

APPENDICE 1

APPROFONDIMENTI SUGLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO

(a cura Ing. Emiliano Bronzino)

PREMESSA

Come già osservato nel capitolo precedente al riscaldamento invernale è imputabile una consistente percentuale dei consumi energetici del nostro Paese. Il dimensionamento dell'involucro edilizio, il consumo di energia primaria per il suo riscaldamento, l'impianto di riscaldamento e la sua conduzione sono oggetto di una precisa normativa, alla quale è obbligatorio riferirsi in tutte le fasi di progetto e di conduzione del sistema edificio-impianto. Nel seguito si vuole porre l'attenzione su quelle che sono le metodologie utilizzate dal progettista per eseguire una verifica secondo l'attuale legislazione. In particolare facendo riferimento ad un edificio si effettuerà la verifica conducendo i calcoli manualmente e successivamente ripetendoli utilizzando un software di calcolo commerciale.

EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO DAL DL 192/05 AL DL 311/06

Negli ultimi anni il quadro normativo sul tema del risparmio energetico ha subito ulteriori modificazioni.

Nel 29 dicembre del 2006 è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il decreto legislativo 311 varato come decreto **correttivo ed integrativo del D.L. 192/05**.

Il provvedimento è stato necessario in primo luogo perché in data 8 ottobre 2006 sarebbe scaduto il decreto 192/05.

Il decreto 192/05 prevedeva l'obbligo di allegare l'attestato di **certificazione energetica all'atto di compravendita** di un edificio nuovo, intendendo compresi tutti gli edifici per i quali è stato richiesto il **permesso di costruire dopo l'8 ottobre 2005**. Il decreto sanciva la **nullità dell'atto**, in assenza della certificazione. A quella data non erano però ancora state pubblicate le linee guida per la preparazione del certificato e pertanto, **nessun tecnico era in grado di produrlo**. In questa situazione anche i notai hanno assunto una posizione cautelativa; nel Consiglio Nazionale del Notariato è stata data un'interpretazione che considera comunque legittimi i rogiti, proprio per l'assenza delle linee guida sulla certificazione.

Il nuovo decreto emanato voleva sanare tale situazione. In attesa che vengano stabilite delle linee guida, in luogo dell'attestato di "certificazione energetica", viene ammesso un **attestato di "qualificazione energetica"**, che sarà firmato dal **progettista** o dal **direttore lavori**.

In pratica, cioè, a differenza del decreto sostituito, viene ammesso che, in via provvisoria, la qualità energetica dell'immobile non debba essere certificata da un ente terzo. Viene inoltre esteso

l'obbligo di certificazione energetica, con gradualità di applicazione, agli edifici esistenti col seguente criterio:

- dal 1° luglio 2007 diventa obbligatoria la **certificazione energetica** per gli **edifici** esistenti **superiori a 1000 metri quadrati**, nel caso di **compravendita dell'intero immobile**;
- dal 1° luglio 2008 medesimo obbligo entra in vigore anche per gli edifici esistenti **sotto i 1000 metri quadrati**, sempre nel caso di **compravendita dell'intero immobile**;
- dal 1° luglio 2009 l'attestato di certificazione energetica diventa obbligatorio anche per la compravendita del **singolo appartamento** esistente.

In ogni caso, dal 1° gennaio 2007, il certificato energetico è **indispensabile** per ottenere le **agevolazioni fiscali** per le ristrutturazioni edilizie finalizzate a conseguire maggiore efficienza energetica.

Per quanto riguarda le **linee guida per la certificazione energetica**, non sono a oggi state pubblicate se non limitatamente ad alcune Regioni ove specifiche linee guida sono state sviluppate in maniera autonoma (Lombardia, Piemonte e Liguria).

Tra le altre modifiche apportate con il DL 311/06 si ricorda l'**anticipazione al 1° gennaio 2008** per l'entrata in vigore dei livelli di **isolamento termico** (trasmittanze) previsti dalla 192 con decorrenza 1° gennaio 2009. Viene stabilito un **nuovo livello di isolamento termico** molto più restrittivo e severo, con **decorrenza 1° gennaio 2010**.

Viene inoltre introdotto l'**obbligo di installazione di sistemi solari** nelle **nuove costruzioni** distinguendo:

- solare **termici**: per la copertura di almeno il **50% del fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda sanitaria**;
- solare **fotovoltaico**: per la copertura di una **frazione di potenza elettrica richiesta**, che sarà definita con un apposito decreto ministeriale.

Inoltre, per tutti gli edifici con **superficie utile superiore a 1000 metri quadrati**, nuovi od oggetto di ristrutturazione, risulta **obbligatoria l'installazione di sistemi schermanti esterni**, finalizzati a ridurre il fabbisogno per la climatizzazione estiva. Questa direttiva è stata resa necessaria per limitare il costante incremento annuo della domanda estiva di potenza elettrica legata all'utilizzo di gruppi frigoriferi per il condizionamento dell'aria.

Il legislatore sollecita le **Regioni** affinché introducano negli strumenti di pianificazione ed urbanistici di competenza soluzioni finalizzate **all'uso razionale dell'energia** ed all'uso di fonti energetiche rinnovabili. Le Regioni devono inoltre dare indicazioni sull'orientamento ed sulla conformazione degli edifici di nuova costruzione, che permettano di massimizzare lo sfruttamento della radiazione solare.

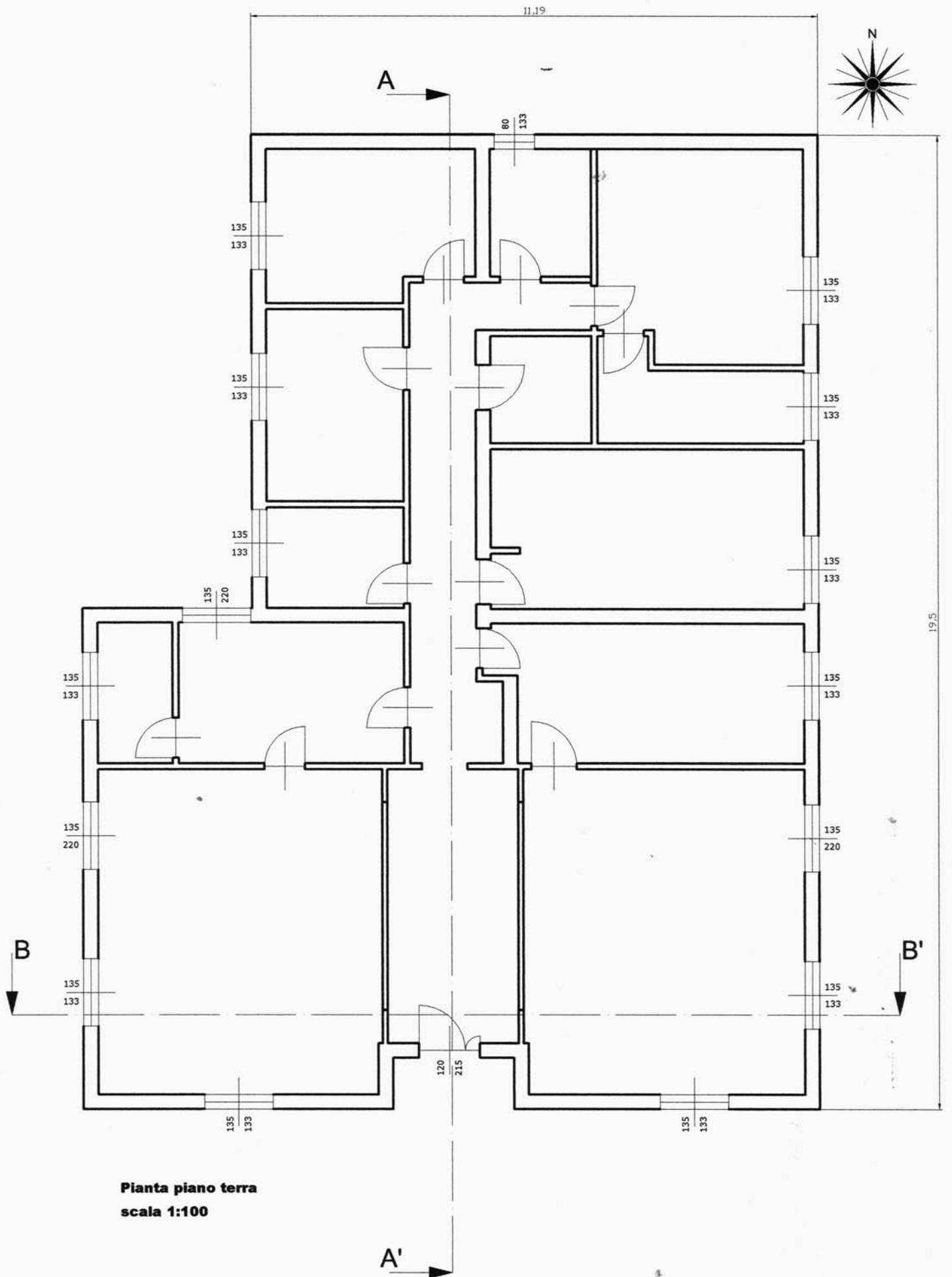
Per quanto riguarda la certificazione energetica la Regione Liguria ha pubblicato nel mese di dicembre del 2007 le linee guide regionali e pertanto nel 2008 sarà già obbligatorio, per gli edifici di nuova costruzione, produrre l'attestato di certificazione energetica.

CALCOLO MANUALE

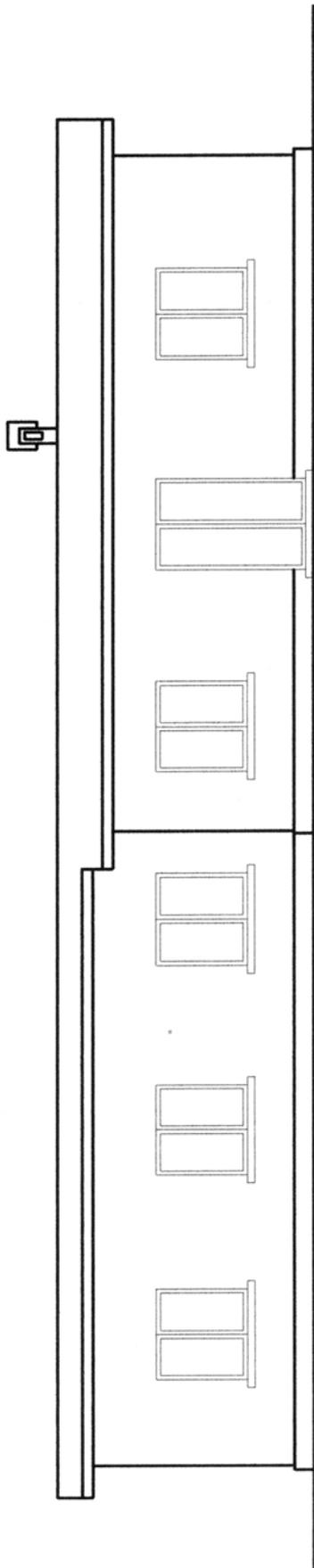
E' il sistema che permette il massimo controllo di ogni fattore e grande flessibilità ma che per grossi edifici può risultare impegnativo. Il calcolo manuale non presenta particolari difficoltà concettuali o matematiche ma si devono affrontare numerosi e ripetitivi calcoli; infatti dato un qualunque edificio, e decise le tipologie delle strutture, segue la verifica di legge, che permette di valutare il valore del **FEP** con l'isolamento adottato e l'impianto installato. Se questo non è verificato si cambiano le strutture e si reitera il procedimento. Questa fase di ottimizzazione se fatta a mano può risultare quindi lunga. Per questa ragione, una volta valutate le superfici disperdenti dell'edificio mediante rilievo diretto dal disegno, sia esso disponibile su supporto cartaceo o direttamente in CAD, si sfrutta la potenzialità dei fogli elettronici. Il procedimento si presta ad essere eseguito in simili ambienti che, se sapientemente redatti, permettono anche di ripetere rapidamente la verifica cambiando i parametri progettuali fissati all'inizio (ad esempio i valori delle trasmittanze delle strutture).

Nel seguito si illustrerà il procedimento manuale utilizzando il metodo analitico previsto dal **D.L. 311** facendo riferimento ad un esempio pratico.

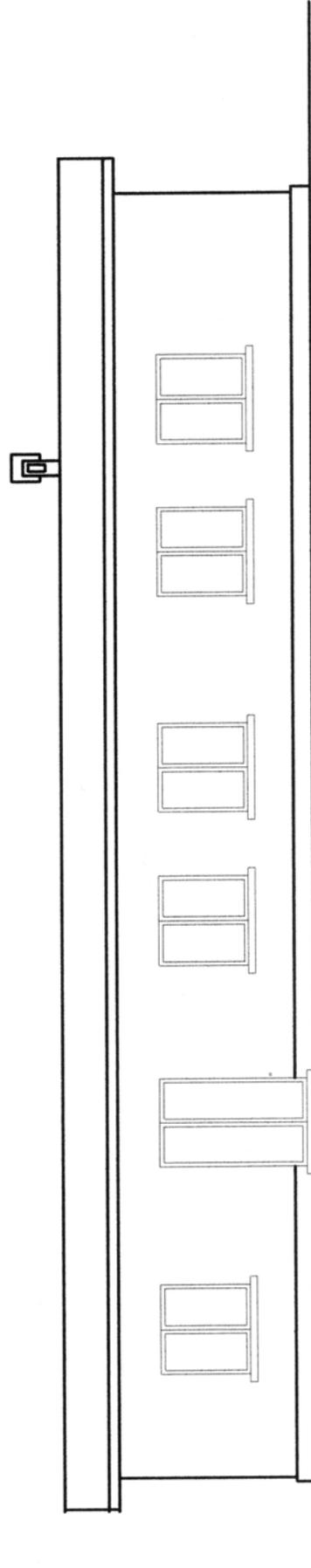
Si consideri un edificio ubicato a **GENOVA** di civile abitazione le cui piante e prospetti sono riportate di seguito.



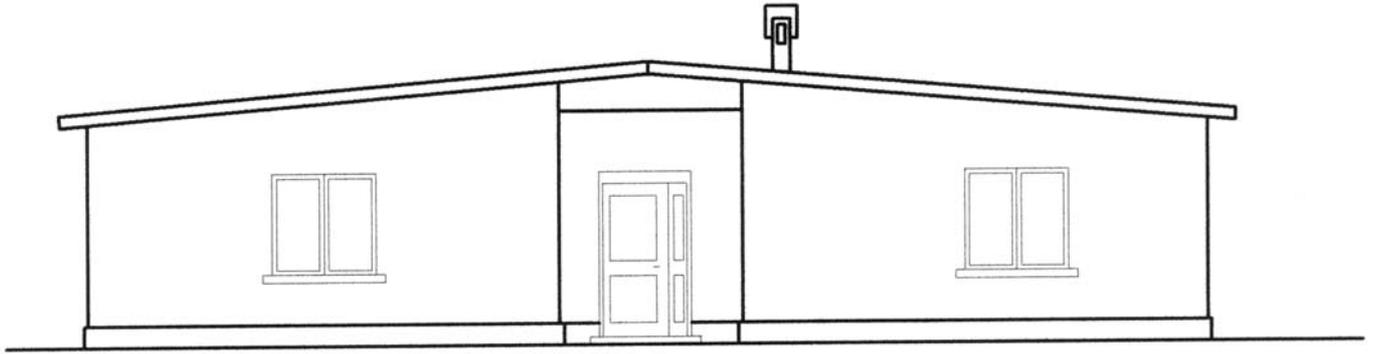
Pianta piano terra
scala 1:100



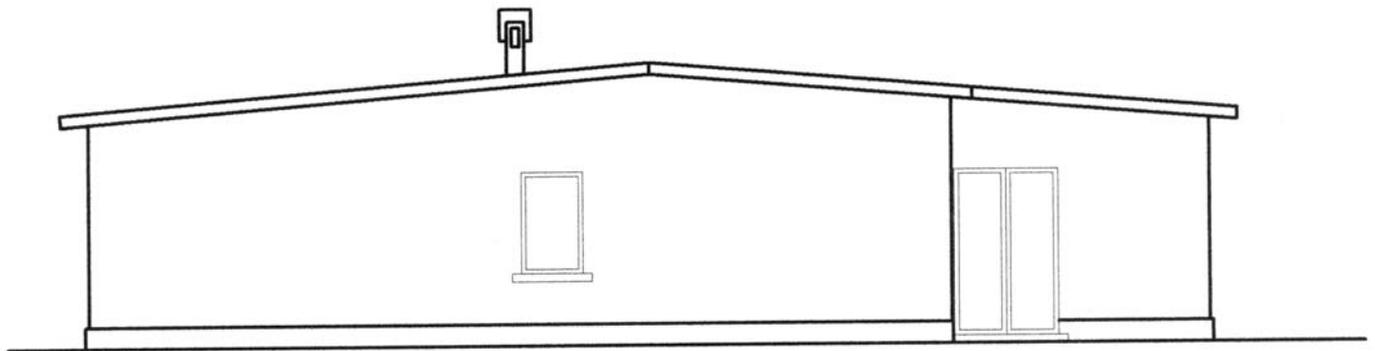
**Prospetto Ovest
scala 1:100**



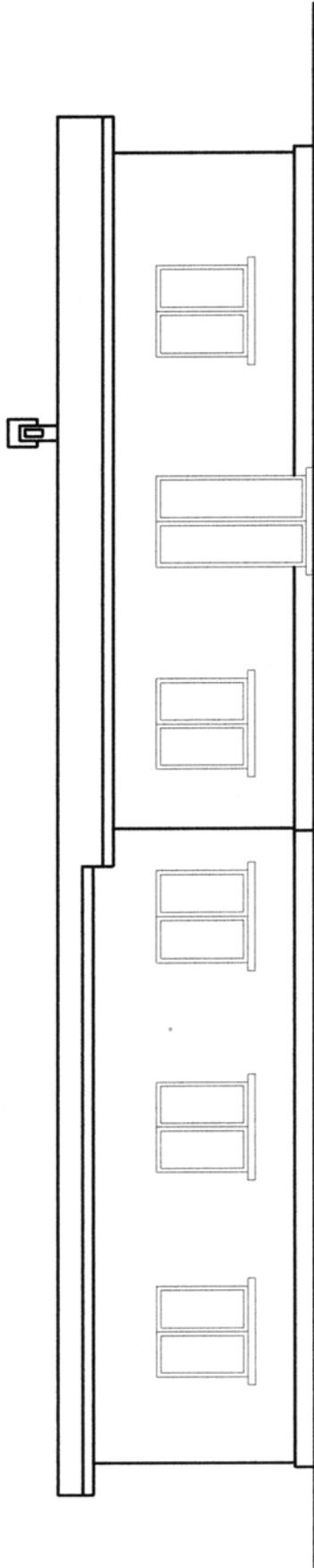
**Prospetto Est
scala 1:100**



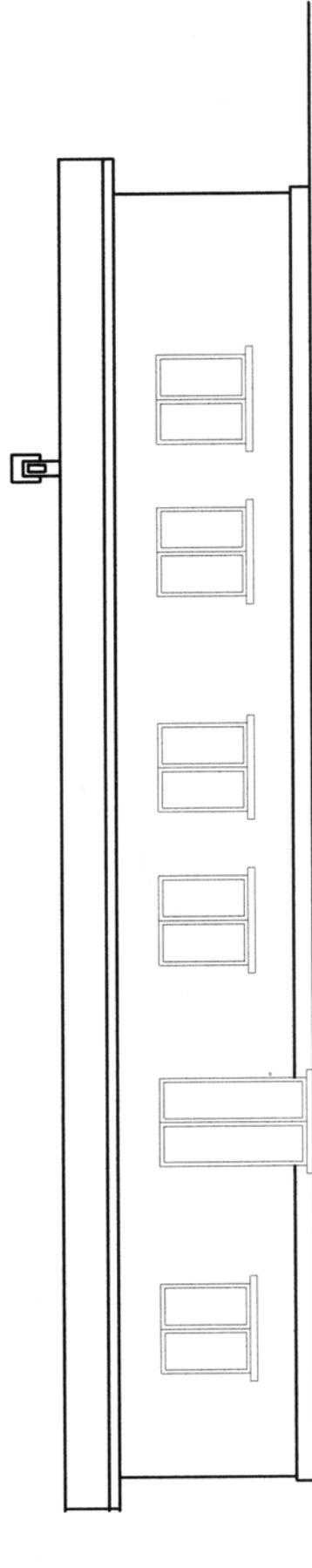
Prospetto Sud
scala 1:100



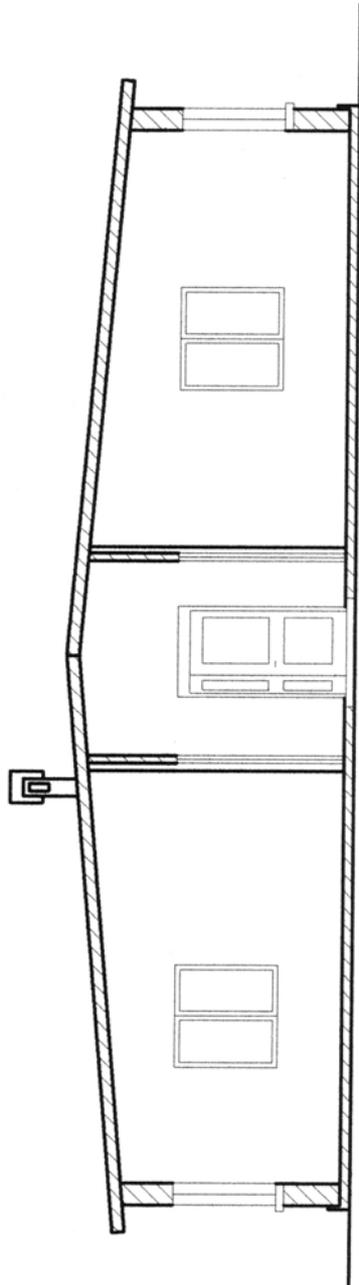
Prospetto Nord
scala 1:100



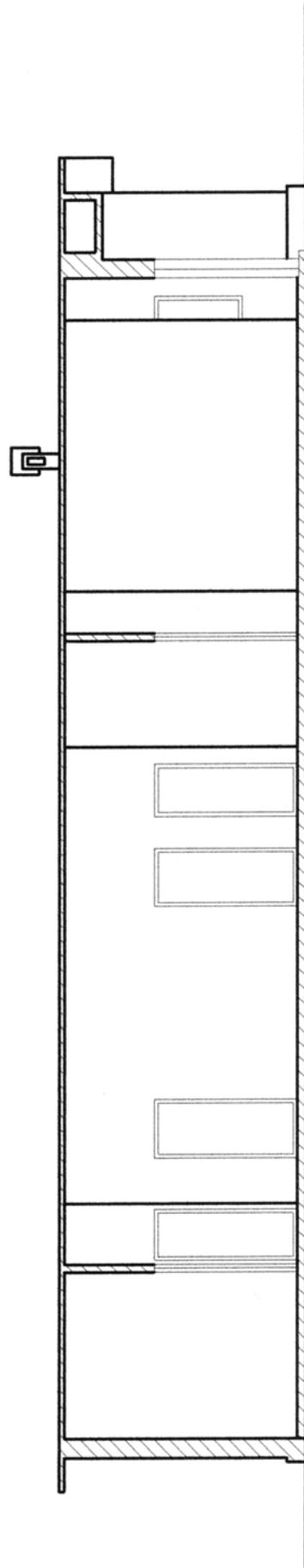
Prospetto Ovest
scala 1:100



Prospetto Est
scala 1:100

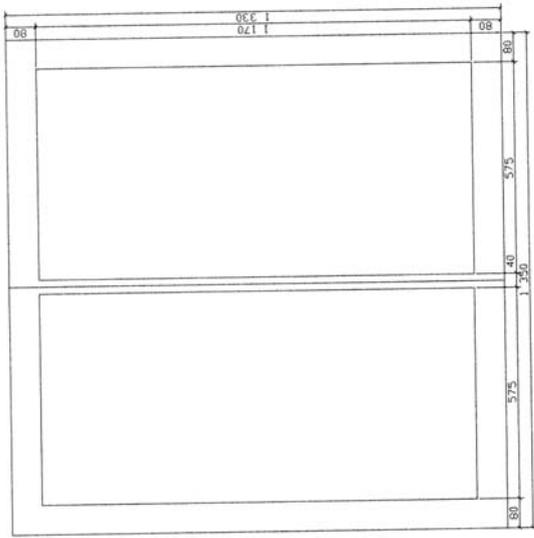


Sezione A-A'
scala 1:100

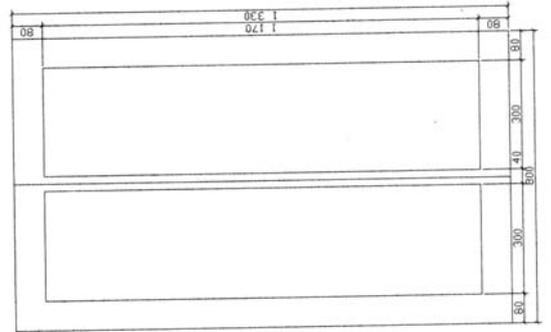


Sezione B-B'
scala 1:100

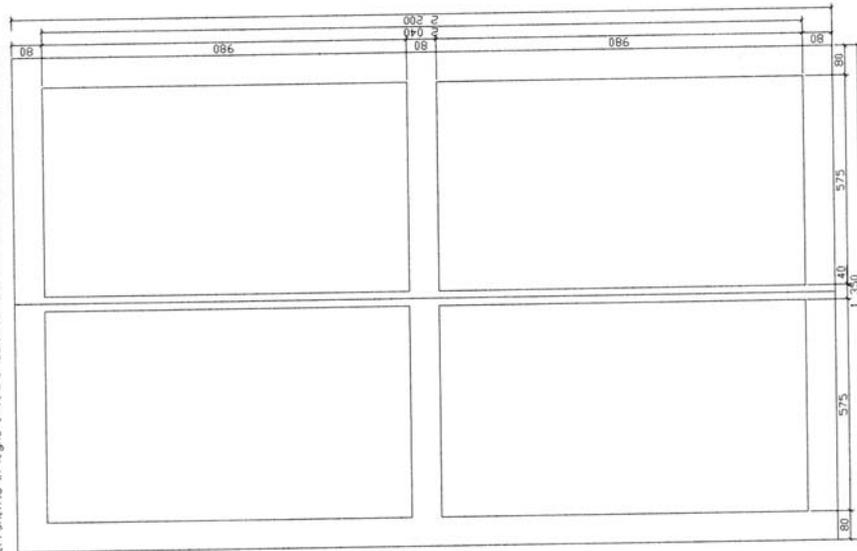
Serramento in legno e vetro isolante 4/6/4 (camera d'aria da 6 mm) tipo SV2



Serramento in legno e vetro isolante 4/6/4 (camera d'aria da 6 mm) tipo SV3



Serramento in legno e vetro isolante 4/6/4 (camera d'aria da 6 mm) tipo SV1



Secondo quanto indicato nel **DPR 412** l'edificio è classificabile nella categoria E1.

I dati climatici di Genova sono i seguenti:

- zona climatica **D**;
- 1435 **GG**;
- temperatura esterna di progetto: $t_e = 0^\circ\text{C}$;
- numero dei giorni di riscaldamento **166** giorni (dal 1° novembre al 15 aprile).
- temperatura media stagionale pari a $t_{em} = 10,5^\circ\text{C}$.

Si calcola il coefficiente volumico di dispersione limite.

Dalle piante risulta:

- Volume lordo riscaldato: $V = 846 \text{ m}^3$;
- Superficie disperdente lorda: $S = 739 \text{ m}^2$.

E pertanto $S/V = 0,874 \text{ m}^{-1}$.

Interpolando dalla tabella riportata nel DL 311 del 29/12/2006 in funzione del valore dei gradi giorno (1435 **GG**) la zona climatica e del rapporto S/V ($0,874 \text{ m}^{-1}$) si ottiene un valore del **FEP** limite pari a $83,96 \text{ [kWh/m}^2\text{anno]}$.

Si determina l'effettivo valore del coefficiente di dispersione volumico. Si deve pertanto determinare il flusso termico disperso. Individuate le diverse strutture opache e trasparenti se ne calcola la trasmittanza termica o i coefficienti lineici di dispersione.

Per quanto riguarda la trasmittanza delle principali strutture disperdenti si utilizza la nota relazione:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_i \frac{l_{ni}}{\lambda_{ni}} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

Con riferimento alle pareti la cui struttura è riportata nei disegni allegati e sostituendo i valori dei coefficienti liminari, della conducibilità (norma UNI 7357) e degli spessori dei vari componenti si ottengono i seguenti valori:

- Parete opaca perimetrale: $0,544 \text{ [W/m}^2\text{K]}$;
- Parete divisorio interni da 12 cm $1,713 \text{ [W/m}^2\text{K]}$;
- Solaio di copertura $0,527 \text{ [W/m}^2\text{K]}$;
- Portone di ingresso $2,056 \text{ [W/m}^2\text{K]}$;
- Vetro serramenti $2,844 \text{ [W/m}^2\text{K]}$;

Discorso a parte va fatto per il pavimento su terra; in questo caso è necessario tener conto del fatto che il pavimento disperde verso il terreno per conduzione. La norma UNI 7357 definisce il valore della trasmittanza fittizia da considerare sul lato terreno. Questa è così definita:

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{K} + \frac{1}{C}}$$

ove K è la trasmittanza del pavimento calcolata come se questo disperdesse verso l'aria dell'ambiente esterno e C è la conduttanza del terreno.

Dal momento che la trasmittanza del terreno è circa $2 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, mentre quella del pavimento su esterno è $0,998 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ risulta:

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{0,998} + \frac{1}{2}} = 0,665 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

La trasmittanza determinata per il vetro non è quella effettiva dei serramenti su cui esso è montato. In pratica l'effettiva trasmittanza del serramento viene determinata come media pesata della trasmittanza dei due diversi materiali e tiene conto della trasmittanza lineare del distanziatore. In particolare la norma UNI 10345 fornisce la seguente espressione:

$$K_w = \frac{A_g \cdot K_g + A_f \cdot K_f + L_g \cdot \Psi_l}{A_g + A_f}$$

ove:

K_w è la trasmittanza termica del componente vetrato;

K_f è la trasmittanza termica del telaio;

Ψ_l è la trasmittanza lineare del distanziatore;

L_g è la lunghezza perimetrale della superficie vetrata;

A_g è la superficie del vetro;

A_f è la superficie del telaio.

Analizzando le geometrie dei serramenti presenti nell'edificio e i materiali con cui sono stati realizzati si determina il valore della trasmittanza per ciascuno di essi ottenendo i seguenti valori:

- Serramento in legno e vetro isolante 4/6/4 tipo SV1: $2,94 \text{ [W/m}^2\text{K]}$;
- Serramento in legno e vetro isolante 4/6/4 tipo SV2: $2,93 \text{ [W/m}^2\text{K]}$;
- Serramento in legno e vetro isolante 4/6/4 tipo SV3: $2,88 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.

Infine si determinano i coefficienti lineici di dispersione dei ponti termici che si prenderanno in considerazione. In particolare si ricorre alle formule fornite dalla norma UNI 7357 o ai valore riportati in forma tabellare nella letteratura tecnica.

- Ad esempio si valuta il ponte termico dell'angolo tra i muri uguali a isolamento ripartito con la relazione: $K_j = 0,2 \cdot K \cdot s$

Per le altre tipologie si hanno formule del tutto analoghe.

In definitiva si ottiene:

- Giunto tra muro esterno a isolamento ripartito e il solaio di copertura in cls isolato esternamente con isolamento non interrotto: $K_j = 0,18$ [W/m K];
- Angolo tra i muri uguali a isolamento ripartito: $K_j = 0,03$ [W/m K];
- Giunto tra parete e serramento: $K_j = 0,18$ [W/m K];

Sono quindi noti i valori della trasmittanza relativi alle varie strutture, per cui, misurate le corrispondenti superfici e nota la differenza di temperatura ($t_a - t_e$), si determina il valore del flusso disperso per ciascun locale e quello complessivo ottenendo i valori riassunti nella seguente tabella.

Cod.	Descrizione	Temp.	Volume	Flusso disperso
		[°C]	[m ³]	[W]
1001	Camera	20	33,4	788
1002	Bagno	20	14,21	309
1003	Camera	20	46,87	940
1004	Corridoio	20	29,54	350
1005	Camera	20	29,22	608
1006	Di servizio	20	11,97	142
1007	Bagno	20	18,49	369
1008	Camera	20	15,37	370
1009	Camera	20	55,06	850
1010	Di servizio	20	11,72	402
1011	Camera	20	34,66	649
1012	Corridoio	20	12,39	147
1013	Camera	20	45,77	721
1014	Sala pranzo	20	101,77	2.086
1015	Ingresso	20	39,3	638
1016	Sala soggiorno	20	101,41	1.991
Totale			601,15	11360

Risulta perciò: $\Phi_d = 11360$ [W].

Cui corrisponde:

$$C_d = \frac{\Phi_d}{V \times (t_a - t_e)} = 0,671 \text{ [W/m}^3\text{K]}$$

Si considera un valore dei ricambi d'ora pari a $n = 0,5$ Vol/h (infiltrazioni naturali attraverso i serramenti) per cui il coefficiente volumico di ventilazione è:

$$C_v = 0,34 \cdot n = 0,170 \text{ [W/m}^3\text{K]}.$$

Il coefficiente volumico globale C_g è infine:

$$C_g = (C_d + C_v) = 841 \text{ [W/m}^3\text{K]}.$$

Dal momento che l'edificio è interamente adibito alla stessa destinazione d'uso, l'impianto che lo serve è unico e le condizioni termiche interne sono per tutti i locali le stesse, vi è una sola zona di legge. Per gli edifici in categoria E1 la temperatura interna di progetto è di 20°C.

Per determinare il valore del fabbisogno di energia primaria **FEP** dell'edificio occorre valutare il valore del rendimento medio globale stagionale η .

Per valutare l'efficienza energetica dell'impianto di riscaldamento il progettista deve:

1. decidere la tipologia e le caratteristiche del generatore di calore adottato per il riscaldamento dell'edificio;
2. individuare il percorso e la struttura del sistema di distribuzione;
3. scegliere quali terminali di impianto adottare;
4. fissare il sistema di regolazione dell'impianto.

Fatto questo aiutato da opportune relazioni o tabelle fornite dalle norme UNI 10348 e 10379 sarà in grado di quantificare i valori dei principali rendimenti di impianto:

- Il rendimento del generatore η_g (rendimento di produzione): è il rapporto tra l'energia termica utile prodotta dall'impianto di produzione e l'energia richiesta alla sorgente energetica; il suo valore è fornito dal produttore oppure può essere stimato in funzione della potenza nominale con le formule indicate nella norma UNI 10379.
- Il rendimento di regolazione η_r : è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta e quello richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con la regolazione reale. Tiene conto del fatto che un sistema di regolazione che non risponde accuratamente e velocemente alla richiesta di energia genera oscillazioni di temperatura all'interno dell'ambiente che causano incrementi di scambi termici per trasmissione e ventilazione verso l'esterno. Il valore di questo

rendimento dipende dalla qualità dei dispositivi di regolazione e dall'adeguatezza del sistema alle caratteristiche dell'impianto e dell'edificio e può essere determinato facendo riferimento ad apposite tabelle fornite dalla norma UNI 10348. Detta tabella viene di seguito riportata.

I valori sotto riportati fanno riferimento alle seguenti tipologie di regolazione:

- regolazione manuale sul termostato di caldaia (regolazione manuale);
- regolazione della temperatura dell'acqua in uscita dalla caldaia con centralina comandata da sonda climatica esterna (regolazione climatica centralizzata);
- regolazione di ambiente e di zona senza controllo della temperatura dell'acqua in uscita dalla caldaia (regolazione solo per singolo ambiente o solo per zona);
- regolazione di ambiente e di zona con controllo della temperatura dell'acqua in uscita dalla caldaia con centralina comandata da sonda climatica esterna (regolazione climatica centralizzata + regolazione per singolo ambiente o per zona).

Prospetto II — Valori di η_c

Sistema di regolazione	Tipologia di prodotto	Impianto di riscaldamento		
		radiatori e convettori	pannelli radianti isolati dalla struttura	pannelli radianti annegati nella struttura
Regolazione manuale	Termostato di caldaia	$0,96 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$	$0,94 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$	$0,90 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$
Climatico centralizzato	Regolatore climatico e/o ottimizzatore	$1 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$	$0,98 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$	$0,94 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$
Solo per singolo ambiente	Regolatore sì/no a differenziale	0,94	0,92	0,88
	Regolatore modulante (banda proporzionale 1 °C)	0,98	0,96	0,92
	Regolatore modulante (banda proporzionale 2 °C)	0,96	0,94	0,90
Climatico + singolo ambiente	Regolatore sì/no a differenziale	0,97	0,95	0,93
	Regolatore modulante (banda proporzionale 1 °C)	0,99	0,98	0,96
	Regolatore modulante (banda proporzionale 2 °C)	0,98	0,97	0,95
Solo di zona	Regolatore sì/no a differenziale	0,93	0,91	0,87
	Regolatore modulante (banda proporzionale 1 °C)	0,97	0,96	0,92
	Regolatore modulante (banda proporzionale 2 °C)	0,95	0,93	0,89
Climatico + zona	Regolatore sì/no a differenziale	0,96	0,94	0,92
	Regolatore modulante (banda proporzionale 1 °C)	0,98	0,97	0,95
	Regolatore modulante (banda proporzionale 2 °C)	0,97	0,96	0,94

I dati del prospetto si riferiscono al funzionamento continuo dell'impianto in regime di temperatura interna costante od attenuata. In regime intermittente ed in assenza di ottimizzatore (spegnimento notturno dell'impianto) i valori devono essere ridotti di 0,02. Tale riduzione non si applica in presenza di un ottimizzatore.

- Il rendimento di distribuzione η_d : è il rapporto tra l'energia termica globale richiesta dalle varie zone dell'edificio e quella immessa nella rete. Caratterizza l'influenza esercitata dalla rete di distribuzione sulla perdita di energia termica non direttamente ceduta agli ambienti da

riscaldare. Se sono noti tutti gli elementi costitutivi della rete si può valutare con buona precisione l'energia dispersa. In fase di dimensionamento, però, non disponendo ancora di questi dati ci si può riferire ai valori riportati nella tabella fornita dalla norma UNI 10348 per diverse tipologie di sistema edificio-impianto. Di seguito si riporta la tabella relativa al rendimento di distribuzione.

- a) edifici nei quali le colonne montanti ed i raccordi con i terminali di erogazione sono situati totalmente all'interno degli ambienti riscaldati, e le tubazioni orizzontali che collegano la centrale termica alle colonne montanti sono disposte nel cantinato;
- b) edifici nei quali le colonne montanti ed i raccordi con i terminali di erogazione, non isolati termicamente, sono inseriti in traccia nel paramento interno dei tamponamenti esterni, e le tubazioni orizzontali che collegano la centrale termica alle colonne montanti scorrono nel cantinato;
- c) edifici nei quali le colonne montanti, in traccia o situate nelle intercapedini, sono isolate con gli spessori di isolante previsti dalla specifica normativa ed ubicate all'interno dell'isolamento termico delle pareti.

Prospetto IV - Valori del rendimento di distribuzione

Tipo di edificio	Volume m ³	Altezza edificio m		
		5	15	25
a, c	1 000	0,96	0,95	0,94
	5 000	0,96	0,95	0,94
	10 000	0,97	0,96	0,95
	15 000	0,97	0,96	0,95
	20 000	0,98	0,97	0,96
b	1 000	0,95	0,94	0,94
	5 000	0,93	0,93	0,93
	10 000	0,91	0,92	0,93
	15 000	0,89	0,90	0,91
	20 000	0,86	0,87	0,88

- Il rendimento di emissione η_e : è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione di riferimento in grado di fornire una temperatura interna perfettamente uniforme e uguale nei vari ambienti e il sistema di emissione reale nelle stesse condizioni di temperatura interna di riferimento e di temperatura esterna. L'efficienza di emissione caratterizza l'influenza che esercita il tipo di scambio termico che si instaura tra il terminale di erogazione e l'ambiente interno. Il rendimento di emissione tiene perciò conto delle disuniformità di temperatura che vengono introdotte all'interno del volume riscaldato e del conseguente accrescimento delle dispersioni termiche. I valori convenzionali da assumere sono ancora riportati dalla norma UNI 10348. In figura si riporta la tabella relativa del rendimento di emissione.

Prospetto III — Valori convenzionali del rendimento di emissione, η_e

Terminale di erogazione	η_e
termoconvettori	0,99
ventilconvettori	0,98
bocchette aria calda	0,97
radiatori*	0,96
pannelli radianti isolati dalle strutture**	0,97
pannelli radianti annegati nella struttura**	0,95

* Riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C, ad una installazione su parete divisoria interna oppure a ridosso di parete esterna isolata come sopra e con presenza di superficie riflettente sul lato interno. In assenza di superficie riflettente il valore riportato deve essere diminuito di 0,02. In presenza di parete esterna non isolata ($U > 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) il valore deve essere ulteriormente ridotto di 0,04. Per temperatura di mandata dell'acqua di 65 °C il valore del prospetto deve essere incrementato di 0,03; le altre correzioni assumono gli stessi valori.

** Riferiti ad una installazione tra ambienti riscaldati oppure in una struttura muraria isolata esternamente e avente un coefficiente globale di trasmissione termica minore di 0,8 W/m²K.

Trascurando l'energia elettrica consumata si ottiene che il rendimento medio globale η è pari al prodotto di detti rendimenti:

$$\eta_g = \eta_e \cdot \eta_r \cdot \eta_d \cdot \eta_g$$

Facendo riferimento alle tabelle fornite dalla norma UNI 10348 risulta:

- Impianto a radiatori: rendimento di emissione 0,95;
- Sistema di regolazione di tipo climatico di zona con regolatore si/no a differenziale: rendimento di regolazione 0,96;
- Rendimento di distribuzione stimato per edificio di tipo "a" (edificio nel quale le colonne montanti ed i raccordi con i terminali di erogazione sono situati all'interno degli ambienti riscaldati, e le tubazioni orizzontali che collegano la centrale termica alle colonne montanti sono disposte nel cantinato) con altezza pari a 3 m (quindi inferiore ai 5 m) e volume lordo di 846 m³ (e quindi inferiore ai 1000 m³): rendimento di distribuzione pari a 0,96.

Per valutare il rendimento del generatore η_g è necessario riferirsi alle relazioni fornite dalla norma UNI 10379; detto rendimento è funzione della potenza nominale del generatore di calore. Per ovvi motivi di produzione i generatori di calore avranno taglie prestabilite, per cui la norma non prescrive rigidamente un valore di potenza da scegliere ma individua un intervallo di potenza; la potenza dovrà essere:

- superiore al flusso termico invernale di progetto diviso i rendimenti di emissione, distribuzione e regolazione. In pratica quindi risulta:

$$P_n \geq \frac{C_g \cdot V \cdot (t_a - t_c)}{\eta_e \cdot \eta_c \cdot \eta_d} = 16.253 \text{ [W]}$$

- inferiore ad un flusso limite superiore valutato riferendosi al C_d diviso per i rendimenti di emissione, distribuzione e regolazione e moltiplicato per un opportuno fattore di riduzione. Detto fattore tiene conto delle perdite termiche al camino e attraverso l'involucro del generatore. Il limite superiore così determinato risulta essere: $P_n \leq 23.988$ [W].

Si opta infine per utilizzare una caldaia avente potenza pari a 18 kW ottenendo così un rendimento del generatore $\eta_g = 87,51\%$. Cui corrisponde un valore del rendimento globale $\eta = 76,62\%$ da confrontarsi col valore limite del rendimento globale è imposto dalla norma UNI 10379 funzione della potenza nominale del generatore di calore.

Sostituendo quanto ottenuto nell'espressione della totale energia utile richiesta all'impianto Q_i detta anche **Fabbisogno Termico Stagionale (FTS)**:

$$Q_i = \text{FTS} = N \cdot n_{\text{ore di riscaldamento}} \cdot 3600 \cdot C_g \cdot V \cdot (t_a - t_{em})$$

si ottiene un valore pari a 13.464 [kWh].

Dalla planimetria risulta una superficie utile di $S_u = 215$ [m²] e pertanto si ottiene un valore del **Fabbisogno di Energia Primaria** per unità di superficie (**FEP**):

$$\text{FEP} = \frac{Q_p}{S_u} = \frac{\text{FTS}}{\eta \cdot S_u} = 81.7 \text{ [kWh/(m}^2\text{a)]}$$

Il valore limite imposto dal decreto legislativo si ottiene dalla doppia interpolazione dei dati tabellati in funzione dei gradi giorno e del rapporto S/V. Risulta un valore del **FEP** = 83,96 [kWh/m² anno] per cui la condizione sul fabbisogno di energia primaria riferito all'unità di superficie è rispettata.

Al progettista rimane l'onere della stesura dettagliata della relazione di calcolo e la compilazione della dichiarazione di rispondenza alla legge 9 gennaio 1991 n°10 e dei suoi regolamenti attuativi (DPR 412 del 26 agosto 1993) aggiornata ai decreti legislativi n°192/05 e 311/06 relativa alla progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici. Sono richiesti inoltre lo schema funzionale dell'impianto con il dimensionamento e la progettazione dell'eventuale canna fumaria.

ESEMPI DI UTILIZZO DI SOFTWARE COMMERCIALE PER LA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI

Lo sviluppo tecnologico nel settore dei calcolatori sia dal punto di vista dell'hardware che da quello del software ha portato a sviluppare sistemi informatici di grande utilità per i progettisti. Nel settore architettonico i programmi CAD hanno soppiantato l'utilizzo del tecnigrafo. Nel settore impiantistico sono stati sviluppati diversi ambienti informatici che permettono di risolvere problemi di tipo progettuale. In questo capitolo si presentano le potenzialità applicative di un tipico software commerciale. Il software in questione si compone di diversi moduli integrati utilizzabili separatamente, sviluppati in ambiente autocad di Autodesk nella versione 2005 e per questo risulta facilmente utilizzabile da chi opera normalmente con il noto programma CAD. I moduli implementati sono i seguenti:

- **L10**: consente la progettazione dell'involucro dell'edificio e le verifiche richieste dalla legge 10/91, dal DPR 412/93 e dal DPR 551/99 aggiornate a quanto previsto dai decreti legislativi numero 192 del 19/08/2005 e 311 del 29/12/2006.
- **Carterm**: effettua il calcolo dei carichi termici estivi ed invernali ed il dimensionamento della centrale di trattamento dell'aria;
- **Tubi**: consente la progettazione delle reti idrauliche, degli apparecchi terminali, dei circolatori e dei generatori, delle reti di adduzione di combustibili gassosi a bassa pressione;
- **FL-HT**: effettua il disegno e il dimensionamento degli impianti a pannelli radianti;
- **Duct**: consente la progettazione delle reti aerauliche e degli apparecchi terminali.

Ai presenti fini ci si soffermerà sul primo modulo.

Come si vedrà nel seguito l'utilizzo di questo software consente di effettuare la verifica della legge 10 in modo veloce e automatizzato partendo dai disegni in CAD dell'edificio e in particolare dalle piante.

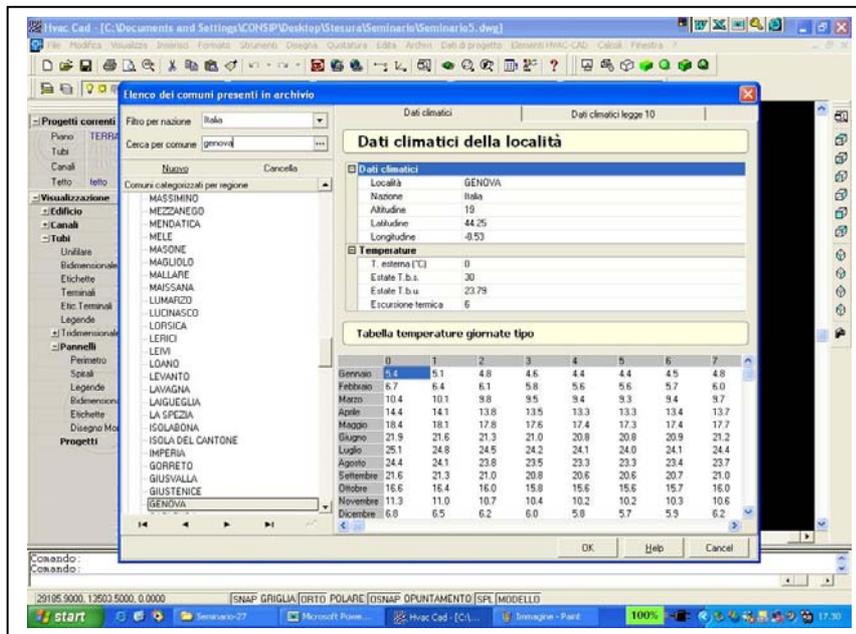
Essenzialmente le operazioni si suddividono in:

- Definizione dei dati di progetto e delle generalità: si introducono i dati climatici necessari per effettuare i calcoli termici e la verifica della legge 10, le strutture dei tamponamenti, dei solai, delle superfici vetrate e dei serramenti dell'edificio, i ponti termici, le zone impiantistiche, le zone di legge 10 e l'input dell'edificio;
- Progetto dell'isolamento termico: dopo aver eseguito la lettura grafica dei dati di progetto quali le strutture di involucro, le finestre, le porte, i ponti termici, le esposizioni, l'orientamento, le zone impiantistiche e i generatori, il modulo esegue il calcolo della trasmittanza dei componenti dell'involucro dell'edificio, la verifica di **Glaser** delle strutture per verificare che non vi siano fenomeni di condensazione superficiale o interstiziale, il calcolo delle dispersioni termiche

secondo la norma UNI 7357/74 e il calcolo e la verifica del **FEP** secondo il DL 311 del 2006. Nel seguito si illustrerà brevemente le principali operazioni.

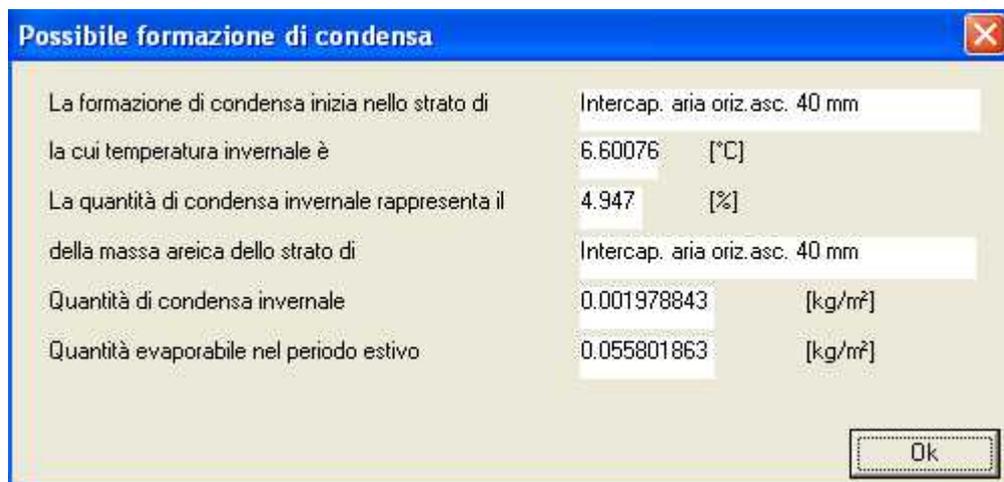
Definizione dei dati di progetto – Generalità

Si introducono i dati climatici della località. Il programma ha implementati nel suo database i dati climatici di tutti i comuni italiani ricavati dalla legge 10/91 e dalla norma UNI 10349 dal titolo “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici”. E’ pertanto sufficiente introdurre il nome della località e il software provvede a caricare i dati corretti. Nella figura riportata di seguito si illustra una schermata relativa a questa fase.



Per ogni tipo di tamponamento, solaio, superficie vetrata dei serramenti si definiscono i materiali e le stratigrafie; il database contiene un archivio con i materiali più utilizzati in edilizia, le cui caratteristiche principali, e in particolare quelle termiche, sono ottenute dalle norme UNI 10351 dal titolo “Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore” e UNI 10355 “Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo”. In questa fase calcola per ciascuna struttura la trasmittanza e effettua la verifica del Glaser (di cui si discuterà in seguito) per le condizioni al contorno imposte dal progettista (temperatura e umidità relativa dell’aria sui due lati della parete). Nel caso si utilizzino materiali non presenti in archivio si può implementare il database introducendoli manualmente.

Nel caso in cui la verifica del Glaser evidenzi la formazione di condensa interstiziale il programma permette di visualizzare ulteriori informazioni come mostrato nella seguente figura.

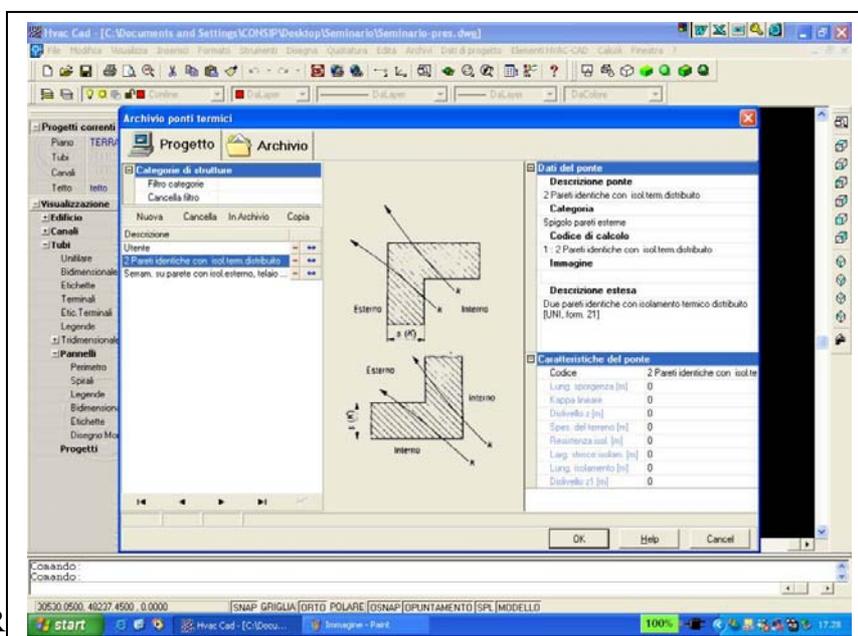


Per ogni diverso tipo di serramento (di forma o materiale) si definiscono le caratteristiche costruttive, termiche, solari e geometriche.

Stesso procedimento si utilizza per introdurre i diversi tipi di porta.

Per tenere conto dei ponti termici si può procedere in due differenti modi:

- In modo forfettario, incrementando tutti i valori della trasmittanza delle superfici opache di una stabilità percentuale (in genere il 15%);
- Individuate le tipologie di ponte termico di cui si vuol tenere conto nel progetto si devono stimare i corrispondenti coefficienti lineici. Anche in questo caso il programma fornisce con il database interno un archivio in cui sono inseriti i ponti termici tratti dalla norma UNI 7357/74-FA3. E' comunque possibile introdurre anche altre tipologie definite dall'utente. Nella seguente figura si riporta la schermata relativa all'introduzione dei ponti termici.



In questa fase il progettista definisce inoltre le esposizioni differenti da quelle cardinali quali ad esempio esposizioni verso il terreno, verso eventuali locali chiusi ma non climatizzati o comunque verso locali a temperatura diversa. Le altre esposizioni saranno automaticamente rilevate dal programma.

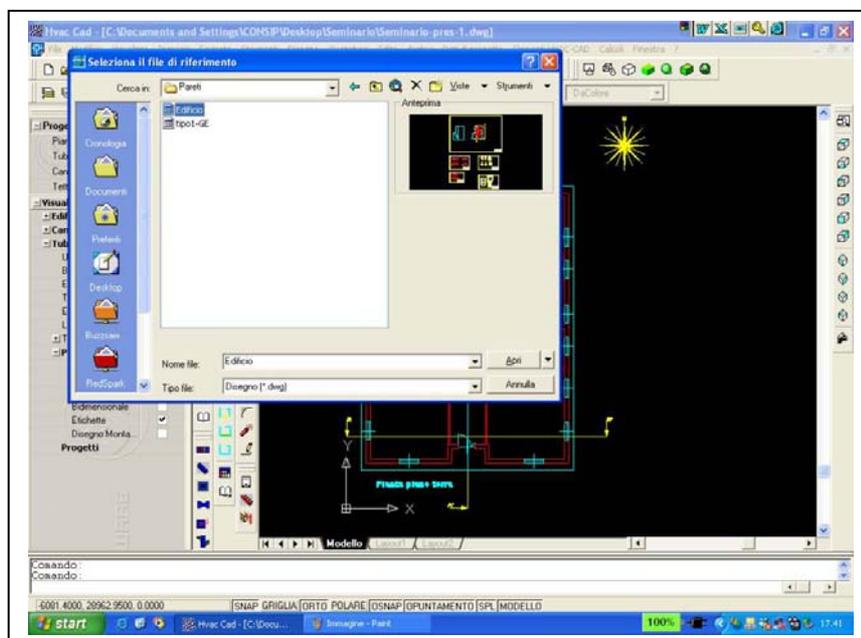
Si definiscono ancora le zone impiantistiche intese come quelle zone di edificio caratterizzate dalle stesse condizioni termoigrometriche interne, dalle infiltrazioni di aria, dalle stessa zona di legge, dagli stessi dati dell'impianto (orari di funzionamento, caratteristiche dell'aria primaria) e dagli stessi carichi interni (persone, illuminazione, apparecchiature, peso delle strutture scambianti). La zona di legge viene definita in base alle categorie indicate nella norma UNI 10379 dal titolo "Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato. Metodo di calcolo e verifica."

La fase successiva è quella della definizione dei piani e la costruzione; per ciascun piano dell'edificio si assegnano le quote altimetriche dell'estradosso, le strutture di frontiera orizzontali (pavimento e soffitto) con le relative esposizioni (ad esempio pavimento su terreno, soffitto su locale non riscaldato). In questa fase si introduce per ciascun piano l'architettonico di partenza; questa operazione può essere effettuata in quattro differenti modi:

- Disegnando l'edificio con gli strumenti messi a disposizione dal programma (e comunque con lo stesso motore grafico di Autocad 2004);
- Inserendo un disegno come riferimento esterno in formato **dwg** o **dxf**;
- Inserendo un'immagine **raster** da cui "ripassare" le strutture.

A differenza dell'ultimo, i primi due metodi consentono di sfruttare i comodi **snap** caratteristici dell'ambiente CAD. Si ha a disposizione quindi un'ampia flessibilità per introdurre l'architettonico. Qualunque metodo si utilizzi per introdurre l'architettonico deve essere completato dalla compilazione del fattore di scala inteso come il rapporto tra le dimensioni reali di un elemento espresse in millimetri e le unità del disegno; questa può essere introdotta direttamente come numero o rilevata sul disegno facendo riferimento ad un elemento di cui si conosce la lunghezza.

Nella seguente figura si illustra la fase di introduzione dell'architettonico come riferimento esterno.



Introdotta la pianta si procede con la definizione delle differenti strutture; in particolare si associa per ciascuna parete la tipologia e quindi la trasmittanza ad essa associata e determinata nelle fasi precedenti.

Vengono successivamente individuati i serramenti e ad essi vengono associate le caratteristiche geometriche, termiche e solari già definite.

Infine per ciascun ambiente si indica la zona impiantistica di appartenenza attingendo alle zone definite in precedenza.

Nell'introduzione del primo piano si deve inoltre indicare la posizione del nord in modo che il programma individui nella fase di lettura le esposizioni delle varie pareti dell'edificio.

Se l'edificio è costituito da più piani, per evitare errori di interpretazione (sia come disegno tridimensionale che come calcolo delle strutture scambianti) da parte del software in fase di lettura dell'edificio è necessario allineare le piante dei vari livelli.

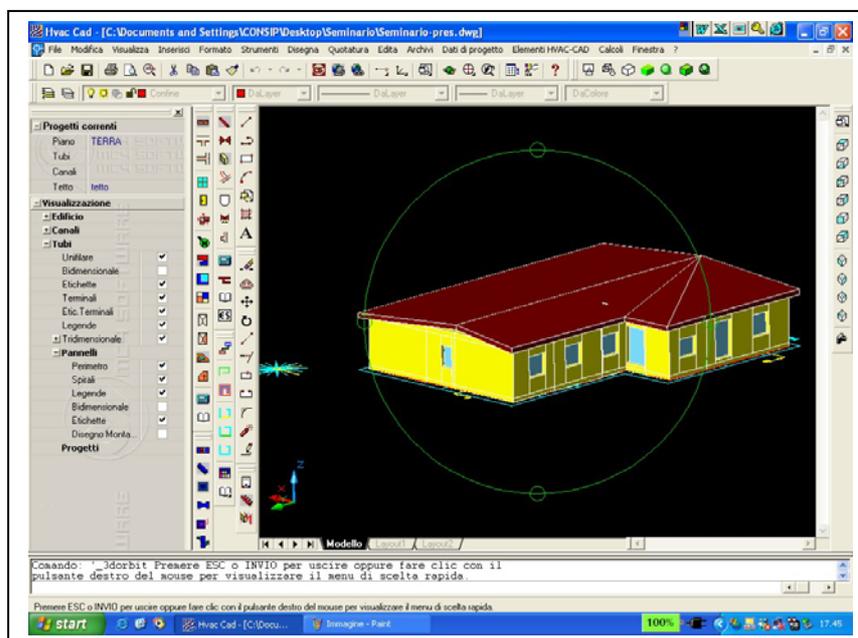
Per allineare le piante si individua un punto che sui diversi piani rimane effettivamente fisso (in genere un pilastro, uno spigolo del vano scale o di un vano ascensore) e si spostano le differenti piante con il comando "sposta" analogo a quello Autocad.

Per ciascun piano si ripetono le operazioni indicate sopra. Il programma consente anche di disegnare i tetti a falde e quindi di studiare il comportamento anche dei locali mansardati.

Al termine di questa fase si effettua la "modellazione dell'edificio".

In pratica si effettua la "lettura del disegno" con un apposito comando; il programma individua eventuali errori di input da parte dell'utente e qualora non ve ne siano individua le superfici disperdenti e genera il disegno tridimensionale. E' possibile ottenere delle viste tridimensionali facendone dei "render". Il programma consente di generare sezioni dell'edificio consentendo ulteriori viste tridimensionali e bidimensionali (sezioni assonometriche e prospettiche). Nella

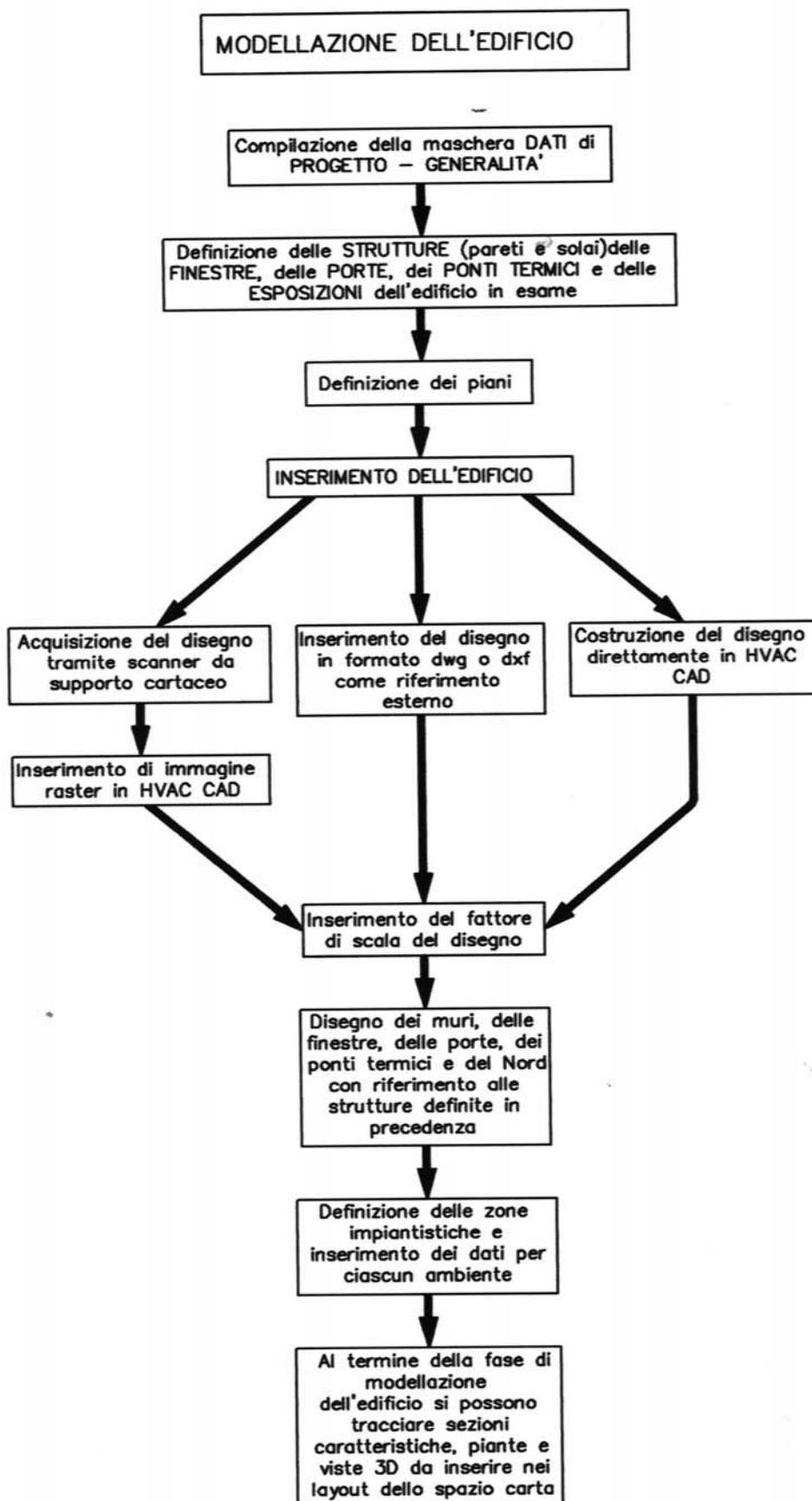
seguente figura si riporta a titolo di esempio il render ottenuto per un edificio modellato dal software.



Molto utile per individuare qualitativamente errori di esposizione degli ambienti è la visualizzazione delle “frontiere”. Questa funzione in pratica consente di vedere il modello tridimensionale con le pareti colore in colore diverso a seconda del salto termico tra ambiente in esame e quello confinante o esterno. In particolare le pareti sono così individuate:

- Colore rosso: nessuno scambio termico tra ambienti confinanti (tipico di divisori tra ambienti alla stessa temperatura);
- Colore blu: scambio termico tra ambiente riscaldato ed esterno (caratteristico di muri o solai perimetrali che dividono l’ambiente interno con l’esterno);
- Colore viola: scambio termico tra ambiente riscaldato e ambiente non riscaldato o terreno (tipico di solai controterra o solai o pareti che dividono ambienti riscaldata da ambienti non riscaldati ma comunque chiusi e quindi a temperatura superiore a quella esterna).

Di seguito si riporta il diagramma di flusso della fase di modellazione dell’edificio.



Progetto dell'isolamento termico

Si parte dall'edificio modellato ottenuto al termine della fase di definizione dei dati di progetto. In quella fase sono già state definite le zone impiantistiche e quelle di legge. Per ciascun ambiente definito in precedenza è indicato inoltre l'alloggio di cui fa parte e il generatore di calore utilizzato per riscaldarlo. Le zone di legge a cui possono essere associate le varie zone impiantistiche sono definite dettagliatamente attraverso alcune cartelle da compilare. In particolari vengono richiesti essenzialmente i seguenti dati:

- La temperatura interna;
- L'umidità relativa interna di progetto;
- La permeabilità dei serramenti (qualitativa o analitica);
- Il numero dei ricambi dovuti alla ventilazione naturale;
- Il numero dei ricambi d'aria dovuti alla ventilazione meccanica;
- Le ore di accensione dell'impianto di riscaldamento;
- L'efficienza dell'eventuale recuperatore di calore;
- L'opzione per calcolare la capacità termica in modo analitico o forfettario;
- Il tipo di terminali di impianto per individuare il rendimento di emissione;
- La potenza termica nominale dei terminali di zona o la sua maggiorazione percentuale per il calcolo analitico delle perdite di distribuzione; per determinare il rendimento di distribuzioni è necessario introdurre anche la temperatura media nominale del fluido vettore;
- La tipologia del sistema di regolazione (termostato di caldaia, climatico centralizzato e/o ottimizzatore) e l'eventuale correzione sul rendimento dovuta all'eventuale funzionamento intermittente dell'impianto consente di individuare il valore del rendimento di regolazione.
- Il numero di ore di attenuazione/spegnimento giornaliero dell'impianto nell'orario specificato;
- I giorni settimanali di spegnimento/attenuazione dell'impianto;
- La minima temperatura di attenuazione;
- L'eventuale energia termica spesa per la produzione dell'acqua calda sanitaria nel caso in cui il generatore di calore al servizio dell'impianto di riscaldamento venga utilizzato anche per la produzione di acqua calda sanitaria;

Vengono richieste anche ulteriori informazioni atte ad individuare per la categoria di zona di legge posta in esame, la destinazione d'uso il numero di ricambi d'aria che il software utilizza per il calcolo del **FEP**. In accordo con quanto prescritto nella norma UNI 10344 vengono stimati i carichi interni dovuti agli occupanti, alle apparecchiature elettriche e al sistema di illuminazione. Non

conoscendo questi dati è possibile inserire un valore medio dei carichi interni riferito alla superficie totale di pavimento.

Viene richiesto il numero di giorni di occupazione nel mese per determinare il valore degli apporti gratuiti interni. Il software consente di effettuare la verifica di legge 10 secondo il metodo analitico previsto nel decreto legge 311/06. Vengono richiesti tra i dati di input informazioni che permettono di definire gli apporti interni gratuiti. Discorso a parte viene seguito per definire gli apporti solari gratuiti. In questo caso quando vengono definiti i serramenti tra le caratteristiche vengono richieste anche quelle solari; vengono così richieste:

- La descrizione dello schermo secondo le tipologie suggerite dal prospetto XV dell'appendice E della norma UNI 10344;
- La descrizione del vetro secondo le tipologie proposte dal prospetto XIV dell'appendice E della norma UNI 10344

Da dette due descrizioni il programma determina il fattore **SC** di Shading della combinazione vetro-schermo.

Viene inoltre richiesta la posizione dello schermo, il valore della rientranza del vetro rispetto al filo esterno del muro espressa in metri; questa informazione viene utilizzata per il calcolo delle ombre prodotte sulla superficie della finestra dalla rientranza del vetro rispetto al filo esterno del muro. Se si trascurava questo campo il software non considera nessuna ombra.

Per determinare il fattore di schermatura dovuto agli aggetti orizzontali e verticali il programma fa riferimento all'appendice E della norma UNI 10344; in particolare vengono richieste:

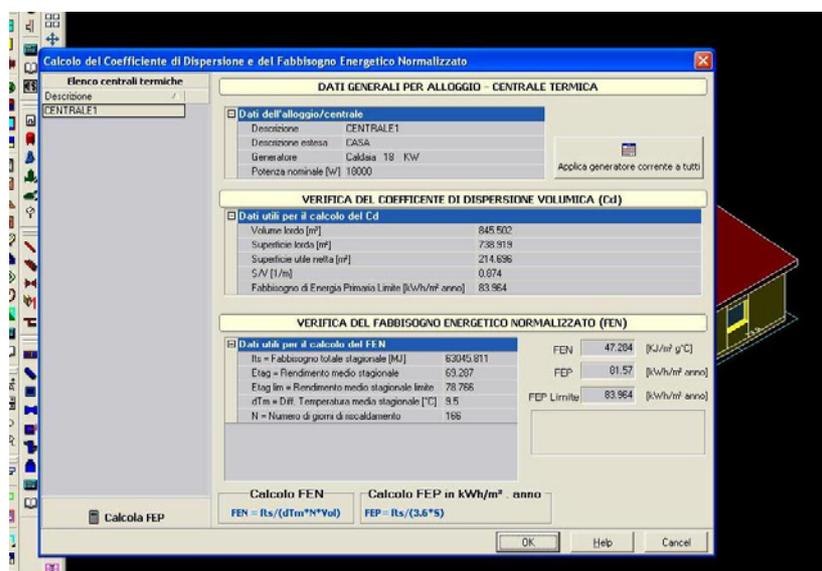
- La profondità verticale intesa come la profondità dell'aggetto verticale rispetto al filo esterno della parete; gli aggetti destro o sinistro sono riferiti ad un osservatore posto all'interno del locale.
- La distanza verticale intesa come la distanza dell'aggetto verticale destro o sinistro rispetto al lato verticale della finestra;
- La profondità dei balconi intesa come la sporgenza dell'aggetto orizzontale (del balcone o del cornicione) rispetto al filo esterno della parete.
- La distanza dei balconi intesa come la distanza dell'aggetto orizzontale (del balcone o del cornicione) rispetto al bordo superiore della finestra.

Terminata questa fase di compilazione si procede con il calcolo delle dispersioni termiche; il programma elabora i calcoli locale per locale determinando il flusso termico disperso dall'edificio.

E' necessario descrivere ancora quelle che saranno le caratteristiche principali del generatore di calore. In archivio sono riportate le caratteristiche di alcuni generatori di calore per un'ampio campo di potenzialità nominali. In alternativa, il progettista può introdurre i dati relativi al generatore che utilizzerà negli appositi campi. Oltre alla potenzialità del generatore di calore sono richiesti dati relativi al consumo degli ausiliari e alle perdite al camino, nonché allo stato del mantello della caldaia e quindi alle perdite dell'involucro della caldaia.

Dopodiché accedendo alla sezione calcoli termici-legge 10 per ogni centrale termiche (in questo caso una sola) si esegue il calcolo del Fabbisogno di Energia Primaria riferito al metro quadro di superficie utile (FEP); qualora si fosse optato per il metodo semplificato le verifiche sarebbero limitate ai valori delle trasmittanze termiche delle superficie opache e trasparenti scambianti con l'esterno e al rendimento globale dell'impianto.

I risultati sono riassunti in una schermata di cui si riporta un esempio.



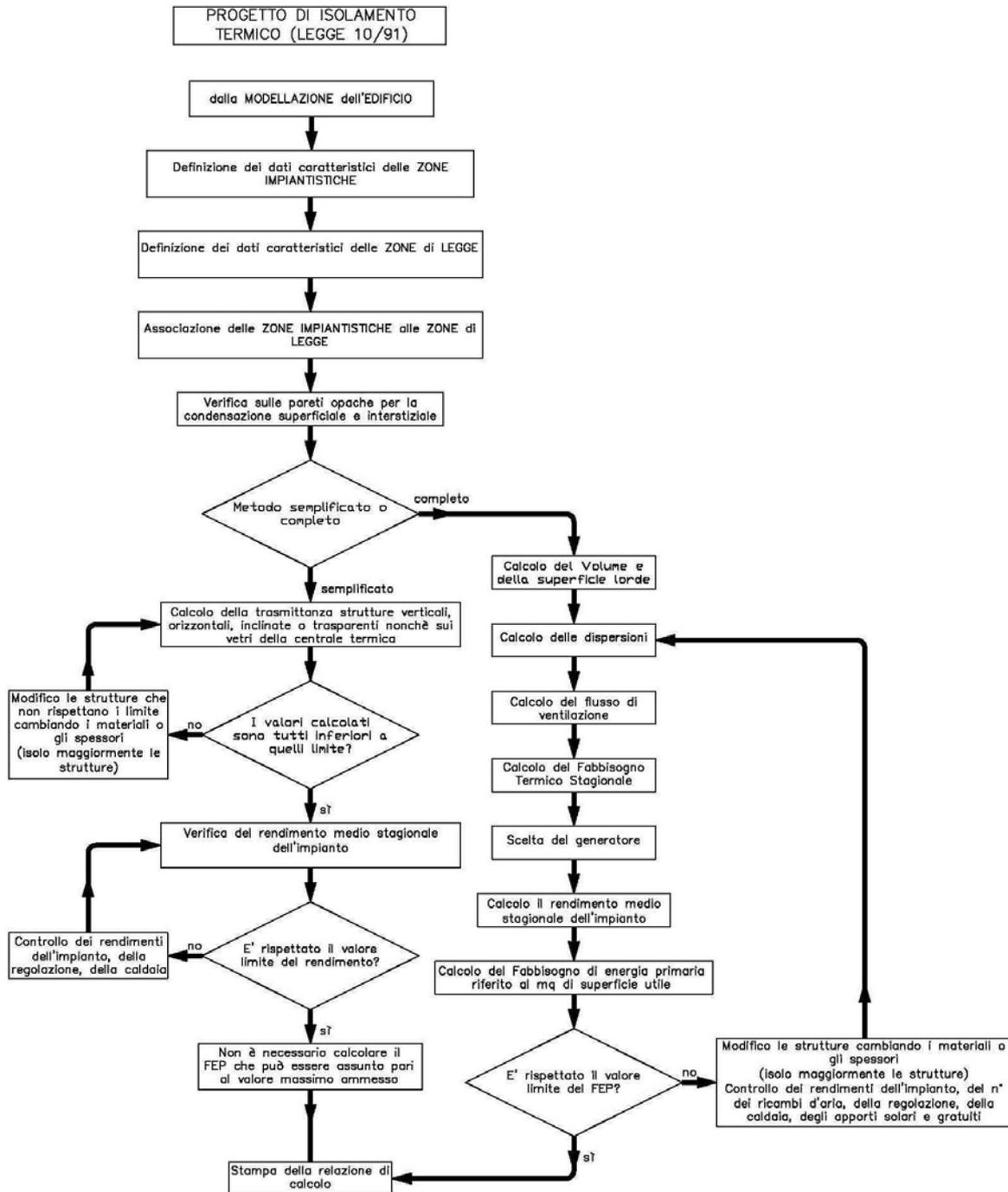
Nel caso del metodo analitico qualora non fosse rispettato il valore del FEP limite occorrerebbe ridurre il valore della trasmittanza per alcuni elementi dell'involucro o agire sul rendimento di globale dell'impianto e quindi cambiando il tipo di sistema di regolazione, il periodo di spegnimento o attenuazione, la potenza del generatore di calore, le perdite di distribuzione.

Sul valore del FEP incidono anche: il numero dei ricambi orari della ventilazione naturale, il numero di ricambi orari della ventilazione meccanica, la temperatura dei locali confinanti, il fattore di shading per i serramenti vetriati e il rendimento termico utile medio stagionale del generatore di calore.

Rispettati i parametri di legge al progettista rimane da far editare al programma le relazioni di calcolo.

In particolare potrà ottenere, in formato “word compatibile” (files con estensione “rtf”) le relazioni di calcolo delle dispersioni dell’edificio e della verifica di legge 10.

Di seguito si riporta lo schema a blocchi relativo alla fase di progetto dell’isolamento termico e verifica di legge 10.



E' buona norma verificare i risultati ottenuti in quanto:

- il sistema di acquisizione delle piante in CAD e la relativa modellazione 3D possono presentare qualche errore interpretativo da parte del software;
- i numerosi dati forniti dal progettista nelle numerose schede proposte dal programma potrebbero contenere qualche errore;
- il software tende a fornire il risultato finale tralasciando spesso i parziali, che sono quindi spesso nascosti al progettista che si trova ad accettare i numeri ottenuti con il software senza avere il perfetto controllo del calcolo.

Con la stampa delle relazioni optando per la loro stesura completa si visualizzano anche i passaggi intermedi per cui è abbastanza agevole verificarne la correttezza.

E' pertanto fondamentale che il progettista utilizzi il software solo dopo aver acquisito un certo spirito critico che solo l'esperienza può dare.

Il software correttamente gestito risulta essere un utile strumento per rapida analisi di strutture anche complesse. Una volta introdotta una struttura e risolta per una determinata configurazione, può comunque subire modifiche garantendo così un rapido adeguamento del progetto ad eventuali modifiche che possono susseguirsi sull'architettonico. Infatti spesso nella progettazione, soprattutto nelle fasi di stesura dei progetti preliminari o definitivi, non si può tralasciare il progetto dell'isolamento termico, anche se spesso non si hanno ancora vincolate rigidamente le suddivisioni interne, le superfici vetrate, le destinazioni d'uso, ecc. E' quindi di grande aiuto poter contare su un software che partendo dall'edificio già modellato permetta di modificarlo e di rieseguire rapidamente i calcoli di verifica. Inoltre come già anticipato risulta un utile strumento per analizzare il comportamento termico dell'edificio al cambiare delle strutture intese come isolamento delle pareti, distribuzione delle superfici vetrate ed eventualmente inserimento di lucernai o di schermi solari.

ALTRE POTENZIALITA' DEL SOFTWARE

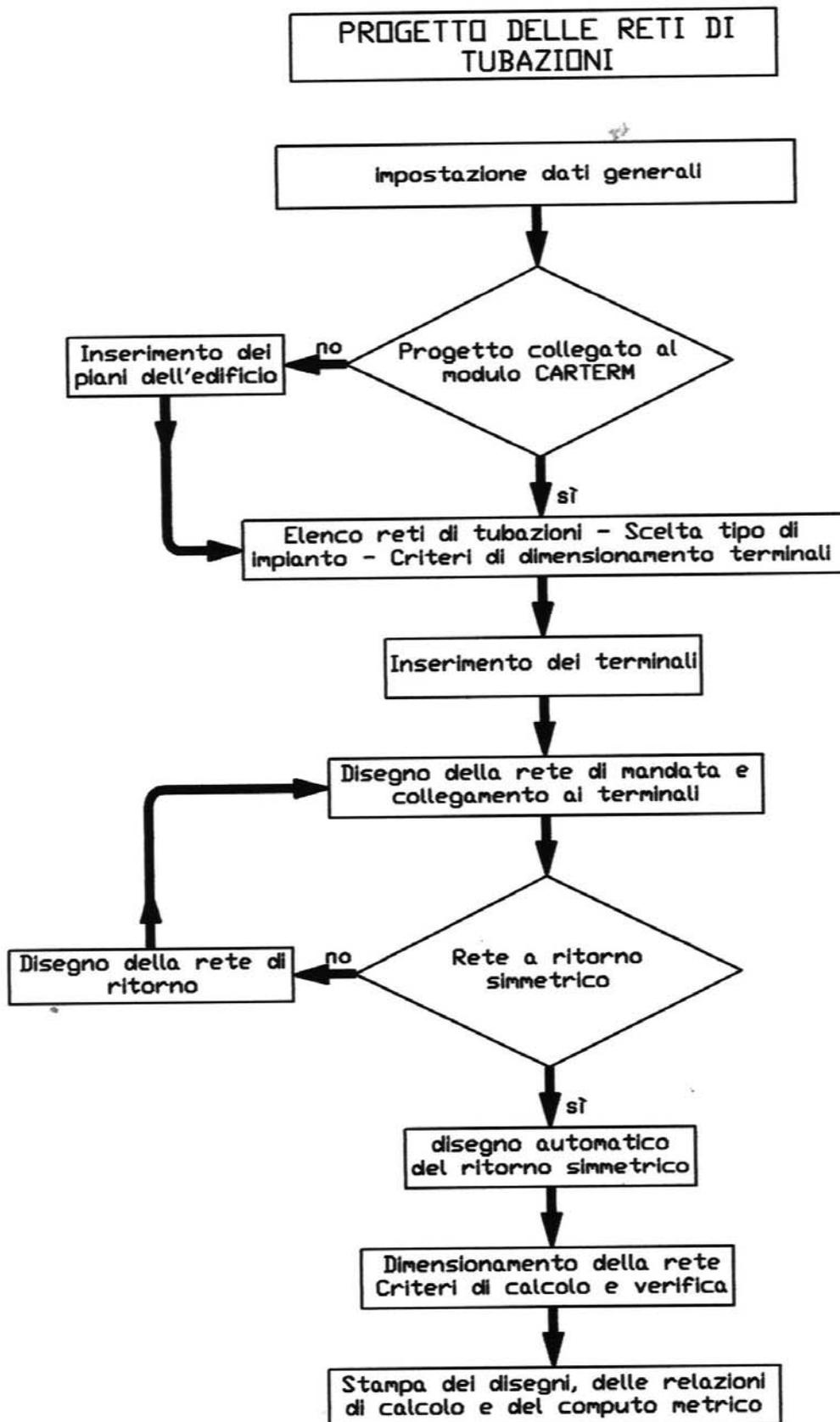
Come già anticipato il software mediante gli altri moduli permette anche di effettuare altri calcoli e dimensionamenti. Si vuole sinteticamente mostrare la potenzialità fornita dagli altri moduli applicata all'edificio posto in esame.

Il progettista che sviluppa la verifica di legge 10 ha praticamente ottenuto un modello dell'edificio in cui ogni locale è descritto oltre che geometricamente anche dal punto di vista termoigrometrico, delle dispersioni termiche, delle eventuali portate di aria primaria dei locali. Grazie al software può quindi condurre la progettazione degli impianti di distribuzione e aeraulico sfruttando i dati già immessi e i risultati ottenuti nel modulo della legge 10.

Nel caso di abitazione di civile abitazione il progettista potrebbe prendere in considerazione come tipologia di impianto di riscaldamento un impianto con caldaia e radiatori. Per dimensionare e disegnare l'impianto il progettista che ha eseguito la legge 10 tramite il software può sfruttare il modulo denominato "Tubi". Questo modulo infatti consente di effettuare il dimensionamento, il bilanciamento, il disegno in pianta e tridimensionale delle reti idrauliche al servizio degli impianti termici per diversi tipi di terminale (radiatori, fan coils o aerotermini) o impianti idrico sanitari, di gas o generici.

In archivio sono memorizzati numerosi pezzi speciali di utilizzo comune quali curve, tee, derivazioni, pompe, valvole, sanitari che permettono anche di generare disegni tridimensionali molto realistici.

Le operazioni principali che l'operatore deve fare per completare un qualsiasi progetto di una rete di distribuzione sono sintetizzate nel seguente diagramma di flusso.



Nel caso specifico della rete a radiatori al servizio dell'edificio precedentemente analizzato dal punto di vista dei disperdimenti, si procede con la compilazione dei dati di progetto. Si segnala al programma il tipo di impianto che si vuole dimensionare (termico, idrosanitario o altro) e attraverso la compilazione della scheda relativa ai criteri di calcolo, si indicano i parametri che influenzano la resa dei terminali. In particolare nel caso in esame per descrivere i radiatori si dovranno indicare i valori della temperatura ambiente, della temperatura media dell'acqua, e del salto termico massimo ammesso nel terminale.

Come già accennato in archivio si dispone un'ampia scelta di marche e modelli di terminali per le quali i programmatori hanno fornito tutte le informazioni prestazionali. Al progettista resta il compito di inserire i terminali nei diversi ambienti. In ciascun locale può indicare l'altezza da terra alla quale vuol collocare il terminale, la distanza dal muro, la marca e il modello. Ovviamente se considera di utilizzare sempre un terminale con le stesse caratteristiche di marca e modello di elemento compilerà questa scheda una sola volta e inserirà tutti i terminali. La taglia del radiatore (intesa quindi come numero di elementi) verrà scelta automaticamente dal programma in base all'effettivo flusso termico disperso precedentemente calcolato dal programma nel modulo relativo ai carichi termici. Nel caso in cui nello stesso ambiente siano inseriti diversi terminali il software ripartisce su di essi il flusso termico richiesto. La ripartizione può anche essere fatta con taglie diverse per ciascun radiatore. Il progettista comunque può comunque cambiare le caratteristiche scelte per ciascun ambiente manualmente.

Una volta che sono stati inseriti tutti i terminali si posiziona il generatore di calore (nel caso in esame la caldaia a gas) della taglia commerciale adeguata al flusso termico disperso complessivo, tenendo conto anche dei rendimenti di distribuzione, regolazione ed emissione come già visto in precedenza.

Ipotizzando di effettuare una rete di distribuzione a collettori si collocano in pianta i collettori.

A questo punto si procede con la stesura della rete di tubazioni che collega il generatore di calore ai collettori e questi ultimi ai terminali. Nel caso di un'abitazione casa è abitudine consolidata far passare le condutture, solitamente realizzate in rame e opportunamente coibentate, a pavimento e in particolare nel massetto.

Questa fase di disegno può avvenire in due modi:

- Manuale: il progettista traccia esattamente il percorso delle tubazioni esattamente come se stesse lavorando in CAD;
- Automatico: il progettista indica al programma il terminale che vuole collegare a un qualsiasi tratto di tubo e il programma traccia un percorso.

E' comunque preferibile la prima modalit  che permette al progettista di scegliere il percorso che reputa essere pi  adatto anche in base alla propria esperienza.

Tracciate tutte le tubazioni di mandata ai terminali rimane da tracciare quella di ritorno; il ritorno pu  essere ancora tracciato in due modi:

- Simmetrico alla mandata: si ottiene il disegno della rete in modo automatico; in questo caso la rete disegnata approssima bene il percorso del tubo di mandata. Al progettista rimane da fare qualche piccola correzione.
- Manuale: l'operatore sceglie manualmente il percorso che reputa migliore.

Tracciata la geometria della rete di distribuzione si procede con il dimensionamento. Individuato il tronco di rete a valle della quale si vuole effettuare il dimensionamento (ad esempio volendo dimensionare tutta la rete siandr  a selezionare la linea che collega la caldaia ai collettori) lo si seleziona e si sceglie quale opzione di calcolo effettuare. In particolare le opzioni di dimensionamento sono diverse:

- predimensionamento;
- predimensionamento con equilibratura mediante il restringimento dei tubi;
- predimensionamento con equilibratura mediante taratura con valvole sui tronchi;
- predimensionamento con equilibratura mediante taratura con detentori sui terminali.

Oltre a queste opzioni il programma pu  anche essere utile per verificare una rete di tubazioni. In questo caso pertanto i diametri e le caratteristiche dei circolatori saranno fissati; il progettista potr  effettuare le seguenti modalit  di ricerca:

- Verifica di una rete esistente;
- Verifica di una rete esistente e bilanciamento con valvole sui tronchi;
- Verifica di una rete esistente e bilanciamento con detentori sui terminali.

A questo punto resta da stampare la relazione di calcolo e il computo metrico della rete appena progettata.

Anche in questo caso   buona norma che il progettista verifichi che non vi siano errori di calcolo e di interpretazione della rete appena tracciata.

Con lo stesso procedimento si sarebbe potuto tracciare una rete di tubazioni al servizio di ventilconvettori o i pannelli radianti

. La logica sarebbe stata la stessa, mentre sarebbero cambiate le informazioni richieste nella scheda relativa ai criteri di calcolo. In particolare sarebbero state richieste essenzialmente le seguenti informazioni:

- Il criterio di scelta per il dimensionamento;
- La velocità del ventilatore a cui deve rendere la potenza richiesta;
- Le condizioni dell'aria e dell'acqua all'ingresso della batteria di scambio;
- I minimi salti termici in regime invernale ed estivo e l'eventuale incremento di sicurezza.

Per concludere questa rassegna risulta opportuno mostrare brevemente il modulo **FL-HT** che permette di effettuare il dimensionamento, il bilanciamento, il disegno in pianta e tridimensionale e il computo metrico degli impianti a pannelli radianti a pavimento seguendo la norma europea UNI EN 1264.

Come per gli altri moduli, anche in questo caso il progetto si sviluppa tracciando il percorso delle tubazioni; il disegno dei pannelli siano essi a spirale o a serpentina avvengono in modo automatico una volta delimitata l'area da pennellare.

I criteri di dimensionamento sono quelli indicati dalla norma UNI 1264, ma al progettista è comunque lasciata la possibilità di apportare eventuali modifiche.

La temperatura di mandata viene fissata dal programma in funzione del carico termico e della superficie pennellabile del locale più sfavorito (avente cioè massima densità di flusso).

Per questo ambiente il salto termico non deve essere superiore ai 5°C. Per gli altri ambienti la temperatura superficiale del pavimento non deve superare mai i 29°C (condizioni di comfort). Il programma prevede l'immissione di un'area marginale (adiacente alle pareti) nella quale si accettano temperature superficiali massime di circa 35°C.

Il progetto parte ancora dall'edificio modellato in precedenza. Di seguito si riporta il diagramma di flusso relativo alla progettazione degli impianti a pannelli radianti.