				0,13
4	allettamento riscaldamento	0,078	40	0,04	0,67				1,95
5	massetto a secco	0,028	900	0,26	1,09				0,11
6	pavimentazione	0,015	450	0,3	1,38				0,05
7									
8									
9									
10									
Totale		0,72							7,30

Caratteristiche componenti finestrate (UNI EN ISO 10077-1:2007)

Finestra singola

Tipo	Dimensioni del foro m			Aree m ²			Perimetro m			Trasmissione termica W/(m ² K)			Giunti e distanziali W/(m K)		Trasmissione calcolata W/(m ² K)		Trasmissione certificata W/(m ² K)		Altri fattori					Tipologia di ponte termico			Vista del cielo
	Base	Altezza		Vetro	Telaio	Pannelli opaco	Vetro	Pannello opaco		Vetro	Telaio	Pannello opaco	Vetro	Pannello opaco	Uw	Ug	Ombreggiamento con ostacoli e aggetti	angoli formati	Ten-daggi	Trasmissione solare	Soglia	Spalle	Architrave	F _v			
	b	h		A _g	A _t	A _p	l _g	l _p		U _g	U _t	U _p	U _g	U _p			cosnuz	super	vert.1	vert.2	F _s	g _s	W _{in}	W _{sp}	W _{ar}	F _v	
1 F1	0,90	1,10		0,59	0,40										0,19	0,7	0	60	60	60	0,95	0,7	Wa	Wa	Wa	nulla	
2 F2	0,90	1,10		0,59	0,40										0,19	0,7	0	60	60	60	0,95	0,7	Wa	Wa	Wa	nulla	
3 F3	0,60	0,60		0,14	0,22										0,25	0,7	0	60	60	60	0,95	0,7	Wa	Wa	Wa	nulla	
4 P1	0,90	2,10		0,00	0,00	1,89							3,78		0,9	0	0	0	45	0	0,7	0,7	Wb	Wb	Wb	compl.	
5 F4	0,60	0,60		0,14	0,22										0,25	0,7	0	60	60	45	0,95	0,7	Wa	Wa	Wa	compl.	
6 vetrina_pt	4,70	2,40		11,04	0,24										0,10	0,83	0	45	45	0	0,95	0,7	Wc	Wc	Wc	compl.	
7 vetrina	3,97	2,30		9,02	0,11										0,10	0,83	0	60	60	15	0,95	0,7	Wc	Wc	Wc	compl.	
8 serra Sud	14,93	5,20		66,70	10,94										0,09	2,8	0	0	0	0	0,95	0,75	Wd	Wd	Wd	compl.	
9 vetrina con frangevole	0,95	2,30		2,19											0,18	0,83	0	60	60	15	0,95	0,35	Wc	Wc	Wc	compl.	
10 serra Est-Ovest_p2	2,30	2,30		4,53	0,36										0,10	2,8	0	0	0	0	0,95	0,75	Wd	Wd	Wd	compl.	
11 serra Est-Ovest_p1	2	2,40		4,45	0,35										0,11	2,8	0	0	0	0	0,95	0,75	Wd	Wd	Wd	compl.	
12																	0	0	0	0	0,95					compl.	
13																	0	0	0	0	0,95					compl.	
14																	0	0	0	0	0,95					compl.	
15																	0	0	0	0	0,95					compl.	
16																	0	0	0	0	0,95					compl.	
17																	0	0	0	0	0,95					compl.	
18																	0	0	0	0	0,95					compl.	
19																	0	0	0	0	0,95					compl.	
20																	0	0	0	0	0,95					compl.	

Finestra doppio

Tipo	Base (esterno)	Altezza (esterno)	Check dimensioni	Finestra interna		Finestra esterna		Spessore d'aria mm	Trattamento basso emiss	Tipologia di ponte termico (Soglia, spalle, architrave relative al serramento esterno)	Vista del cielo F _v
				1	2	1	2				
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Pagina 6: Dimensioni dei componenti opachi

Dimensioni e orientazioni delle superfici opache - m ²																		
Vista del cielo (Fs)	Da ambiente riscaldato verso l'esterno							Interne all'ambiente riscaldato	Da ambiente riscaldato verso altri riscaldati	Da ambiente riscaldato verso non riscaldati	Da ambienti non riscaldati verso l'esterno						Da ambienti non riscaldati verso altri riscaldati	
	N	NO-NE	E-O	SO-SE	S	Copertura superiore	Solaio inferiore				N	NO-NE	E-O	SO-SE	S	Copertura superiore		Solaio inferiore
	Parz. Compl.	Parz. Compl.	Parz. Compl.	Parz. Compl.	Parz. Compl.	Parz. Compl.	Parz. Compl.				Parz. Compl.	Parz. Compl.	Parz. Compl.	Parz. Compl.	Parz. Compl.	Parz. Compl.		Parz. Compl.
Colore (α)	Chiaro	Chiaro	Chiaro	Chiaro	Chiaro	Chiaro	Chiaro				Chiaro	Chiaro	Chiaro	Chiaro	Medio			
Parete 1	M1a, M2	49,869		59,913						1,458								
Parete 2	M1b			5,589														
Parete 3	M1d							6,669										
Parete 4	M4a							102,18										
Parete 5	M4b							5,85										
Parete 6	M6a			48,88						2,808								
Parete 7	M6b			24,648														
Parete 8	M7a,b							136,628										
Parete 9	S2a,b						148,3944											
Parete 10	P2													96,397				
Parete 11	P3							46,01										
Parete 12	C1							74,1972										
Parete 13	M6a_Nord		51,324															
Parete 14																		
Parete 15																		

Dimensioni componenti opache contro terra												
Superficie pavimento	Ambienti riscaldati					Ambienti non riscaldati						
	Parete interrata 1		Parete interrata 2		Parete interrata 3	Parete interrata 4		Parete interrata 5		Parete interrata 5		
	M1a		M1a		M1a	M1a		M1a		M1a		
	alt. interr. m	lung. contatto con pavimento m	alt. interr. m	lung. contatto con pavimento m	alt. interr. m	lung. contatto con pavimento m	alt. interr. m	lung. contatto con pavimento m	alt. interr. m	lung. contatto con pavimento m	alt. interr. m	lung. contatto con pavimento m
Pavimento 1	S1a,b	136,47	1,35	5,35								
Pavimento 2												
Pavimento 3												
Pavimento 4												
Pavimento 5												

Pagina 7: Orientamento delle superfici trasparenti

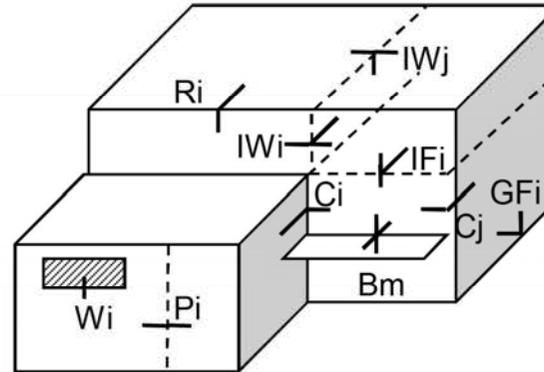
Numero e orientazione componenti finestrate singole

		Da ambienti riscaldati verso l'esterno					Da riscaldati verso non riscaldati	Da ambienti non riscaldati verso l'esterno					Da non riscaldati verso altri riscaldati	
		N	NO-NE	E-O	SO-SE	S		Orizzontale	N	NO-NE	E-O	SO-SE		S
Vetrata 1	F1		1											
Vetrata 2	F2				1									
Vetrata 3	F3		1											
Vetrata 4	P1				1									
Vetrata 5	F4		8											
Vetrata 6	vetrina_pt				2									
Vetrata 7	vetrina						4							
Vetrata 8	serra Sud												1	
Vetrata 9	vetrina con						4							
Vetrata 10	serra Est-Ov									2				
Vetrata 11	serra Est-Ov									2				
Vetrata 12														
Vetrata 13														
Vetrata 14														
Vetrata 15														
Vetrata 16														
Vetrata 17														
Vetrata 18														
Vetrata 19														
Vetrata 20														

Numero e orientazione componenti finestrate doppie

		Da ambienti riscaldati verso l'esterno					Da riscaldati verso non riscaldati	Da ambienti non riscaldati verso l'esterno					Da non riscaldati verso altri riscaldati	
		N	NO-NE	E-O	SO-SE	S		Orizzontale	N	NO-NE	E-O	SO-SE		S
Vetrata 1														
Vetrata 2														
Vetrata 3														
Vetrata 4														
Vetrata 5														
Vetrata 6														

Dispersioni termiche attraverso ponti termici lineari (UNI EN ISO 14683:2008)



		Da ambienti riscaldati				Da amb. non riscaldati	
		Coefficiente lineico	Verso l'esterno		Verso amb. non riscaldati		Da amb. non riscaldati
		Ψ_i	l_i	$\Psi_{l,i}$	l_i	$\Psi_{l,i}$	l_i
			(m)		(m)		(m)
coperture	R1	0,75					
	R2	0,75					
	R3	0,75					
	R4	0,65					
	R5	0,80					
	R6	0,70					
	R7	0,85					
	R8	0,70					
	R9	0,15					
	R10	0,20					
	R11	0,25					
	R12	0,40					
	Ra	0,05	34,96	1,84			
	Rb	0,05	27,92	1,52			
Balconi	B1	1,05					
	B2	1,05					
	B3	1,00					
	B4	0,80					
	Ba	0,02	48,92	1,19			

angoli	C1	0,15				
	C2	0,10				
	C3	0,05				
	C4	0,10				
	C5	-0,15				
	C6	-0,10				
	C7	-0,05				
	C8	-0,10				
	Ca	0,04	10,80	0,46		
	Cb	0,04	20,80	0,89		
pavimenti	IF1	0,10				
	IF2	1,05				
	IF3	1,00				
	IF4	0,80				
	IF5	0,65				
	IF6	1,00				
	IF7	0,80				
	IF8	0,60				
	IFa	0,01	10,22	0,11		
	IFb	0,02	10,22	0,16		
divisori interni	IW1	0,10				
	IW2	1,05				
	IW3	1,00				
	IW4	0,20				
	IW5	0,10				
	IW6	0,10				
pilastrini	P1	1,30				
	P2	1,20				
	P3	1,15				
	P4	0,90				
terreno	GF1	0,80				
	GF2	0,75				
	GF3	0,70				
	GF4	0,65				
	GF5	0,75				

	GF6	0,60				
	GF7	0,10				
	GF8	0,20				
	GF9	0,95				
	GF10	0,85				
	GF11	0,75				
	GF12	0,70				
	GF13	0,80				
	GF14	0,65				
	GF15	0,10				
	GF16	0,20				
	GFa	0,19	62,79	11,84		
	GFb					
serramenti	W1	0,00				
	W2	1,00				
	W3	0,80				
	W4	0,15				
	W5	0,40				
	W6	0,10				
	W7	0,45				
	W8	1,00				
	W9	0,60				
	W10	0,10				
	W11	0,00				
	W12	0,10				
	W13	0,80				
	W14	1,00				
	W15	0,00				
	W16	0,15				
	W17	0,40				
	W18	0,20				
	Wa	0,04	29,60	1,24		
	Wb	0,07	6,00	0,39		
	Wc	0,07	28,40	1,85	76,16	4,95
	Wd	0,10				76,26

Ventilazione					
Portate di ventilazione e infiltrazione					
	Da ambienti riscaldati				
	Verso l'esterno (m ³ /h)			Verso non riscaldati (m ³ /h)	
	Vie meccanica	Vie infiltrazione	Vie (somma)	Vie richiesta	Viu (m ³ /h)
Portata di ventilazione di progetto	410,00	102,75	512,75	507,40	0
Portata di ventilazione media	136,67	102,75	239,42	169,13	0
	misurata	stimata			
Infiltrazione (vol/h)	0,15	0,15			

Da ambienti non riscaldati	
Verso l'esterno (m ³ /h)	Verso altri riscaldati (m ³ /h)
Vue (m ³ /h)	Vou (m ³ /h)
2 Giunti ben sigillati, no apert. di ventilazione	0
2 Giunti ben sigillati, no apert. di ventilazione	0

Sistema di recupero termico sulla portata di espulsione							
Mese	Clima standard					Potenza elettrica assorbita (kW)	Check
	Temperatura esterna clima standard	Efficienza dello scambiatore %	Temperatura di immissione calcolata	Temperatura di immissione effettiva			
Gennaio	2,4	85	17,4	17,4	0,3		
Febbraio	4,2	85	17,6	17,6	0,3		
Marzo	8,5	85	18,3	18,3	0,3		
Aprile	12,9	85	18,9	18,9	0,068		
Maggio	17,0		17,0				
Giugno	21,3		21,3				
Luglio	23,6		23,6				
Agosto	23,0		23,0				
Settembre	19,6		19,6				
Ottobre	13,9	85	19,1	19,1	0,068		
Novembre	8,5	85	18,3	18,3	0,3		
Dicembre	4,1	85	17,6	17,6	0,3		
Condizioni di progetto invernali	-5,0	85	16,3	16,3	0,3		

Sistema di recupero termico sulla portata di espulsione						
Mese	Clima reale					Check
	Temperatura esterna clima standard	Efficienza dello scambiatore %	Temperatura di immissione calcolata	Temperatura di immissione effettiva	Potenza elettrica assorbita (kW)	
Gennaio	-2,5	85	16,6	16,6	0,3	
Febbraio	-0,3	85	17,0	17	0,3	
Marzo	4,2	85	17,6	17,6	0,3	
Aprile	8,6	85	18,3	18,3	0,068	
Maggio	12,3		12,3			
Giugno	16,3		16,3			
Luglio	18,6		18,6			
Agosto	18,2		18,2			
Settembre	15,1		15,1			
Ottobre	9,8	85	18,5	18,5	0,3	
Novembre	3,9	85	17,6	17,6	0,3	
Dicembre	-0,9	85	16,9	16,9	0,3	
Condizioni di progetto invernali	-12,0	85	15,2	15,2	0,3	

Le schede successive risultano differenziate in base alla tipologia di impianto modellata.

Impianto di riscaldamento e climatizzazione

Sottosistema di emissione (UNI TS 11300-2:2008)

Locali di altezza inferiore a 4 m		Volume servito %	Volume servito m ³	Altezza del locale m	Potenza nominale terminali kW	Potenza progetto clima std kW	Potenza progetto cl. reale kW	Check
Locali di altezza inferiore a 4 m	Radiatori	0%	0,00					
	Ventilconvettori	0%						
	Termoconvettori	0%						
	Bocchette in sistemi ad aria calda	0%						
	x Pannelli a pavimento (isolati)	100%	685,00		6,50	10,42	12,21	
	Pannelli a pavimento (non isolati)	0%						
	Pannelli a parete o soffitto	0%						
Locali di altezza superiore a 4 m	Aerotermi ad acqua	0%						
	Pannelli isolati, strisce ad acqua	0%						
	Pannelli a pavimento (non isolati)	0%						
	Gen. d'aria calda singoli	0%						
	Gen. d'aria calda singoli a condens.	0%						
	Strisce radianti a gas	0%						
	Riscaldatori a infrarosso elettrici	0%						

Check

Potenza elettrica dei ventilconvettori (W) default

Sottosistema di regolazione (UNI TS 11300-2:2008)

Tipo di regolazione climatica + zona Caratteristiche P banda 2°C

Sottosistema di distribuzione

Imp. autonomo		Liv. di isolamento dopo il 1993	
Pompe di distribuzione a velocità variabile		Potenza (W)	200,00
Ventilatori sistemi di riscaldamento ad aria calda canalizzati		Potenza (W)	0,00

Sottosistema di accumulo

Impiego	Volume (litri)		Integraz. dal generatore	Posizione dell'accumulo	K _{boll} perdita (W/K)		Separato o condiviso
	totale con integrazione	di sola integrazione			noto	default	
Acqua calda sanitaria	1500	0	esterna	ambiente riscaldato	1,30	6,20	
Riscaldamento	200	0	esterna	ambiente riscaldato	1,30	2,26	
Totale	1700				2,60	6,60	condiviso

Sottosistema di generazione

Tipo	Generatore di calore a combustione per produzione di acqua calda				
	Combustibile				
	Bruciatore				
	Modulazione				
	Caratteristiche (condensazione)				
	Materiale				
	Collocazione				
		Potenza massima	Potenza minima		
	Valore dichiarato	kW	kW		
	Perdite al camino bruciatore acceso	%	%		
	Perdite al camino bruciatore spento	%	%		
	Perdite al mantello	%	%		
	Temp. fumi (per condens. con rit. 30°C)	°C	°C		
	Potenza elettrica del bruciatore	W	W		
	Potenza elettrica della pompa	W	W		
	Vol. camera combustione (solo legna)			litri	
x	Pompa di calore per produzione di acqua calda				
	Alimentazione		elettricità		
	Sorgente termica		aria esterna		
	Potenza termica massima (kW)		11,10		
	COP		2,48		
	nelle seguenti condizioni di riferimento	T _{sorg} °C	-10	T _{prod} °C	35
	Potenza elettrica della pompa (W)		4470,00		

Impianto di produzione di acqua calda sanitaria

Configurazione	Produzione combinata	Tipo di generatore v. riscaldamento	Combustibile v. riscaldamento	Prod. istantanea
----------------	----------------------	-------------------------------------	-------------------------------	------------------

Impianto solare termico

Impiego dell'impianto	Acqua calda e riscaldamento		
Superficie d'apertura	20	m ²	
Esposizione	SW (+45°)		
Inclinazione sull'orizzontale (0° orizzontale - 90° verticale)	27	°	
Tipologia del collettore	Collettore a tubi evacuati		
Tipologia di impianto	Con scambiatore		
Dati tecnici opzionali dei collettori e del sistema			
Coefficiente di perdita di 1° ordine	α_1	0,974	W/(m ² K)
Coefficiente di perdita di 2° ordine	α_2	0,005	W/(m ² K ²)
Efficienza del collettore a zero perdite	η_0	0,718	
Modificatore dell'angolo di incidenza	IAM	1	
Capacità termica dello scambiatore	$(U_{st})_{hx}$		W/K

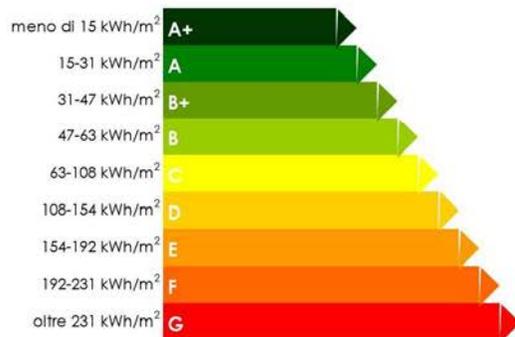


Dati identificativi dell'immobile

indirizzo Via Nuova, 32012 Forno di Zoldo Belluno
 dati catastali Foglio: 16 Particella/Sub: 9
 proprietario/committente
 responsabile del calcolo

Riscaldamento invernale e acqua calda sanitaria

Dispersioni attraverso l'involucro e per ventilazione	46,0 kWh/m ²	(a)
di cui per ventilazione	9,3 kWh/m ²	
Apporti gratuiti utili (η_0 medio stagionale = 0,719)	-41,1 kWh/m ²	(b)
Fabbisogno di calore per riscaldamento al netto degli apporti gratuiti	4,9 kWh/m ²	(c)=(a)+(b)
Perd. emissione ($\eta=0,99$), regolazione ($\eta=0,98$), distribuzione ($\eta=0,996$), accumulo	1,1 kWh/m ²	(d)
Fabbisogno termico lordo al generatore	6,0 kWh/m ²	(e)=(c)+(d)
Contributo collettori solari	-2,7 kWh/m ²	(f)
Ausiliari e perdite di produzione	12,4 kWh/m ²	(g)
Fabbisogno di energia per riscaldamento	15,6 kWh/m ²	(h)=(e)+(f)+(g)
Fabbisogno di calore per acqua calda sanitaria	37,6 kWh/m ²	(1)
Perdite per accumulo	0,9 kWh/m ²	(2)
Altre perdite di impianto	2,0 kWh/m ²	(3)
Contributo collettori solari	-36,3 kWh/m ²	(4)
Fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria	4,3 kWh/m ²	(5)=(1)+(2)+(3)
Fabbisogno annuale di energia nel clima standard	19,9 kWh/m ²	(h)+(5)
Fabbisogno annuale di energia nel clima reale	33,9 kWh/m ²	



◀ 19,9

Produzione annuale di anidride carbonica nel clima standard	
complessiva	979,9 kg/anno
per unità di superficie	3,86 kg/m ²

Interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche

Per la classe	Descrizione sintetica	Fabbis. kWh/m ²	Costo €	Risp. €/anno	P.B. anni
A+					

Confronto con i requisiti limite

EPI nel clima reale (solo riscaldamento)	10,2 kWh/m ³
limite per interventi ex art. 3 c.1 l.a e c.2 l.a p.1 D.Lgs. 192/05	40,0 kWh/m ³
EPE, invol nel clima reale	28,2 kWh/m ³
limite D.P.R. 59/09 per interventi ex art.3 c.1 l.a, c.2 l.a p.1, 2 e l.b D.Lgs. 192/05	10,0 kWh/m ³

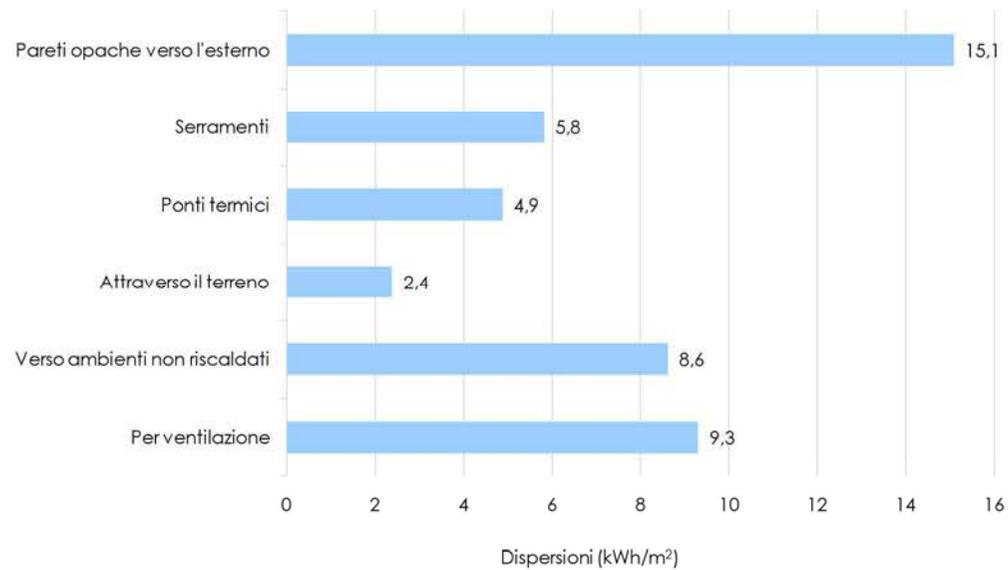
Trasmittanza media dell'involucro opaco	0,146 W/(m ² K)
Pareti opache disperdenti inclusi i ponti termici	0,154 W/(m ² K)
lim. per interventi ex art.3 c.2 l.c p.1 D.Lgs. 192/05*	0,33 W/(m ² K)
Coperture disperdenti	0,081 W/(m ² K)
lim. per interventi ex art.3 c.2 l.c p.1 D.Lgs. 192/05*	0,29 W/(m ² K)
Involucro finestrato inclusi i ponti termici	0,929 W/(m ² K)
lim. per interventi ex art.3 c.2 l.c p.1 D.Lgs. 192/05*	2 W/(m ² K)
Involucro verso ambienti riscaldati	n. pres. W/(m ² K)
lim. per interventi ex art.3 c.1 l.a, c.2 l.a pp.1, 2, l.b e l.c p.1 D.Lgs. 192/05*	0,8 W/(m ² K)
Involucro disperdente degli ambienti non riscaldati	0,224 W/(m ² K)
lim. per interventi ex art.3 c.1 l.a, c.2 l.a pp.1, 2, l.b e l.c p.1 D.Lgs. 192/05*	0,8 W/(m ² K)
Involucro finestrato degli ambienti non riscaldati	2,878 W/(m ² K)
*e interventi ex art.4 c.8 D.P.R. 59/09	

Rendimento globale medio stagionale di riscaldamento	46,9%
lim. per interventi ex art.3 c.2 l.c p.2 D.Lgs. 192/05 e art.4 c.5 D.P.R. 59/09	78,1%

Classificazione energetica nazionale

Classe prestazionale per riscaldamento	A
Classe prestazionale per ACS	A
Classe prestazionale globale	
Qualità prestazionale estiva	III (prestazioni medie)

Ripartizione delle dispersioni attraverso l'involucro e per ventilazione



Parametri di valutazione del comportamento estivo

Costante di tempo delle partizioni opache	91,4 ore
valore minimo di qualità Ecodomus	96 ore
Surriscaldamento strutturale massimo	1,7 °C
valore massimo di qualità Ecodomus	2,0 °C

Impianto di riscaldamento e climatizzazione

Sottosistema di emissione (UNI TS 11300-2:2008)

Locali di altezza inferiore a 4 m		Volume servito %	Volume servito m ³	Altezza del locale m	Potenza nominale terminali kW	Potenza progetto clima std kW	Potenza progetto cl. reale kW	Check
Locali di altezza inferiore a 4 m	Radiatori	0%	0,00					
	Ventilconvettori	0%						
	Termoconvettori	0%						
	Bocchette in sistemi ad aria calda	0%						
	x Pannelli a pavimento (isolati)	100%	685,00		6,50	10,42	12,21	
	Pannelli a pavimento (non isolati)	0%						
	Pannelli a parete o soffitto	0%						
Locali di altezza superiore a 4 m	Aerotermi ad acqua	0%						
	Pannelli isolati, strisce ad acqua	0%						
	Pannelli a pavimento (non isolati)	0%						
	Gen. d'aria calda singoli	0%						
	Gen. d'aria calda singoli a condens.	0%						
	Strisce radianti a gas	0%						
	Riscaldatori a infrarosso elettrici	0%						

Check

Potenza elettrica dei ventilconvettori (W) default

Sottosistema di regolazione (UNI TS 11300-2:2008)

Tipo di regolazione climatica + zona Caratteristiche P banda 2°C

Sottosistema di distribuzione

Imp. autonomo		Liv. di isolamento	dopo il 1993
Pompe di distribuzione	a velocità variabile	Potenza (W)	200,00
Ventilatori sistemi di riscaldamento ad aria calda canalizzati		Potenza (W)	0,00

Sottosistema di accumulo

Impiego	Volume (litri)		Integraz. dal generatore	Posizione dell'accumulo	K _{boil} perdita (W/K)		Separato o condiviso
	totale con integrazione	di sola integrazione			noto	default	
Acqua calda sanitaria	1500	0	esterna	ambiente riscaldato	1,30	6,20	condiviso
Riscaldamento	200	0	esterna	ambiente riscaldato	1,30	2,26	
Totale	1700				2,60	6,60	

Sottosistema di generazione

Tipo	x	Generatore di calore a combustione per produzione di acqua calda	
		Combustibile	legna (pellets)
		Brucciatore	con ventilatore
		Modulazione	monostadio
		Caratteristiche (modalità di carica)	automatica
		Materiale	acciaio
		Collocazione	nell'ambiente riscaldato
			Potenza massima Potenza minima
		Valore dichiarato	12 kW 4 kW
		Perdite al camino bruciatore acceso	1,2 % 0,5 %
		Perdite al camino bruciatore spento	0,1 % %
		Perdite al mantello	0,3 % %
		Temp. fumi (per condens. con rit. 30°C)	125 °C 70 °C
		Potenza elettrica del bruciatore	150 W 65 W
		Potenza elettrica della pompa	90 W W
		Vol. camera combustione (solo legna)	130 litri
		Pompa di calore per produzione di acqua calda	
		Alimentazione	
		Sorgente termica	
		Potenza termica massima (kW)	
		COP	
		nelle seguenti condizioni di riferimento	T _{sorg} °C T _{prod} °C
		Potenza elettrica della pompa (W)	

Impianto di produzione di acqua calda sanitaria				
Configurazione	Produzione combinata	Tipo di generatore v. riscaldamento	Combustibile v. riscaldamento	Prod. istantanea
Impianto solare termico				
Impiego dell'impianto		Acqua calda e riscaldamento		
Superficie d'apertura		20		m ²
Esposizione		SW (+45°)		
Inclinazione sull'orizzontale (0° orizzontale - 90° verticale)		27		°
Tipologia del collettore		Collettore a tubi evacuati		
Tipologia di impianto		Con scambiatore		
Dati tecnici opzionali dei collettori e del sistema				
Coefficiente di perdita di 1° ordine	α_1	0,974		W/(m ² K)
Coefficiente di perdita di 2° ordine	α_2	0,005		W/(m ² K ²)
Efficienza del collettore a zero perdite	η_0	0,718		
Modificatore dell'angolo di incidenza	IAM	1		
Capacità termica dello scambiatore	$(U_{st})_{hx}$			W/K

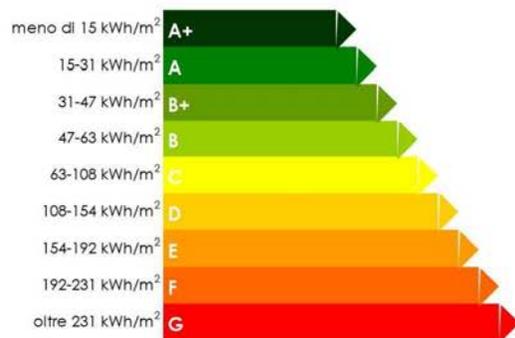


Dati identificativi dell'immobile

indirizzo	Via Nuova, 32012 Forno di Zoldo Belluno
dati catastali	Foglio: 16 Particella/Sub: 9
proprietario/committente	
responsabile del calcolo	

Riscaldamento invernale e acqua calda sanitaria

Dispersioni attraverso l'involucro e per ventilazione	46,0 kWh/m ²	(a)
di cui per ventilazione	9,3 kWh/m ²	
Apporti gratuiti utili (η ₀ medio stagionale = 0,719)	-41,1 kWh/m ²	(b)
Fabbisogno di calore per riscaldamento al netto degli apporti gratuiti	4,9 kWh/m ²	(c)=(a)+(b)
Perd. emissione (η=0,99), regolazione (η=0,98), distribuzione (η=0,996), accumulo	1,1 kWh/m ²	(d)
Fabbisogno termico lordo al generatore	6,0 kWh/m ²	(e)=(c)+(d)
Contributo collettori solari	-2,7 kWh/m ²	(f)
Ausiliari e perdite di produzione	4,2 kWh/m ²	(g)
Fabbisogno di energia per riscaldamento	7,5 kWh/m ²	(h)=(e)+(f)+(g)
Fabbisogno di calore per acqua calda sanitaria	37,6 kWh/m ²	(1)
Perdite per accumulo	0,9 kWh/m ²	(2)
Altre perdite di impianto	8,0 kWh/m ²	(3)
Contributo collettori solari	-36,3 kWh/m ²	(4)
Fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria	10,2 kWh/m ²	(5)=(1)+(2)+(3)
Fabbisogno annuale di energia nel clima standard	17,7 kWh/m²	(h)+(5)
Fabbisogno annuale di energia nel clima reale	26,7 kWh/m²	



◀ 17,7

Produzione annuale di anidride carbonica nel clima standard	
complessiva	260,7 kg/anno
per unità di superficie	1,03 kg/m ²

Interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche

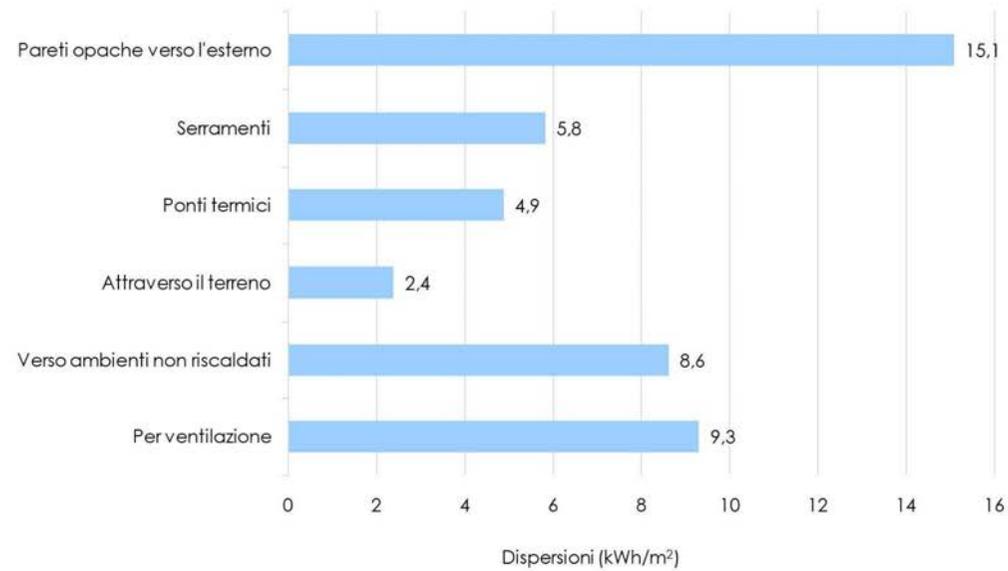
Per la classe	Descrizione sintetica	Fabbis. kWh/m ²	Costo €	Risp. €/anno	P.B. anni
A+					

Trasmittanza media dell'involucro opaco	0,146 W/(m ² K)
Pareti opache disperdenti inclusi i ponti termici	0,154 W/(m ² K)
<i>lim. per interventi ex art.3 c.2 l.c p.1 D.Lgs. 192/05*</i>	0,33 W/(m ² K)
Coperture disperdenti	0,081 W/(m ² K)
<i>lim. per interventi ex art.3 c.2 l.c p.1 D.Lgs. 192/05*</i>	0,29 W/(m ² K)
Involucro finestrato inclusi i ponti termici	0,929 W/(m ² K)
<i>lim. per interventi ex art.3 c.2 l.c p.1 D.Lgs. 192/05*</i>	2 W/(m ² K)
Involucro verso ambienti riscaldati	n. pres. W/(m ² K)
<i>lim. per interventi ex art.3 c.1 l.a, c.2 l.a pp.1, 2, l.b e l.c p.1 D.Lgs. 192/05*</i>	0,8 W/(m ² K)
Involucro disperdente degli ambienti non riscaldati	0,224 W/(m ² K)
<i>lim. per interventi ex art.3 c.1 l.a, c.2 l.a pp.1, 2, l.b e l.c p.1 D.Lgs. 192/05*</i>	0,8 W/(m ² K)
Involucro finestrato degli ambienti non riscaldati	2,878 W/(m ² K)
<i>*e interventi ex art.4 c.8 D.P.R. 59/09</i>	
Rendimento globale medio stagionale di riscaldamento	91,6%
<i>lim. per interventi ex art.3 c.2 l.c p.2 D.Lgs. 192/05 e art.4 c.5 D.P.R. 59/09</i>	78,2%

Classificazione energetica nazionale

Classe prestazionale per riscaldamento	A+
Classe prestazionale per ACS	B
Classe prestazionale globale	
Qualità prestazionale estiva	III (prestazioni medie)

Ripartizione delle dispersioni attraverso l'involucro e per ventilazione



Parametri di valutazione del comportamento estivo

Costante di tempo delle partizioni opache	91,4 ore
valore minimo di qualità Ecodomus	96 ore
Surriscaldamento strutturale massimo	1,7 °C
valore massimo di qualità Ecodomus	2,0 °C

Prospetto 17: Il calcolo energetico

Calcolo del fabbisogno di energia termica per il riscaldamento

Guadagni solari

- = 40,02 kWh/m²a
- Forma
 - Orientamento
 - Superfici vetrate
 - Schermature solari

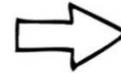


Perdite per trasmissione

- = 36,7 kWh/m²a
- Rapporto S/V
 - Trasmittanza dei componenti
 - Ponti termici lineari

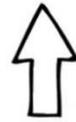
Carichi interni

- = 1,08 kWh/m²a
- Presenza di persone
 - Destinazione d'uso
 - Dispositivi di illuminazione
 - Funzionamento di elettrodomestici



Perdite per ventilazione

- = 9,3 kWh/m²a
- Gestione delle aperture
 - Tenuta all'aria dell'involucro
 - Impianto di ventilazione meccanica controllata



Contributo dei
collettori solari
= 2,7 kWh/m²a



Impianto di riscaldamento
= 7,5 kWh/m²a

- perdite di emissione
- perdite di regolazione
- perdite di distribuzione
- perdite di accumulo

Calcolo del fabbisogno di energia termica per la fornitura di acqua calda sanitaria

Fabbisogno lordo

- = 37,6 kWh/m²a
- Numero di letti
 - Destinazione d'uso
 - Temperatura di immissione
 - Temperatura di emissione

Fabbisogno netto

- = 46,5 kWh/m²a
- Perdite di accumulo
 - Altre perdite

Contributo dei collettori solari

= 36,3 kWh/m²a

Impianto di riscaldamento

- = 10,2 kWh/m²a
- perdite di emissione
 - perdite di regolazione
 - perdite di distribuzione
 - perdite di accumulo

Fabbisogno totale annuale di energia

Fabbisogno di energia
per riscaldamento
= 7,5 kWh/m²a

+

Fabbisogno di energia
per acqua calda sanitaria
= 10,2 kWh/m²a

= 17,7 kWh/m²a CLASSE A

Bibliografia completa

Libri:

- F. Alberti, C. Chiapparini (a cura di), *Cultura e ecologia dell'architettura alpina*, Regione del Veneto, 2011
- E. Arnoldo, *Antiche case e tabià nella Val di Zoldo*, Istituto bellunese di ricerche sociali e culturali, 1990
- Associazione italiana albergatori per la gioventù, *Guida agli ostelli in Italia-Guide to youth hostels in Italy 2008*, Ed. Rubbettino, 2007
- D. Battistella, N. Pinton, *Se vuole le racconto un episodio, posso?*, Ist. Bellunese di ricerche sociali, 2009
- G. Barazzetta, R. Dulio, *1920-2008 Bruno Morassutti*, Ed. Electa, 2009
- F. Bini Verona, S. Fillippeschi, O. Giorgetti, S. Lami, R. Latrofa, *Bioarchitettura e certificazione energetica*, Ed. Wolters Kluwer Italia, 2008
- L. Bolzoni, *Architettura moderna nelle Alpi italiane dal 1900 alla fine degli anni Cinquanta*, Ed. Priuli e Verrucca, 2000
- L. Bolzoni, *Architettura moderna nelle Alpi italiane dagli anni Sessanta fino alla fine del XX secolo*, Ed. Priuli e Verrucca, 2001
- S. Bruno, *Manuale di bioarchitettura*, Ed. Dario Flaccovio, 2010
- L. Caputo, *Politiche dell'ambiente e del territorio*, Ed. Tangram, 2011
- S. De Pascalis, *Progettazione bioclimatica*, Ed. Dario Flaccovio, 2001
- A. De Rossi, R. Dini, *Architettura contemporanea alpina*, Ed. Priuli e Verrucca, 2012
- V. Ferrario, *Tabià. Recupero dell'edilizia rurale alpina del Veneto*, Regione Veneto, 2006
- D. Francese, *Architettura bioclimatica*, UTET, 1996
- J. Gaspari, *Il progetto dell'involucro efficiente*, Ed. Edicom, 2010
- G. Gellner, *Architettura rurale nelle Dolomiti Venete*, Ed. Dolomiti-Cortina, 1988
- A. Giacchetta, A. Magliocco, *Progettazione sostenibile*, Ed. Carrocci, 2007
- L. Gibello, R. Dini, G. Masserano, *Cantieri d'alta quota*, Ed. Lineadaria, 2011
- A. Guerra, M. Morresi, *Gabetti e Isola. Opere di architettura*, Ed. Electa, 1996
- M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark, M. Zeumen, *Atlante della sostenibilità*, UTET, 2007

- P. Isolani, A. Lodi, C. La Macchia, S. Rusconi, C. Angiolini, I. Zucchi, *La certificazione energetica degli edifici*, supplemento a "Test. Noi consumatori", 2009
- N. Lantschner, *Casa Clima, vivere nel più*, Ed. Raetia, 2007
- C. Lazzarin, *Zoldo rivisitato*, 1982
- P. Lazzarin (a cura di), *La via del ferro*, Comunità montana Cadore-Longaronese-Zoldano, 2001
- A. Lazzarini e F. Vendramini, *La montagna veneta in età contemporanea*, Ed. di Storia e Letteratura, 1991
- F. Mancuso, *Il mestiere dell'architetto*, Ed. Electa, 1996
- C. Massaia, G. Mutani, L. Raimondo, *La procedura di certificazione energetica. Dal sopralluogo all'attestato*, Ed. Maggioli, 2012
- Migliorini, Cuccagna, *La casa rurale nella montagna bellunese*, Ed. L. S. Olschki, 1969
- B. Reichlin, *Architettura contemporanea alpina*, Ed. Birkhauser Basel, 1996
- A. Rinaldi, *Progettazione ed efficienza energetica*, Ed. Maggioli, 2010
- B. Rudosky, *Le meraviglie dell'architettura spontanea*, Ed. Laterza, 1979
- S. L. Spagnolo, *Guida alla certificazione energetica*, Ed. Maggioli, 2009
- S. L. Spagnolo, *Classe energetica degli edifici: le procedure di calcolo secondo le UNI TS 11300 -1, -2, -3*, Ed. Maggioli, 2011
- A. Tandelli Palmizzi, *L'impianto di riscaldamento nella casa sana*, Ed. Edicom, 2005
- *energetica*, Ed. Wolters Kluwer Italia, 2008
- B. Taut, *Alpine architektur: a utopia*, Ed. Munchen, 1919

Articoli:

- E. Gellner, *Il villaggio sociale dell'ENI*, "Urbanistica" n. 32, pp. 40-57, 1960
- F. Mattuzzi, *Adriano Olivetti domani*, www.domusweb.it, 2012
- L. Paschini, *Complesso residenziale, Nüziders "Casabella"* n. 657 pp. 82- 85, 1998
- *I pilastri della roccia nell'albergo Pirovano di Cervinia*, "Case di montagna" n. 71, 2013
- *La stazione della slittovia al Lago Nero*, "Domus" n. 698, 1988

Tesi di laurea e dottorato:

- M. Catena, *Analisi degli edifici a risparmio energetico certificati*, Relatori Prof. I. Paoletti, A. Lelli, Politecnico di Milano, 2010
- S. Ombellini, *Tradizione VS immaginazione. Architettura contemporanea nell'area alpina*, relatore prof. Aldo de Poli, Università degli studi di Parma
- V. Roviglioni, *Ricerca delle condizioni di applicabilità delle Fonti Energetiche Nuove e Rinnovabili sul territorio. Il modulo urbano sostenibile per piccoli insediamenti*, relatore Prof. V. Naso, Università Roma La Sapienza, 2005

Siti web:

- www.architetturaecosostenibile.it
- www.baumshlager-eberle.com
- www.edoardogellner.it
- www.enea.it
- www.enoicheillusioni.it
- www.manincor.com
- www.vienergia.it

Studi di settore:

- L. Bellicini, E. Zanchini (a cura di), *Rapporto ONRE 2012*, Legambiente, 2012
- C. Boffa, G. Riva (a cura di), *Attuazione della certificazione energetica degli edifici in Italia*, CTI, 2012
- Regione Veneto, *Piano di gestione della ZPS IT 3230084 "Civetta e Cime di San Sebastiano"*, 2012
- Regione Veneto, *Piano Regionale antincendi boschivi*, 2011

Ringraziamenti

Primi fra tutti voglio ringraziare la mamma e il papà, che in questi anni mi hanno supportata, sopportata e sponsorizzata;

Grazie al Prof. Garau che mi ha seguita nello sviluppo di questo lavoro, e che ha fatto due risate con me ad ogni revisione;

Grazie a Lorenzo che mi ha amata nonostante tutto, e che ha creduto in me più di quanto facessi io;

Grazie a Paola, Svetlin e Alessandro che, anche se lontani, sanno essere vicini;

Grazie a nonna Olga e alla sua saggezza nel consiglio più importante: "mangia";

Grazie ai miei adorati compagni di corso, e in particolar modo ad Anna, Anna, Giulia e Daniele, senza i quali l'università non sarebbe stata così divertente;

Grazie alle mie coinquiline, Ilaria, Giulia più Emily, custodi insieme a me dell'Ostello in via Tiepolo, che hanno reso l'appartamento una casa;

Grazie a tutti i volontari e agli ospiti della Villa Gregoriana che mi hanno insegnato il valore della vita;

Grazie alla parrocchia di Loreto e a Don Bobo, a cui non ho dato il mio aiuto per fare questa tesi;

Grazie alle pagotte e agli aperitivi al De Gusto;

Grazie alle sorelle Bertiato e ai fratelli D'Incà Levis che mi fanno sempre tanto ridere;

Grazie all'Arch. De Biasio che mi ha accolta nel suo studio e mi ha consigliato un altro modo di vedere le cose;

Grazie a Ester e Alessandra Cason, ciascuna delle quali mi ha prestato un libro e regalato un incoraggiamento;

Grazie a Renato Mosenca e al suo amore per Fornesighe;

Grazie a Yuri e Matteo, che mi hanno aiutata a districarmi rispettivamente dagli impianti e dalle strutture;

Grazie a tutti i docenti che mi hanno stimolata ad arrivare fin qui, e grazie a tutti quelli che se ne sono fregati, insegnandomi l'arte di arrangiarmi;

Grazie a Padova, che mi ha fatto godere di un bel centro storico e di tanta festa.