

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
di Ingegneria Energetica e Nucleare**

Tesi di Laurea Magistrale

**Diagnosi energetica e analisi di opere di
riqualificazione impiantistica
in un edificio residenziale**



Relatore

prof. Marco Carlo Masoero

Tutor aziendale

Ing. Bernardino Aiassa

Candidato

Pierluigi Degasperis

Marzo 2019

Sommario

Introduzione	1
1 Termoregolazione e contabilizzazione.....	3
1.1 Disposizioni legislative concernenti i sistemi di contabilizzazione del calore	4
1.1.1 Agevolazioni fiscali	8
1.2 Norme tecniche di riferimento	8
1.3 Autonomia termica e ripartizione delle spese negli impianti centralizzati	9
1.4 Problemi connessi all'uso di valvole termostatiche negli impianti esistenti.....	11
1.5 Interventi connessi all'uso delle valvole termostatiche negli impianti esistenti	12
1.6 Componentistica per bilanciamento impianti.....	14
2 UNI 10200:2018	18
2.1 Contabilizzazione e strumenti di misura	18
2.1.1 Contabilizzazione diretta.....	19
2.1.2 Contabilizzazione indiretta	22
2.2 Scopo della norma.....	24
2.3 Classificazione degli impianti termici centralizzati ai fini della contabilizzazione	25
2.3.1 Impianti provvisti di contabilizzazione diretta dell'energia termica utile	25
2.3.2 Impianti provvisti di contabilizzazione indiretta dell'energia termica utile	26
2.4 La ripartizione delle spese di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e produzione di acqua calda sanitaria	27
2.4.1 Criteri di ripartizione.....	29
2.5 Metodo di calcolo.....	32
2.6 Casi particolari	41
2.7 La rendicontazione	51
2.7.1 Calcolo del prospetto previsionale.....	51
3 Stato attuale del sistema edificio – impianto	53
3.1 Localizzazione.....	53
3.2 Presentazione dell'edificio	55
3.2.1 Corpo n.35-bis.....	56
3.2.2 Corpo n.35.....	58
3.3 Descrizione dello stato di fatto dell'involucro	61
3.4 Infissi.....	65
3.5 Descrizione dello stato di fatto dell'impianto	67
3.5.1 Centrale Termica.....	67

3.5.2	Rete di distribuzione	69
3.5.3	Sottostazione di teleriscaldamento.....	71
3.5.4	Pompe di circolazione.....	75
3.5.5	Modi di funzionamento del circolatore.....	76
3.5.6	Vasi di espansione.....	77
3.5.7	Analisi dei terminali.....	79
3.5.8	Censimento terminali	81
4	Diagnosi Energetica	82
4.1	Riferimenti normativi della diagnosi.....	82
4.1.1	Metodo di calcolo secondo UNI/TS 11300-4	83
4.2	Fase di raccolta dati	86
4.3	Analisi consumi.....	86
4.3.1	Dati climatici 16/17 e 17/18.....	87
4.4	Confronto stagione riscaldamento e risultati EdilClima	89
4.5	Risultati Diagnosi	91
4.5.1	Fabbisogno di energia primaria.....	92
4.5.2	Risultato calcolo mensile riscaldamento	95
4.5.3	Fabbisogno mensile di energia primaria	96
5	Progetto di riqualificazione energetica	98
5.1	Generalità	98
5.2	Interventi in centrale termica.....	99
5.2.1	Contabilizzazione in centrale termica	99
5.3	Indagine attraversamenti e percorsi della nuova linea	100
5.4	Caratteristiche tubazioni nuova linea di distribuzione	102
5.4.1	Coibentazione delle tubazioni.....	102
5.5	Dimensionamento tubazioni n.35-bis.....	103
5.6	Dimensionamento pompa n.35-Bis	104
5.7	Dimensionamento tubazioni n.35.....	108
5.8	Dimensionamento pompa n.35	112
5.9	Collettori.....	114
5.10	Sostituzione terminali	115
5.11	Contabilizzazione e termoregolazione riscaldamento nei singoli appartamenti.....	122
6	Analisi energetica interventi proposti	124
6.1	Rendimenti impianto POST-INTERVENTO.....	124
6.2	Risultato calcolo mensile riscaldamento POST-INTERVENTO.....	126

6.3	Fabbisogno di energia primaria.....	127
6.4	Analisi finanziaria	129
7	Interventi aggiuntivi su edificio 35-bis	133
7.1	Coibentazione copertura.....	133
7.2	Ventilazione Meccanica Controllata (VMC)	136
7.2.1	Il problema della qualità dell'aria indoor.....	136
7.2.2	Sistemi di Ventilazione Meccanica Controllata.....	137
7.2.3	Determinazione delle portate di aria esterna (UNI 10339).....	140
7.3	Impianto VMC alloggio A-BIS	142
7.3.1	Dimensionamento condotti d'aria.....	142
7.3.2	Centrale di ventilazione e recupero calore.....	149
8	Ripartizione spesa energetica.....	151
8.1	Calcolo millesimi di fabbisogno.....	151
8.2	Procedura di calcolo per la formulazione del prospetto previsionale	152
9	Conclusioni	156
10	Bibliografia e sitografia	158

Introduzione

Il presente lavoro di tesi si pone come obiettivo lo studio e l'analisi della termoregolazione e contabilizzazione del calore in un impianto condominiale centralizzato. Vengono di seguito proposti interventi di riqualificazione energetica atti ad eliminare gli sprechi di energia, o quantomeno diminuirli il più possibile, in modo da offrire agli utenti soluzioni per ottenere vantaggi sia in termini economici che ambientali.

Il servizio di riscaldamento è senza dubbio una delle voci che maggiormente incidono sui bilanci condominiali e delle famiglie. Non sempre un tale esborso economico corrisponde ad una adeguata soddisfazione degli utilizzatori, che spesso, al contrario, si vedono a dover affrontare spese per un servizio scadente, portando quindi ad un generale malumore all'interno del condominio.

Sono diverse le situazioni che si presentano all'interno di edifici condominiali: appartamenti lasciati vuoti dalle famiglie per la maggior parte della giornata, appartamenti sempre occupati da anziani soli, negozi con diverse esigenze di orario e unità immobiliari lasciate inutilizzate per lunghi periodi. A fronte di un utilizzo diverso del servizio di climatizzazione l'utente quindi si aspetta di dover pagare in bolletta una cifra corrispondente al reale uso del servizio.

La regolazione e la contabilizzazione del calore si configurano perciò come soluzioni di primaria importanza per sensibilizzare e responsabilizzare l'utente in un'ottica di risparmio energetico. Lo scopo è quello di ridurre significativamente il consumo energetico, contribuire alla lotta contro il riscaldamento climatico e avere benefici di carattere economico riscontrabili direttamente in bolletta. Puntare al risparmio termico e al miglioramento dell'efficienza energetica è un investimento che mira all'ottimizzazione delle spese di gestione con conseguente valorizzazione del patrimonio immobiliare.

In Italia sono presenti 12.187.698 edifici e oltre 31 milioni di abitazioni (dati ISTAT, censimento 2011). Il 15% degli edifici è stato realizzato prima del 1918 e circa il 65% è stato costruito precedentemente alla prima legge che introduceva criteri per il risparmio energetico (1976). (1)

Il peso dei condomini all'interno del patrimonio edilizio italiano è notevole, soprattutto se si va a pensare che questi sono localizzati principalmente nei centri urbani, dove la concentrazione di inquinanti e gas climalteranti raggiunge già valori elevati. È quindi di fondamentale importanza definire strategie che incentivino al risparmio e al contenimento dei consumi energetici, in particolare per la climatizzazione invernale.

Come evidenziato in Figura 0.1, la maggior parte degli edifici è stata progettata e realizzata dagli anni '60 agli anni '80 del novecento, senza utilizzare particolari accorgimenti di carattere energetico, installando impianti di riscaldamento centralizzati, ormai vetusti e poco efficienti. Quello italiano è quindi un patrimonio edilizio datato che necessita interventi di riqualificazione sia a livello impiantistico che strutturale. Per gli interventi sugli impianti condominiali, trattandosi di impianti centralizzati e non autonomi, l'utente finale è identificato con l'assemblea condominiale (proprietari e/o inquilini), che viene chiamata a scegliere e sostenere gli interventi da eseguire all'interno dell'edificio, come quelli proposti nel lavoro di tesi.

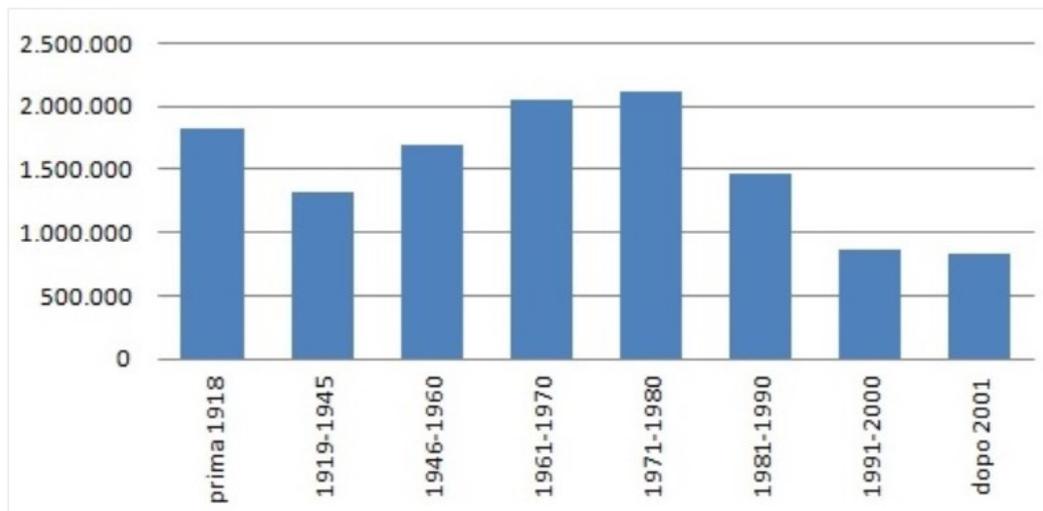


Figura 0.1 Censimento edifici per anno di costruzione

Nel caso studio analizzato, ovvero un condominio costruito negli anni '70 a Moncalieri, vengono valutate soluzioni impiantistiche per migliorare l'efficienza di un impianto centralizzato ormai datato e in condizioni pessime. Infatti, sono state riscontrate numerose criticità sia a livello impiantistico che strutturale, evidenziate in sede di sopralluogo e di colloquio con gli inquilini del condominio.

Il progetto, riportato nella presente tesi, è stato svolto in "Nosmet Ingegneria s.r.l." e ha l'obiettivo di risolvere le problematiche legate all'impianto termico attualmente installato, dando all'utente la possibilità di regolare e contabilizzare il calore per la climatizzazione invernale. In questa maniera l'utilizzatore viene reso più responsabile dal punto di vista energetico e potrà trarre benefici sia economici che ambientali dagli interventi previsti all'interno del progetto di riqualificazione impiantistica.

1 Termoregolazione e contabilizzazione

Senza analizzare i dettagli più tecnici, che si avrà modo di affrontare in seguito, si introducono i concetti principali riguardanti la termoregolazione e la contabilizzazione del calore, come strumenti atti a garantire notevoli risparmi energetici.

La contabilizzazione individuale dei consumi è uno strumento di grande interesse per il contenimento dei consumi energetici. Ovviamente non avrebbe senso una contabilizzazione senza dare modo all'utente di agire autonomamente variando i consumi stessi in funzione delle sue esigenze. Per questo motivo quando si parla di contabilizzazione dei consumi si richiama implicitamente il concetto di termoregolazione. Contabilizzazione e termoregolazione si prefigurano come aspetti fondamentali per una riduzione dei costi senza dover rinunciare al comfort termico e senza andare a creare problemi agli altri utenti dell'impianto centralizzato.

Negli impianti centralizzati più datati, ovvero la maggior parte del patrimonio edilizio italiano, il risparmio energetico non si può raggiungere semplicemente agendo in modo approssimativo sulla temperatura di mandata dei radiatori, cioè con una regolazione climatica sulla centralina, sulla base quindi della temperatura esterna rilevata tramite sonda. Per ottenere minori consumi occorre poter regolare la temperatura di ogni singolo locale sfruttando anche gli apporti gratuiti di energia, ovvero sia quelli esterni solari sia quelli interni, dovuti alla presenza di persone e apparecchiature. Il modo più semplice per raggiungere tale obiettivo è quello di installare sui corpi scaldanti le valvole termostatiche, così da regolare automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta ed impostata sullo strumento.

La contabilizzazione riguarda la determinazione dell'energia termica volontariamente prelevata dall'unità immobiliare, ovvero il consumo volontario di ogni famiglia. Contabilizzare di per sé non fa risparmiare energia ma induce alla modifica del comportamento dell'utente, più attento al risparmio, portando a considerevoli riduzioni dei consumi. L'utente infatti è ben consapevole che andrà a pagare in bolletta ciò che si utilizza e per questo motivo quando sarà fuori di casa, ad esempio, tenderà ad abbassare la temperatura di set point.

L'autonomia gestionale conferita all'utente dalla contabilizzazione è uno strumento fondamentale per responsabilizzarlo e indurlo a consumare meno energia possibile, senza ovviamente rinunciare al comfort termico. Il consumo volontario, ovvero la quantità di calore prelevata dall'impianto centralizzato per soddisfare le esigenze di temperatura dell'alloggio, viene pagata al costo di produzione degli impianti condominiali. L'utente inoltre non può esimersi dal pagamento di una quota corrispondente alla quantità di calore dispersa dall'impianto al fine di rendere disponibile il servizio, ovvero il consumo involontario.

1.1 Disposizioni legislative concernenti i sistemi di contabilizzazione del calore

In questo paragrafo vengono descritti i riferimenti normativi che regolano la termoregolazione e la contabilizzazione del calore, andando ad analizzare anche le norme che interessano la gestione degli impianti di riscaldamento.

L'ultimo obbligo di installazione dei sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore negli edifici è stato introdotto dalla direttiva europea sull'efficienza energetica 2012/27/UE, recepita in Italia dal decreto legislativo 102/2014. Tale obbligo, come descritto in seguito, era già previsto dalla normativa nazionale, con la legge 10/1991, e da quella regionale, con il D.G.R. 46-11968 del 2009. (2)

Il termine per l'installazione dei sistemi di regolazione e contabilizzazione è scaduto il 30/06/2017 (art. 9 comma 5 del D.lgs. 102/2014 e s.m.i).

Legge 10/1991

La legge n.10 del 09/01/91 all'articolo 8, lettera f) introduce i sistemi di contabilizzazione del calore come interventi tesi a ridurre i consumi specifici di energia. (3)

Per quanto riguarda le decisioni dell'assemblea condominiale sulla contabilizzazione del calore, si segnala l'art. 26 comma 5, che recita testualmente: *“Per le innovazioni relative all'adozione di sistemi di termoregolazione e di contabilizzazione del calore e per il conseguente riparto degli oneri di riscaldamento in base al consumo effettivamente registrato, l'assemblea di condominio decide a maggioranza, in deroga agli articoli 1120 e 1136 del codice civile”*.

D.P.R. 412/1993

Il Decreto del Presidente della Repubblica 412 del 26/08/93, attuativo della Legge n.10, all'articolo 7, comma 3 specifica che: *“Ai sensi del comma 6 dell'art. 26 della Legge 9 gennaio 1991, n. 10, gli impianti di riscaldamento al servizio di edifici di nuova costruzione, la cui concessione edilizia sia stata rilasciata dopo il 18 luglio 1991, data di entrata in vigore di detto art. 26, devono essere realizzati e progettati in modo tale da consentire l'adozione di sistemi di termoregolazione e di contabilizzazione del calore per ogni singola unità immobiliare”*. (4)

Inoltre, è questo decreto a stabilire delle regole ben precise in tema di riscaldamento centralizzato nel condominio, prevedendo dei limiti per l'accensione dei termosifoni in ogni unità condominiale. Nell'articolo 2 del D.P.R. 412/1993 viene diviso il territorio in 6 differenti zone, fissando per ognuna una durata massima di accensione del riscaldamento. La divisione delle zone avviene facendo riferimento ai “gradi giorno”, ossia la somma, estesa a tutti i giorni, delle sole differenze positive tra la temperatura convenzionale (20 °C) e la temperatura media esterna giornaliera, nel periodo annuale di riscaldamento. I gradi giorno (GG) sono quindi un'unità che indica il fabbisogno termico per il riscaldamento delle abitazioni in base alla località.

I limiti di accensione, contenuti nell'articolo 9 del D.P.R., potranno essere superati in caso di situazioni climatiche straordinarie e non previste, per un massimo della metà delle ore consentite a pieno regime. La decisione ultima spetta comunque al Sindaco, il quale può approvare delle modifiche per il calendario, posticipando la data di spegnimento dei riscaldamenti o attuando variazioni di orario.

D.P.R. 74/2013

L'articolo 4, comma 2 del D.P.R., recita testualmente: *“L'esercizio degli impianti termici per la climatizzazione invernale è consentito con i seguenti limiti relativi al periodo annuale e alla durata giornaliera di attivazione, articolata anche in due o più sezioni: (5)*

Zona	Ore di accensione giornaliera	Periodo di accensione
Zona A	6 ore giornaliere	Dal 1° dicembre al 15 marzo
Zona B	8 ore giornaliere	Dal 1° dicembre al 31 marzo
Zona C	10 ore giornaliere	Dal 15 novembre al 31 marzo
Zona D	12 ore giornaliere	Dal 1° novembre al 15 aprile
Zona E	14 ore giornaliere	Dal 15 ottobre al 15 aprile
Zona F	Nessuna limitazione	Nessuna limitazione

Tabella 1.1 Durata giornaliera e limiti accensione impianti

L'articolo dice inoltre che nel periodo dell'anno di riferimento, gli impianti non possono superare un monte orario di ore di accensione. Il comma 4 del medesimo articolo recita: *“La durata giornaliera di attivazione degli impianti non ubicati nella zona F è compresa tra le ore 5 e le ore 23 di ciascun giorno”*. Dentro questa fascia e nel rispetto del così detto monte ore si può decidere di tenere accesi i riscaldamenti nel modo più consono alle proprie esigenze. Le modalità sono quindi decise dall'assemblea condominiale e dall'amministratore, affinché sia garantito il miglior godimento a tutti i condomini dei beni e servizi comuni.

Nell'articolo 4, comma 6, sono elencati i casi in cui le disposizioni riguardanti i limiti alla durata giornaliera di attivazione non sono applicati. Tra questi rientrano, come cita testualmente l'articolo:

- *Impianti termici che utilizzano calore proveniente da centrali di cogenerazione con produzione combinata di elettricità e calore.*
- *Impianti termici al servizio di più unità immobiliari dotati di gruppo termoregolatore pilotato da una sonda di rilevamento della temperatura esterna con programmatore che consenta la regolazione almeno su due livelli della temperatura ambiente nell'arco delle 24 ore; Questi impianti possono essere condotti in esercizio continuo purché il programmatore giornaliero*

venga tarato e sigillato per il raggiungimento di una temperatura degli ambienti pari a 16 °C + 2°C di tolleranza nelle ore al di fuori della durata giornaliera di attivazione;

- *Impianti termici al servizio di più unità immobiliari residenziali nei quali sia installato e funzionante, in ogni singola unità immobiliare, un sistema di contabilizzazione del calore e un sistema di termoregolazione della temperatura ambiente dell'unità immobiliare stessa dotato di un programmatore che consenta la regolazione almeno su due livelli di detta temperatura nell'arco delle 24 ore (di notte l'impianto deve funzionare a regime attenuato, a temperatura più bassa);*

D.P.R. 551/1999

Il Decreto, integrativo del D.P.R. 412, descrive l'obbligatorietà della contabilizzazione del calore. In particolare, l'articolo 5 (Termoregolazione e contabilizzazione) del presente decreto recita: *"Ai sensi del comma 3 dell'articolo 26 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, gli impianti termici al servizio di edifici di nuova costruzione, la cui concessione edilizia sia rilasciata dopo il 30 giugno 2000, devono essere dotati di sistemi di termoregolazione e di contabilizzazione del consumo energetico per ogni singola unità immobiliare"*. Si tiene presente che in caso di nuova costruzione è tecnicamente ed economicamente più vantaggiosa la contabilizzazione diretta del calore (un solo contatore installato in ogni unità immobiliare). (6)

D.P.R. 59/09

Stabilisce che in tutti gli edifici esistenti con un numero di unità abitative superiore a 4, appartenenti alle categorie E1 ed E2, in caso di ristrutturazione dell'impianto termico o di installazione dell'impianto termico, devono essere realizzati interventi necessari per permettere, ove tecnicamente possibile, la contabilizzazione e la termoregolazione del calore per singola unità abitativa. L'articolo 4, comma 21 del D.P.R. 59/2009 recita che *"per tutti gli edifici e gli impianti termici nuovi o ristrutturati, è prescritta l'installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso ed esposizioni uniformi al fine di non determinare sovrariscaldamento per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni. L'installazione di detti dispositivi è aggiuntiva rispetto ai sistemi di regolazione di cui all'articolo 7, commi 2,4,5 e 6, del decreto Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n.412, e successive modificazioni, e deve comunque essere tecnicamente compatibile con l'eventuale sistema di contabilizzazione"*. (7)

D.lgs. 4 luglio 2014, n. 102

L'ultimo obbligo di installazione dei sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore negli edifici è stato introdotto dalla direttiva europea sull'efficienza energetica 2012/27/UE, recepita D.lgs. n. 102/2014 e successive modifiche e integrazioni. L'obbligo alla contabilizzazione in ciascuna unità immobiliare, come recita l'articolo 2, riguarda condomini, ovvero edifici con almeno due unità immobiliari, ed edifici polifunzionali, cioè edifici destinati a scopi diversi ed occupati da almeno due soggetti che devono ripartire tra loro la fattura dell'energia acquistata.

Il decreto stabilisce, nell'articolo 9 comma 5, come termine per l'installazione dei sistemi di regolazione e contabilizzazione il 30/6/2017. Inoltre, l'articolo 9 comma 5 lettera d) recita: (8)

“Quando i condomini o gli edifici polifunzionali sono alimentati da teleriscaldamento o teleraffreddamento o da sistemi comuni di riscaldamento o raffreddamento, per la corretta suddivisione delle spese connesse al consumo di calore per il riscaldamento, il raffreddamento delle unità immobiliari e delle aree comuni, nonché per l'uso di acqua calda per il fabbisogno domestico, se prodotta in modo centralizzato, l'importo complessivo sia suddiviso tra gli utenti finali, in base alla norma tecnica UNI 10200 e successive modifiche e aggiornamenti. Ove tale norma non sia applicabile o laddove siano comprovate, tramite apposita relazione tecnica asseverata, differenze di fabbisogno termico per metro quadro tra le unità immobiliari costituenti il condominio (o l'edificio polifunzionale) superiori al 50 per cento, è possibile suddividere l'importo complessivo tra gli utenti finali attribuendo una quota di almeno il 70 per cento agli effettivi prelievi volontari di energia termica. In tal caso gli importi rimanenti possono essere ripartiti, a titolo esemplificativo e non esaustivo, secondo i millesimi, i metri quadri o i metri cubi utili, oppure secondo le potenze installate”. “È fatta salva la possibilità, per la prima stagione termica successiva all'installazione dei dispositivi di termoregolazione e contabilizzazione, che la suddivisione si determini in base ai soli millesimi di proprietà”.

L'applicazione della norma UNI 10200 nella versione vigente è facoltativa nei condomini (o gli edifici polifunzionali) ove alla data di entrata in vigore del D.lgs. 102/2014 si sia già provveduto all'installazione dei dispositivi di termoregolazione e contabilizzazione e si sia già provveduto alla relativa suddivisione delle spese purché quest'ultima sia coerente con il principio di ripartizione in base ai consumi (ad esempio versioni della UNI 10200).

La deroga all'obbligo di installazione della termoregolazione e contabilizzazione può essere esercitata qualora sussista un'impossibilità tecnica all'installazione di sottocontatori o una inefficienza in termini di costi e una sproporzione rispetto ai risparmi energetici potenziali. Tale impossibilità o inefficienza deve essere documentata tramite apposita relazione tecnica di un progettista o un tecnico abilitato; La suddetta relazione può fare riferimento alla UNI EN 15459.

Per “Condizione di inefficienza in termini di costi” indicata nella legge, non si fa riferimento ad una singola unità immobiliare ma all'intero condominio. Non è possibile eventualmente esimere una singola unità dall'installazione dei dispositivi previsti e dalla conseguente suddivisione dei costi secondo i consumi individuali, ma deve essere dimostrata la condizione di inefficienza in termini di costi su tutto il condominio.

1.1.1 Agevolazioni fiscali

Con la Legge di Bilancio 2018, approvata il 29 dicembre 2017, sono modificate e depotenziate le detrazioni fiscali relativi ad alcuni interventi di efficientamento energetico dal 65% al 50%. (9)

La detrazione del 65% spetta quando l'installazione dei contabilizzatori con valvole termostatiche si accompagna alla sostituzione, integrale o parziale, di caldaie a condensazione o con pompe di calore ad alta efficienza o con impianti geotermici a bassa entalpia come previsto più specificatamente e tecnicamente al comma 347 della Legge 296 che individua le caratteristiche tecniche che devono avere gli impianti.

Per le spese relative all'installazione di valvole termostatiche e contabilizzatori, senza però sostituire la caldaia, si può usufruire delle agevolazioni fiscali, ma limitatamente al 50% della spesa sostenuta, come specificato dall'Agenzia delle Entrate. L'intervento rientra tra le "opere finalizzate al risparmio energetico".

1.2 Norme tecniche di riferimento

- *Norma UNI 10200:2018* – Impianti termici centralizzati di climatizzazione invernale, estiva e produzione di acqua calda sanitaria – Criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale, estiva e produzione di acqua calda sanitaria.
- *Norma UNI EN 834* – Norma tecnica sui ripartitori di calore:
La norma descrive le caratteristiche tecniche che si richiedono agli apparecchi elettronici per la contabilizzazione indiretta del calore (contatori di calore e ripartitori di calore).
- *Norma UNI EN 1434-1:2019* – Contatori di calore – Parte 1: Requisiti generali
- *Norma UNI 11388:2015* - Sistemi di contabilizzazione indiretta del calore basati sui tempi di inserzione dei corpi scaldanti compensati dalla temperatura media del fluido termovettore:
La norma fornisce i requisiti e i principi di funzionamento, di installazione, di prova e di impiego dei sistemi di contabilizzazione indiretta basati sui totalizzatori di unità di ripartizione correlate all'energia termica per climatizzazione invernale per singolo corpo scaldante. La contabilizzazione avviene quindi totalizzando il tempo di inserzione del riscaldamento corretto dalla differenza di temperatura ambiente e quella media dell'acqua di mandata/ritorno.
- *Norma UNI 9019:2013* – Sistemi di contabilizzazione indiretta basati sul totalizzatore di zona termica e/o unità immobiliare per calcolo dell'energia termica utile tramite i tempi di inserzione del corpo scaldante compensati dai gradi-giorno dell'unità immobiliare.
- *Norma UNI EN 442-2:2015* – Norma tecnica sulla determinazione della potenza radiante dei termosifoni: Si tratta della norma alla quale si attengono tutti i produttori di termosifoni e che regola la determinazione della potenza radiante dei termosifoni.

1.3 Autonomia termica e ripartizione delle spese negli impianti centralizzati

L'autonomia termica e la ripartizione delle spese termiche sono stati aspetti che fino agli anni Sessanta/Settanta hanno trovato poco rilievo per diversi motivi, tra cui il basso costo dei combustibili e della gestione degli impianti. (10)

La situazione è però cambiata per tre ragioni:

1. Alti incrementi di costo imposti dai Paesi produttori di gas e petrolio;
2. Elevati oneri di raffinazione necessari per ottenere combustibili meno inquinanti;
3. Rapido esaurirsi delle scorte di combustibili fossili.

Questo nuovo scenario, iniziato con la Crisi energetica del 1973, ha messo in primo piano la tematica del corretto uso delle fonti energetiche disponibili, non solo a livello del singolo utente ma a livello nazionale ed internazionale, da perseguirsi con il supporto di un valido quadro legislativo e normativo.

Uno dei punti fondamentali riguarda gli impianti centralizzati di riscaldamento, l'utente infatti deve avere le seguenti due possibilità:

- Poter scaldare solo quando serve;
- Poter pagare solo in base al calore consumato;

L'obiettivo è quindi quello di realizzare impianti che offrano ad ogni utenza l'autonomia termica e la contabilizzazione individuale del calore.

La strada dell'autonomia termica, nei condomini, è stata perseguita in passato con il passaggio da impianti centralizzati a impianti autonomi a caldaiette. Questa soluzione, non coerente con le esigenze di sicurezza, funzionalità e rispetto dell'ambiente era necessaria visto la mancanza di strumenti atti a fornire una regolazione e una ripartizione del calore ottimale.

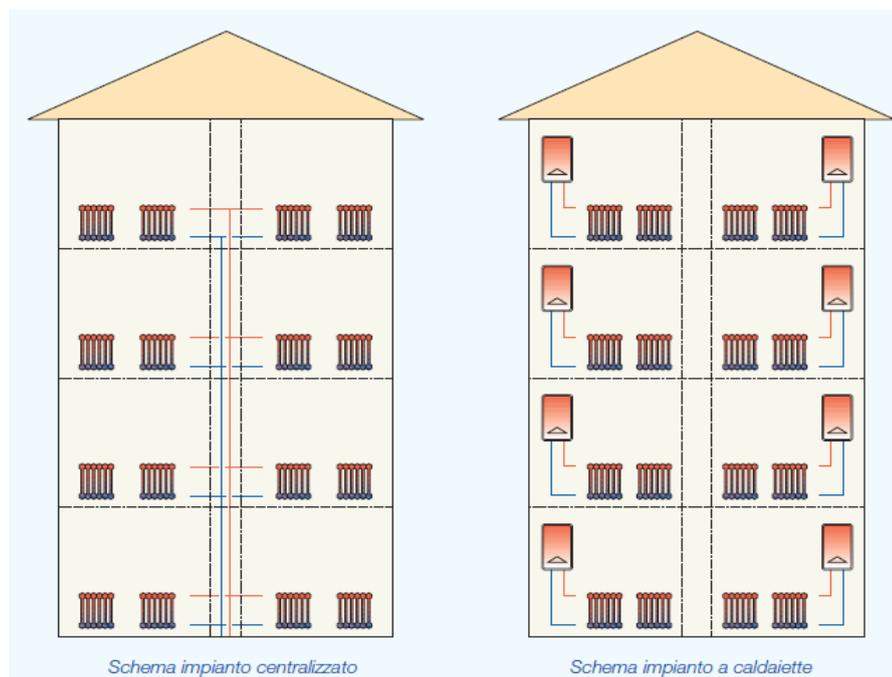


Figura 1.1 Schema impiantistico centralizzato e con caldaiette (fonte: Caleffi)

Rispetto agli impianti centralizzati, quelli autonomi evidenziano le seguenti criticità:

- Rendimenti di combustione mediamente più bassi;
- Spese di manutenzione e controllo più elevate;
- Maggiore esposizione a pericoli visto che la loro sicurezza dipende dalla regolarità con la quale si effettuano i controlli e la manutenzione sulla caldaia;
- Impossibilità di allacciamento alla rete di teleriscaldamento;

Per le problematiche appena evidenziate e grazie allo sviluppo di nuove tecnologie in ambito componentistico, il passaggio a impianti autonomi si è fermato. L'applicazione di strumenti come valvole termostatiche e contabilizzatori permette infatti di avere una buona autonomia termica senza doversi staccare dall'impianto centralizzato.

Mentre, come detto prima, negli anni Ottanta e Novanta la problematica dell'autonomia nella gestione del sistema di riscaldamento veniva risolta con l'installazione in ogni appartamento di generatori termoautonomi, successivamente si è passati a impianti equipaggiati con il binomio valvola termostatica/dispositivo di contabilizzazione. Le valvole termostatiche costituiscono infatti l'organo attraverso cui l'utente può decidere le condizioni di temperatura del proprio alloggio, potendo quindi incidere sulla quantità di energia che andrà a prelevare dalla rete centralizzata di distribuzione.

Questi sono oggi chiamati "Impianti autonomi con produzione centralizzata" poiché offrono la stessa autonomia di un impianto termoautonomo con l'aggiunta dei seguenti aspetti:

- Maggiore efficienza complessiva rispetto alla pluralità di generatori individuali;
- Minori costi complessivi di investimento;
- Maggiore sicurezza, infatti la gestione e la manutenzione di un unico generatore è più semplice rispetto a quella di molteplici generatori, dove spesso la periodica manutenzione può essere trascurata, costituendo quindi un rischio per la sicurezza del sistema;
- Minore potenza complessivamente installata e quindi minore carico sulla rete gas;
- Indipendenza dal sistema di produzione che può essere sostituito, ad esempio con una sottostazione di teleriscaldamento, senza che questo cambiamento generi alcun tipo di impatto sulle singole unità abitative;

1.4 Problemi connessi all'uso di valvole termostatiche negli impianti esistenti

L'installazione delle valvole termostatiche deve essere valutata attentamente per evitare che nell'impianto si creino sbilanciamenti di pressione capaci di causare danni molto gravi. Oggi, grazie all'esperienza passata e soprattutto grazie al continuo sviluppo tecnologico, esistono strumenti atti a limitare le problematiche legate all'installazione di valvole termostatiche in un impianto centralizzato. Spetta al progettista capire quali componenti installare, sia in sede di progetto che durante il collaudo dell'impianto. (11)

Il problema principale legato all'uso delle valvole termostatiche all'interno degli impianti è dovuto al continuo aprirsi e chiudersi delle valvole stesse, azioni che portano ad una repentina variazione di portata e di pressione differenziale (ΔP).

Mantenere sotto controllo queste variazioni è fondamentale per assicurare un corretto funzionamento dell'impianto. Si riportano di seguito le anomalie più comuni provocate dall'utilizzo di valvole termostatiche.

Anomalie di funzionamento causate dalle variazioni della portata

Le valvole termostatiche fanno operare gli impianti con portate che non corrispondono a quella nominale, ovvero la portata che si avrebbe se tutte le valvole fossero aperte. Queste variazioni tra portata nominale e portata zero, che possono avvenire in modo repentino, provocano in certi casi:

Danni alle caldaie

Portate troppo basse, soprattutto nelle caldaie tradizionali, possono portare a forti surriscaldamenti dello scambiatore interno e quindi a fessurazioni e a rotture in prossimità delle zone più delicate, come ad esempio nell'area a contatto con la fiamma oppure in punti di deposito del calcare. Portate inferiori al 30-40% delle portate nominali portano a questo tipo di problemi.

Blocco degli impianti

Le basse portate fanno sì che la temperatura del fluido termovettore si alzi notevolmente, causando il surriscaldamento dello stesso e quindi provocando l'intervento dei dispositivi di sicurezza come valvole e termostati di intercettazione del combustibile a riarmo manuale. Questa condizione di continua accensione e spegnimento del bruciatore va a danneggiare la caldaia.

Danni alle pompe

Le basse portate fanno lavorare le pompe degli impianti esistenti fuori campo. Si tratta infatti di pompe che dovrebbero lavorare a portata costante e prive di strumenti di regolazione. Il numero di giri quindi non varia e al diminuire della portata, come si nota in Figura 1.2, la pressione differenziale aumenta. Il rendimento invece diminuisce e ciò porta al surriscaldamento della pompa stessa e quindi, in certi casi, alla rottura.

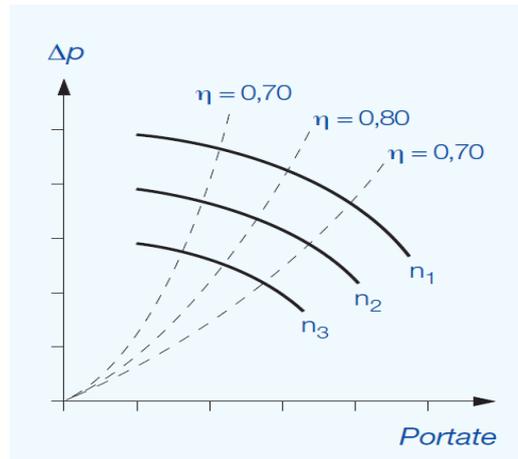


Figura 1.2 Curva di funzionamento pompa di circolazione a portata costante (fonte: Caleffi)

Anomalie di funzionamento causate da variazioni troppo elevate di ΔP

Le pompe a numero di giri costanti, come detto precedentemente, portano ad elevati incrementi di ΔP quando la portata si riduce. Ciò in primo luogo causa un funzionamento rumoroso delle valvole termostatiche, queste infatti sono progettate per lavorare in un campo di pressione a seconda del tipo di valvola, della posizione del cursore, della pressione e della temperatura dell'acqua. Se il ΔP supera un certo limite la valvola funziona in modo rumoroso e può danneggiarsi, infatti tali aumenti di pressione possono anche impedire la chiusura della valvola, portandola ad un funzionamento scorretto. In questo secondo caso la valvola funziona da by-pass e quindi non è più capace di regolare la temperatura ambiente.

1.5 Interventi connessi all'uso delle valvole termostatiche negli impianti esistenti

Si definiscono gli aspetti principali da considerare, con i relativi interventi richiesti, quando si vanno ad aggiungere ad un impianto centralizzato esistente le valvole termostatiche. Avere un quadro chiaro e rigoroso degli interventi da eseguire è praticamente impossibile poiché non sempre sono disponibili documenti progettuali e soprattutto perché nel corso degli anni sono state spesso introdotte modifiche nell'impianto che si sta analizzando su caldaie, pompe, e corpi scaldanti. (10)

Occorre prima di tutto definire e considerare attentamente i seguenti aspetti:

1. Condizione di funzionamento del generatore;
2. Condizione di funzionamento delle pompe;
3. Bilanciamento delle colonne, a valvole aperte e in fase di chiusura;
4. Equilibratura dei singoli corpi scaldanti;
5. Disareazione e eliminazione dello sporco;

Condizione di funzionamento del generatore:

Le temperature di ritorno e le portate devono rispettare limiti imposti dal produttore. Per le caldaie tradizionali occorre considerare i seguenti accorgimenti:

- Temperatura di ritorno in caldaia $>55^{\circ}\text{C}$ così da evitare fenomeni di condensa e corrosione interni alla caldaia;
- Portata minima $>1/3$ della portata nominale;

Il rispetto del primo punto è assicurato da pompe anticondensa, mentre per il secondo si installano by-pass con autoflow e valvole di sfioro, poste in centrale termica o alla base delle colonne.

Condizione di funzionamento delle pompe:

Con le valvole termostatiche è consigliabile installare pompe a velocità variabile con ΔP costanti o proporzionali. In questo modo i vantaggi ottenibili sono legati ad un minor costo di gestione e ad un ΔP meno variabile in rete.

Negli impianti medio-grandi le pompe sono munite di sonde esterne per il controllo delle pressioni differenziali. Tuttavia, le sonde esterne misurano la pressione solo in due punti dell'impianto per effettuare la regolazione e quindi ciò può portare ad avere il rischio che in alcuni punti dell'impianto ci siano pressioni differenziali comunque troppo alte o troppo basse.

Bilanciamento delle colonne a valvola aperta

Le colonne generalmente non sono bilanciate e perciò questa soluzione serve a ridurre o ad evitare i possibili squilibri degli impianti esistenti. Alcune portate potranno infatti essere troppo elevate nelle colonne vicine alla pompa e troppo basse nelle colonne più lontane. Per effettuare il bilanciamento si utilizzano gli autoflow e le valvole di taratura, come quelle a lettura diretta della portata.

Bilanciamento delle colonne a valvole in fase di chiusura

Questa soluzione serve a tenere sotto controllo la crescita dei ΔP che agiscono sulle termostatiche, crescita che si verifica quando le valvole vanno a chiudersi. Per tale bilanciamento, realizzabile sulla base delle colonne, si vanno ad usare valvole di sfioro e regolatori di ΔP .

Bilanciamento dei singoli corpi scaldanti a valvole aperte

Risulta utile, soprattutto negli impianti medio-grandi con colonne molto alte, bilanciare a valvole aperte non solo le colonne ma anche i corpi scaldanti. In questo modo si evita che i corpi scaldanti dei piani più bassi funzionino con portate troppo elevate e quelli più alti con portate troppo basse. Per questa soluzione si usano valvole termostattizzabili con prerogolazione interna, effettuata con una ghiera che consente di selezionare sezioni diverse di passaggio, cioè sezioni che esercitano resistenze diverse al fluido.

Eliminazione dell'aria e dello sporco

L'aria all'interno degli impianti, soprattutto in quelli più datati, oltre a far funzionare peggio i termosifoni per la formazione di sacche d'aria nella parte alta, contribuiscono anche a danneggiare le valvole termostatiche. Stesso discorso vale per lo sporco all'interno del fluido termovettore e per questa ragione si consiglia l'installazione di un defangatore e di un disaeratore.

1.6 Componentistica per bilanciamento impianti

I mezzi oggi disponibili per evitare o minimizzare gli squilibri idraulici causati dalle valvole termostatiche sono diversi. Si analizzeranno i componenti più diffusi a seconda del tipo di applicazione e del tipo di impianto presente. (12)

Valvole di by-pass differenziale

Questi strumenti servono a realizzare by-pass in grado di:

- Evitare l'insorgere di pressioni differenziali troppo elevate tra due punti di un circuito;
- Garantire, a valvole termostatiche chiuse, le portate minime necessarie per far funzionare correttamente le caldaie e le pompe;

Sono costituite da:

1. Corpo valvola;
2. Manopola di regolazione;
3. Molla di contrasto;
4. Otturatore;

Quando c'è una pressione differenziale superiore a quella di taratura della valvola l'otturatore apre la via by-pass.

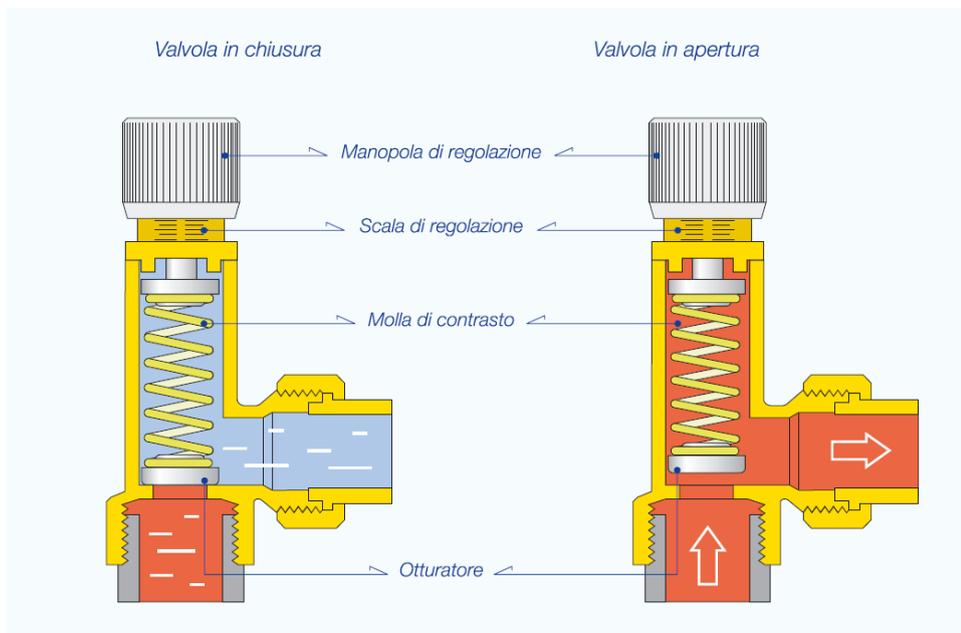


Figura 1.3 Valvola di by-pass differenziale (fonte: Caleffi)

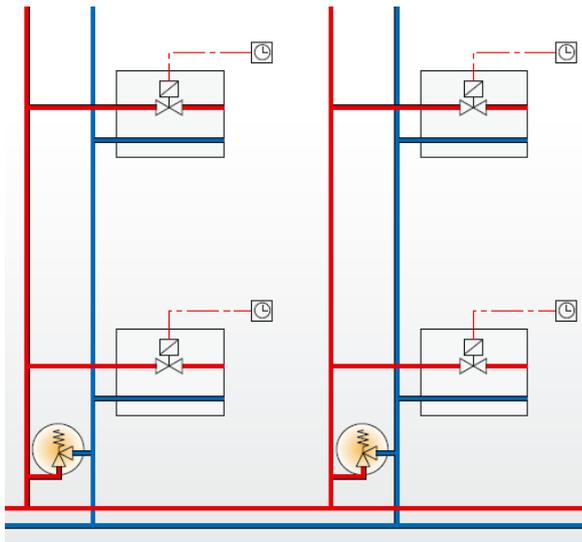


Figura 1.4 Valvola di by-pass alla base delle colonne (fonte: Caleffi)

Negli impianti autonomi sono installate generalmente in centrale termica, mentre negli impianti centralizzati sono installati sulle colonne così da tenere sotto controllo il variare delle pressioni differenziali lungo il circuito di distribuzione.

By-Pass differenziali per collettori

Sono by-pass che vanno montati sui collettori e dotati di una valvola limitatrice della pressione differenziale tarata in fabbrica.

I valori di taratura variano da 1500 a 2000 mm c.a., cioè entro i limiti che consentono il corretto funzionamento della termostatica.

Regolatori di pressione differenziale a taratura variabile

Questi componenti servono a mantenere costante la differenza di pressione tra due punti di un circuito.

Sono composti da:

1. Corpo valvola;
2. Manopola di regolazione;
3. Prese di pressione che alimentano le camere di alta e bassa pressione, separate tra loro da una membrana;
4. Stelo e otturatore;
5. Molla di contrasto;

La forza motrice è data dalla pressione differenziale che agisce sulla membrana e dall'azione della molla di contrasto. A seconda della posizione della presa di pressione l'otturatore opererà in modo diverso. Se i regolatori sono posti in parallelo, la riduzione della differenza di pressione è ottenuta mandando in apertura l'otturatore, cioè facendo diminuire la resistenza del by-pass al passaggio del fluido.

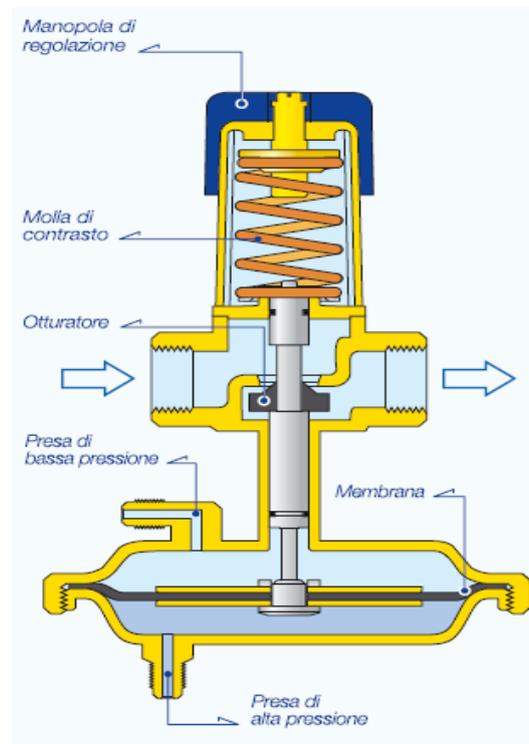


Figura 1.5 Regolatore di pressione differenziale (fonte: Caleffi)

Se i regolatori sono installati in serie, invece, la riduzione di pressione fra due punti è ottenuta mandando in chiusura l'otturatore, cioè aumentando la resistenza al passaggio del fluido.

I regolatori di pressione a taratura fissa, a differenza dei regolatori a taratura variabile, sono in grado di regolare la pressione solo in base ad un valore di taratura prefissato dal produttore e perciò sono prive della manopola di regolazione. Questa versione di regolatori non richiede quindi alcun intervento di taratura e non è starabile, in questa maniera si garantiscono pressioni adeguate al corretto funzionamento delle derivazioni di zona con valvole termostatiche. Sono indicati per proteggere da sovrappressioni le derivazioni di zona.

Valvole di bilanciamento

Le valvole di bilanciamento servono ad assicurare le portate richieste quando ai loro estremi sussistono differenze di pressione costanti.

Sono costituite dai seguenti elementi:

1. Corpo valvola;
2. Manopola di regolazione;
3. Due prese di pressione;
4. Otturatore;

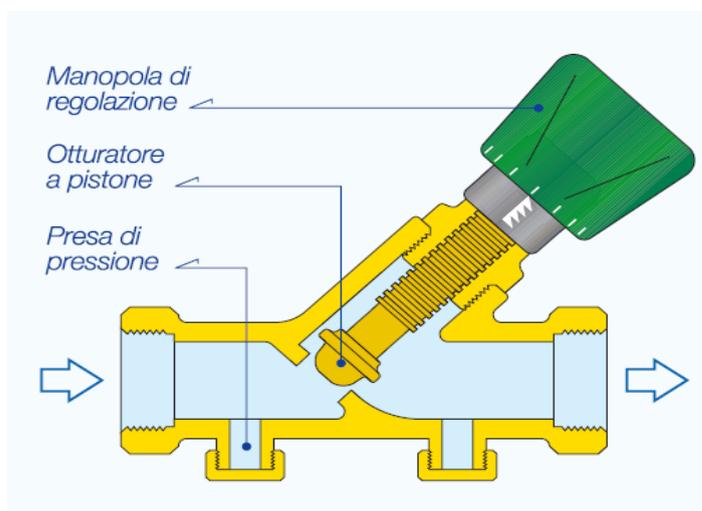


Figura 1.6 Valvola di bilanciamento (fonte: Caleffi)

Esistono valvole di bilanciamento con misuratori di portata incorporati per rendere più semplici e meno esposte ad errori le operazioni di taratura e di verifica.

Negli impianti a portata variabile le valvole di bilanciamento servono a bilanciare le portate delle colonne e delle derivazioni di zona.

Autoflow

Gli autoflow sono stabilizzatori automatici di portata.

Questi componenti servono ad assicurare le portate richieste (portate di progetto) quando ai loro estremi sono presenti differenze di pressione variabili e sono quindi utilizzati in corrispondenza di terminali, derivazioni di zona e colonne delle reti di distribuzione.

Sono costituiti da:

1. Corpo valvola;
2. Pistone;
3. Molla di contrasto;

Il pistone è dotato di aperture che fanno variare la sezione di passaggio del fluido in modo da mantenere costante la portata entro un ampio campo di pressioni, come mostrato nella figura seguente.

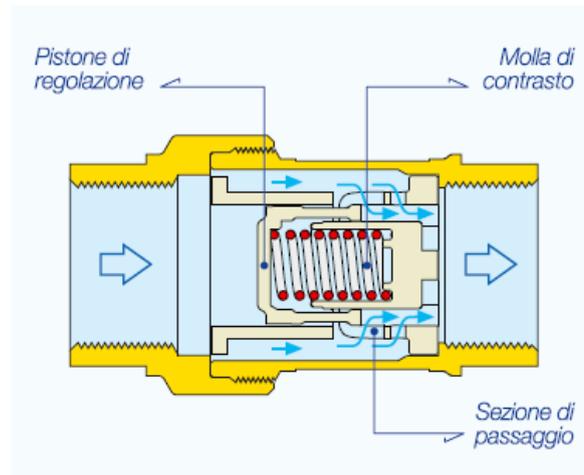


Figura 1.7 Autoflow (fonte: Caleffi)

Negli impianti a portata variabile questi strumenti sono utilizzati per stabilizzare e bilanciare le portate delle colonne e delle derivazioni di zona. In centrale termica possono anche essere utilizzati per realizzare by-pass di centrale, assicurando portate minime necessarie per far funzionare correttamente sia le pompe che le caldaie. (12)

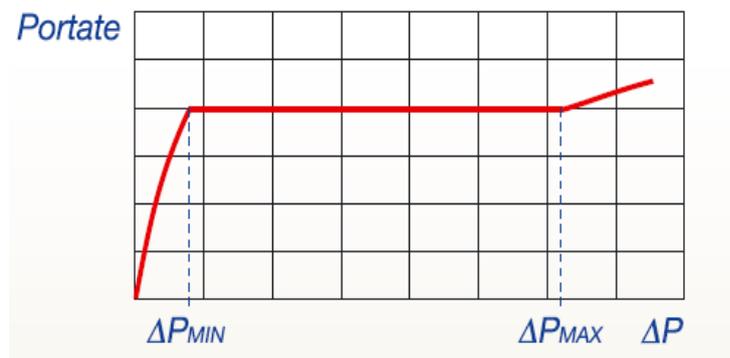


Figura 1.8 Funzionamento Autoflow (fonte: Caleffi)

Dalla Figura 1.8 si distinguono tre situazioni:

- Pressione differenziale inferiore alla minima richiesta: il pistone non comprime la molla e offre al fluido la massima sezione di passaggio;
- Pressione differenziale superiore alla minima richiesta e inferiore alla massima (funzionamento entro il campo di lavoro): il pistone comprime la molla e offre al fluido una sezione libera di passaggio tale da consentire il flusso della portata nominale;
- Pressione differenziale superiore alla massima richiesta (funzionamento oltre il campo di lavoro): il pistone comprime completamente la molla e offre al fluido la minima sezione di passaggio.

2 UNI 10200:2018

La norma UNI 10200 stabilisce i criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale, estiva e acqua calda sanitaria in impianti centralizzati, provvisti o meno di dispositivi per la contabilizzazione dell'energia termica utile. (13)

La norma è stata approvata dalla Commissione centrale Tecnica dell'UNI il 25 settembre 2018, dopo essere stata scritta sotto la competenza del Comitato Termotecnico Italiano, ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale dall'11 ottobre 2018, sostituendo la UNI 10200:2015.

Vengono normati e analizzati gli aspetti relativi all'autonomia della gestione dell'impianto e la conseguente contabilizzazione del calore. Le tecniche di misura utilizzate per la contabilizzazione dei consumi di energia termica sono suddivise in:

- *Contabilizzazione diretta*: Determinazione dei consumi volontari dei singoli utenti basata sull'utilizzo dei contatori di calore, la misurazione avviene direttamente sul fluido termovettore;
- *Contabilizzazione indiretta*: Determinazione dei consumi volontari dei singoli utenti basata sull'utilizzo dei ripartitori o di sistemi di ripartizione per la contabilizzazione, per una ragionevole stima (mediante calcolo) del consumo stesso, determinata misurando parametri con elevata correlazione al consumo di energia termica.

2.1 Contabilizzazione e strumenti di misura

Nella scelta dei contatori di calore, va tenuto conto che essi devono essere conformi alla direttiva europea 2004/22/CE, nota come direttiva MID (acronimo di Measuring Instruments Directive).

La direttiva, relativa agli strumenti di misura, costituisce un passo di fondamentale importanza nel settore della metrologia. In particolare, disciplina le prestazioni metrologiche di strumenti utilizzati per la misurazione di beni finalizzati alla vendita quali: energia elettrica, acqua, gas e energia termica.

La direttiva MID è stata pubblicata nel marzo 2004 e recepita dallo Stato Italiano mediante il decreto legislativo 2 febbraio 2007.

Tale direttiva fornisce, verso i prodotti disciplinati, prescrizioni non di carattere costruttivo ma, piuttosto, di carattere prestazionale, stabilendo dei limiti di accettabilità di tali aspetti prestazionali e svincolandosi dalla necessità di tener conto del rapido mutare delle caratteristiche costruttive e tecnologiche del prodotto.

2.1.1 Contabilizzazione diretta

Con questa tecnica viene misurata l'energia che fluisce, attraverso il fluido vettore, nella sezione di impianto considerata. La contabilizzazione diretta è così denominata perché effettua il calcolo dell'energia facendo riferimento diretto alle grandezze fisiche con cui l'energia fluisce nel fluido termovettore. (14)

Il contatore integra numericamente il differenziale di temperatura, tra mandata e ritorno, rispetto al volume che fluisce attraverso la sezione di misura e pesato con un coefficiente che è funzione delle condizioni termodinamiche del fluido, misurando così l'energia transitata nella sezione.

La formula utilizzata dal contatore è la seguente:

$$J = \sum k_i * \Delta T_i * (V_{i+1} - V_i)$$

Dove:

J è la quantità di calore ceduta o assorbita dall'impianto;

V_i è il volume di liquido che ha attraversato la sezione di misura all'istante i ;

V_{i+1} è il volume di liquido che ha attraversato la sezione di misura all'istante $i+1$;

k_i è il coefficiente termico, funzione delle proprietà del liquido termovettore alle relative temperature di efflusso;

ΔT_i è la differenza di temperatura fra la mandata e il ritorno del circuito all'istante i .

La contabilizzazione diretta può essere applicata sia al riscaldamento che al raffrescamento, senza dover fare l'inversione delle sonde.

I componenti principali costituenti il contatore di calore sono:

- Sensore di portata. Può essere di due tipologie:
 - Tipo volumetrico: la misura di portata avviene tramite una turbina a getto singolo. L'acqua colpisce tangenzialmente la ventola e quindi la velocità, che è proporzionale alla portata, viene misurata elettronicamente, senza la presenza di un campo magnetico.
 - Tipo statico: la misura di portata avviene tramite un sistema ad ultrasuoni. Un treno di impulsi viene inviato prima nella direzione del flusso dell'acqua e dopo in senso contrario, misurando la portata in funzione del tempo trascorso tra l'emissione ed il ricevimento di questi segnali.
- Coppia di sensori di temperatura. Sono utilizzate termosonde con elemento sensibile al platino (PT500-PT1000). Queste sono accoppiate in modo che applicate sullo stesso contatore l'errore complessivo sia ridotto e per questo motivo la scelta ricade su sonde che hanno errore dello stesso segno, così che nella differenza l'errore complessivo sia appunto ridotto.

- Unità di calcolo: dispositivo elettronico che elabora i dati di portata e differenziale di temperatura unitamente alle informazioni di densità ed entalpia per produrre il dato di potenza e quindi, con il tempo, di energia transitata nella sezione analizzata.
- Interfaccia per il trasferimento dati: dispositivo che mediante collegamento diretto o wireless trasferisce i dati ad un sistema di acquisizione centralizzato in grado di consentire la lettura dei dati di consumo da remoto.

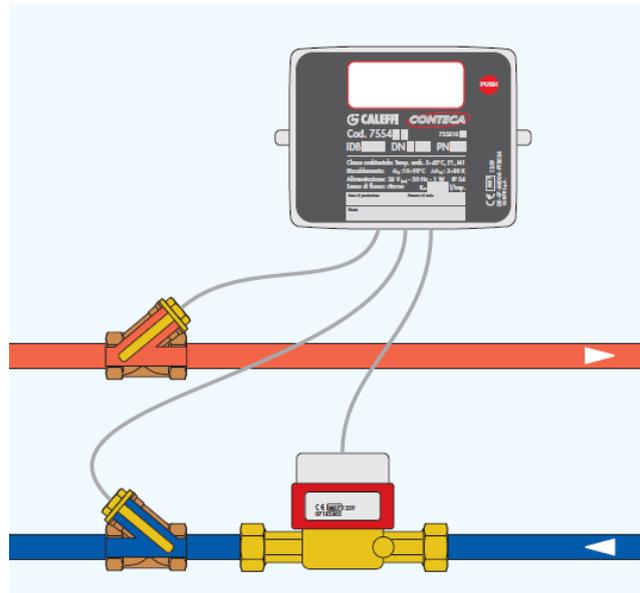


Figura 2.1 Contatore di calore diretto (fonte: Caleffi)

Un'altra classificazione dei contatori diretti viene effettuata per distinguere gli strumenti compatti da quelli combinati.

- Strumenti compatti: apparecchi in cui tutti gli elementi sopra citati sono raggruppati in un unico insieme. Questi sono preferibili per le misurazioni delle singole unità abitative.
- Strumenti combinati: apparecchi in cui gli elementi costitutivi sono forniti tra loro separati e successivamente montati e collegati direttamente sull'impianto. Sono usati per misurazioni tipiche delle centrali di produzione per determinare il totale dell'energia immessa sulla rete di distribuzione.

I contatori di calore di tipo diretto, essendo apparecchiature di misurazione, devono recare oltre alla marchiatura CE anche una marcatura supplementare, indicata con la lettera M, attestante che l'apparecchiatura è stata sottoposta alla verifica del rispetto dei requisiti secondo la norma UNI EN 1434 – Parti da 1 a 6.

Le condizioni di funzionamento di un contatore di calore diretto sono definite dai limiti minimo e massimo entro cui possono variare le grandezze misurate senza che siano superati i massimi errori ammissibili. Ci sono quindi valori di temperatura minima e massima entro cui deve mantenersi il fluido termovettore sia in mandata che in ritorno, cioè il campo di misurazione, oltre che valori minimi e massimi di portata, sia per tempi indeterminati che per periodi brevi.

In base agli errori complessivi, frutto degli errori rispettivamente di unità di calcolo, coppia di sensori di temperatura e sensore di portata, si classificano gli strumenti di misura in Classi. Strumenti di Classe 2, in cui si collocano i contatori con sensore di portata statico, saranno quindi più precisi di strumenti di Classe 3, a cui appartengono gran parte dei contatori con sensore di portata volumetrico. La classe è determinata dal tipo di sensore di portata e in generale l'errore complessivo è prevalentemente deciso dall'errore sulla misura di temperatura rispetto a quello della portata, evidenziando il fatto che la misura della temperatura è assai più critica.

La scelta della Classe dello strumento però deve essere fatta in funzione delle portate e dei differenziali di temperatura operativi e non solo massimi o minimi. Una valutazione delle condizioni operative dell'impianto è fondamentale per calcolare l'errore massimo possibile con gli strumenti delle diverse classi.

I concetti fondamentali per quanto riguarda la scelta dei contatori diretti sono:

- Scelta dei contatori in base alle esigenze impiantistiche e non in base al diametro delle tubazioni;
- La portata di esercizio deve essere quanto più possibile prossima a quella nominale in modo da avere una buona precisione anche al suo ridursi;
- Occorre dimensionare l'impianto in modo da evitare di operare, per quanto possibile, con differenziali di temperatura vicino al valore minimo di lavoro del contatore di calore;
- Visto che l'incidenza sull'errore di portata non è prevalente, la scelta di un contatore di classe 2, ovvero un contatore statico ad ultrasuoni, non è essenziale. Questi infatti hanno un'incidenza economica invece significativa;
- I contatori statici, non avendo parti mobili, richiedono una minore manutenzione;
- La contabilizzazione diretta, ove applicabile, è in generale da preferirsi alla contabilizzazione indiretta; Essa è facilmente applicabile negli impianti a distribuzione orizzontale nei quali è possibile individuare un unico punto di ingresso del fluido vettore di riscaldamento verso l'alloggio, mentre è di difficile applicazione negli impianti a colonne montanti.

2.1.2 Contabilizzazione indiretta

Negli impianti tradizionali a colonne montanti l'adozione di una contabilizzazione di tipo diretto non è possibile in quanto non risulta economicamente conveniente. La contabilizzazione indiretta valuta l'energia che viene erogata e il volume riscaldato, effettuando misurazioni che non coinvolgono il fluido vettore attraverso cui viene trasportata l'energia.

Il valore del consumo si ottiene dalla valutazione dell'integrale rispetto al tempo della temperatura caratteristica rilevata della superficie del radiatore eventualmente riferita alla temperatura ambiente (apparecchi a due sonde). Questo valore è proporzionale all'energia erogata ma non ne rappresenta una misura in senso stretto. La visualizzazione del consumo si traduce in un progressivo aumento di "unità di scatto", cioè singole unità numeriche proporzionali all'energia elementare erogata. Queste sono visibili sul display del contatore indiretto, così da rendere possibile la lettura delle unità di scatto totalizzate durante il funzionamento.

$$U_R = k * \int_t (T_R - T_a)$$

Dove:

U_R unità di scatto;

T_R Temperatura superficiale del radiatore;

T_a Temperatura ambiente;

k coefficiente che tiene conto di tipologia, potenza del radiatore e della modalità di montaggio;

Le apparecchiature di contabilizzazione indiretta fanno riferimento alla UNI EN 834.

Sul display sono visibili più dati:

- Valore degli scatti cumulati nell'esercizio corrente;
- Valore scatti maturati nel precedente esercizio;
- Informazioni tecniche come: numeri di controllo, il mese di riferimento, il valore del coefficiente k , il numero di sensori attivi e un codice errore per diagnosticare il tipo di anomalia occorsa;
- Codice numerico dell'apparecchio.

I contatori a due sonde sono ovviamente più precisi, poiché misurano la temperatura ambiente con un sensore posto a distanza dall'apparecchio, mentre il secondo sensore misura la temperatura del corpo scaldante. Le versioni ad un solo sensore assumono per la temperatura ambiente un valore di riferimento pari a 20 °C.



Figura 2.2 Contatore di calore indiretto prodotto da Siemens

Il coefficiente k è fondamentale nella valutazione dell'effettiva energia emessa dal radiatore e va programmato in sede di installazione del contatore, che risulta quindi destinato ad un certo tipo di radiatore. L'impianto, grazie al codice presente su ogni contatore, risulta mappato e in corrispondenza di ogni singolo terminale saranno monitorati i consumi, potendo gestire nel tempo eventuali necessità di manutenzione. Ogni terminale sarà quindi equipaggiato con il proprio contatore indiretto, così da ottenere l'energia complessivamente fornita all'alloggio andando a sommare le energie utilizzate da ogni apparecchio al termine della stagione di riscaldamento. La normativa che definisce la metodologia per effettuare il riparto delle spese, con contatori indiretti, prevede di utilizzare le indicazioni totalizzate da ogni alloggio per effettuare una ripartizione rispetto al complessivo delle indicazioni totalizzate da tutti gli alloggi.

Installazione del contatore indiretto

Secondo la norma UNI EN 834 *“la posizione di installazione dei sensori deve essere scelta in modo da assicurare una sufficiente rispondenza tra il conteggio visualizzato e l'emissione di calore del radiatore e ciò per un campo di funzionamento il più esteso possibile”*. Da prove effettuate variando l'emissione di potenza del radiatore e posizionando il contatore ad altezze diverse, si è cercato di stabilire un range di altezze, in percentuale di altezza del radiatore, dove gli scatti del contatore non fossero influenzati dalla potenza erogata. (15)

Determinazione del coefficiente di proporzionalità k (peso energetico dell'unità di scatto)

Per determinare il coefficiente “ k ” occorre svolgere il seguente procedimento: il ripartitore viene installato sul corpo scaldante, si raggiungono le condizioni di regime e si effettua una prima lettura (L_1) seguita da una seconda lettura (L_2) dopo che il ripartitore ha totalizzato almeno 100 scatti. Si confronta successivamente il calore emesso dal corpo scaldante “ Q ”, misurato secondo l'UNI EN 442, con il numero di divisioni totalizzate:

$$k = \frac{Q}{L_2 - L_1}$$

Dove:

Q calore emesso dal corpo scaldante (kWh);

L_1 prima lettura ripartitore;

L_2 seconda lettura ripartitore;

Se il calore emesso dal corpo scaldante è misurato in kWh, il valore di “ k ” ha una dimensione assimilabile ai kWh/UR, in cui UR sono le ripartizioni, cioè le unità di scatto.

2.2 Scopo della norma

Lo scopo della presente norma è quello di fornire a progettisti, manutentori, gestori del servizio di contabilizzazione e amministratori condominiali, i criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale, estiva e acqua calda sanitaria in edifici con impianto centralizzato, provvisti o meno di dispositivi per contabilizzare il calore, così da distinguere i consumi volontari di una singola abitazione da tutti gli altri consumi. (13)

La norma è applicata a:

- Impianti di climatizzazione invernale;
- Impianti di climatizzazione estiva;
- Impianti centralizzati di Acqua Calda Sanitaria;
- Impianti di ventilazione centralizzati;
- Impianti a servizio di una pluralità di edifici, provvisti o meno di contatori di fornitura in ingresso ad ogni fabbricato;

La norma si pone con lo scopo di incentivare la razionalizzazione dei consumi e il contenimento degli sprechi. La spesa di ogni singolo alloggio sarà proporzionale ai prelievi effettivamente registrati, mentre per quanto riguarda la quota involontaria, dovuta alle dispersioni dell'impianto, saranno seguiti altri criteri di ripartizione.

Per fare maggiore chiarezza, si definiscono le seguenti voci:

- *Consumo volontario*: Quota di energia termica utile prelevata dall'impianto termico centralizzato, andando ad agire sul sistema di termoregolazione, cioè sui dispositivi in grado di variare l'emissione termica dei corpi scaldanti per adattarla a certe esigenze;
- *Consumo involontario*: Quota di energia termica utile riferibile alle dispersioni dell'impianto termico centralizzato, per distribuzione ed accumulo, non riconducibile all'azione dell'utente sul sistema di regolazione.

2.3 Classificazione degli impianti termici centralizzati ai fini della contabilizzazione

Gli impianti centralizzati, ai fini della contabilizzazione, sono suddivisi in:

- impianti dotati di termoregolazione per il prelievo volontario di energia termica utile da parte dei singoli utenti;
- impianti sprovvisti di termoregolazione;

Nella prima tipologia di impianti l'utente determina il proprio consumo volontario di energia termica agendo sui dispositivi di termoregolazione, come valvole termostatiche e termostati ambiente.

La contabilizzazione può essere, a seconda della tipologia di impianto e di distribuzione delle tubazioni di mandata e ritorno del fluido termovettore, di due tipologie, come spiegato precedentemente:

- Contabilizzazione diretta;
- Contabilizzazione indiretta.

La contabilizzazione diretta è preferibile, quando applicabile; tuttavia per limiti tecnici spesso è di difficile attuazione negli interventi di riqualificazione di impianti di distribuzione datati. Occorre giustificare nel progetto l'adozione della contabilizzazione diretta oppure indiretta.

I criteri di utilizzo dei dispositivi di contabilizzazione per il riscaldamento sono i seguenti:

Dispositivo	Contabilizzazione diretta	Contabilizzazione indiretta
Contatore di calore conforme alla UNI EN 1434	X	
Ripartitore conforme alla UNI EN 834		X
Sistemi di ripartizione per la contabilizzazione conformi alla UNI 11388 e alla UNI 9019		X

Tabella 2.1 Criteri di utilizzo dei dispositivi (prospetto 3 UNI 10200)

2.3.1 Impianti provvisti di contabilizzazione diretta dell'energia termica utile

La contabilizzazione diretta dell'energia termica utile avviene con l'utilizzo di dispositivi atti alla misura dell'energia termica volontariamente prelevata per ogni unità immobiliare. Come detto precedentemente, il consumo volontario è contabilizzato direttamente solo negli impianti termici centralizzati a distribuzione orizzontale dotati di termoregolazione. Si installa un contatore di calore all'ingresso della derivazione dell'impianto di distribuzione verso ciascuna unità abitativa, così da misurare l'energia termica prelevata volontariamente dall'impianto termico centralizzato. Negli impianti con contabilizzazione diretta si prevede l'utilizzo di termostati ambiente o valvole termostatiche, per impianti dotati di radiatori, capaci di regolare la temperatura in ogni zona o nei singoli ambienti, determinando così la quota di energia termica prelevata volontariamente dall'utente.

Tale contabilizzazione è applicabile con qualunque tipo di corpo scaldante, alla condizione che l'impianto sia progettato in modo da avere differenze di temperatura tra sezione di ingresso e di uscita del fluido termovettore di ogni unità immobiliare, con portate entro il campo di misura del contatore di calore.

Il contatore di calore installato presso l'ingresso della derivazione dell'impianto di distribuzione o presso il singolo corpo scaldante, deve essere conforme alla UNI EN 1434.

2.3.2 Impianti provvisti di contabilizzazione indiretta dell'energia termica utile

La contabilizzazione indiretta dell'energia termica utile si applica quando, per motivi impiantistici, non sia attuabile una contabilizzazione diretta del calore. Si utilizzano dispositivi, ovvero ripartitori, per la contabilizzazione, conformi alla UNI EN 834, alla UNI 11388 o alla UNI 9019.

I ripartitori possono essere installati negli impianti sia a distribuzione verticale sia a distribuzione orizzontale. In questo caso si applicano ripartitori e valvole termostatiche su ciascun radiatore o termoconvettore, oppure si utilizzano termostati ambiente. I ripartitori devono essere programmati in funzione delle caratteristiche e della potenza termica dei corpi scaldanti, seguendo la UNI EN 834.

I sistemi di ripartizione per la contabilizzazione indiretta, conformi alla UNI 11388 o alla UNI 9019, possono essere impiegati per impianti con radiatori, termoconvettori, ventilconvettori con velocità fissa e pannelli radianti a pavimento e a soffitto solo se il fluido termovettore può essere intercettato. Con questi dispositivi occorre che ciascun utente possa leggere sul posto le unità di ripartizione dei suoi corpi scaldanti o accedere alla lettura centralizzata degli stessi dati. Inoltre, ogni utente deve essere informato sulla potenza termica nominale, sulle costanti di tempo di ogni corpo scaldante utilizzate al fine del calcolo delle unità di ripartizione e sulla tipologia di ripartitore.

Si distinguono due tipologie di ripartitore:

- *Non programmato*: cioè tale da fornire il valore di conteggio non ponderato. Si tratta del valore approssimato dell'integrale rispetto al tempo della temperatura caratteristica rilevata della superficie del radiatore, o della differenza di temperatura tra superficie e ambiente.
- *Programmato*: cioè tale da fornire il valore di conteggio ponderato. Questo valore di lettura ponderato, ovvero il valore di consumo, si ottiene dal valore di lettura non ponderato moltiplicato per i fattori di valutazione caratterizzanti la potenza termica nominale del terminale e il contatto termico tra i sensori e le temperature da rilevare. Il valore di consumo è quindi un valore approssimato del calore emesso e consumato dall'utente nel periodo di tempo considerato.

Ove programmabile, si raccomanda che i ripartitori siano programmati, così da poter leggere direttamente sul ripartitore il valore di consumo. Questo valore può però essere ottenuto anche grazie a una successiva conversione del valore di lettura non ponderato visualizzato sul ripartitore non programmato.

2.4 La ripartizione delle spese di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e produzione di acqua calda sanitaria

I principi fondamentali della ripartizione delle spese e le relazioni tra consumi e componenti di spesa sono indicati nella tabella sottostante. Lo schema è valido indipendentemente dal tipo di servizio, per questo motivo viene utilizzato il pedice x, e dal tipo di impianto.

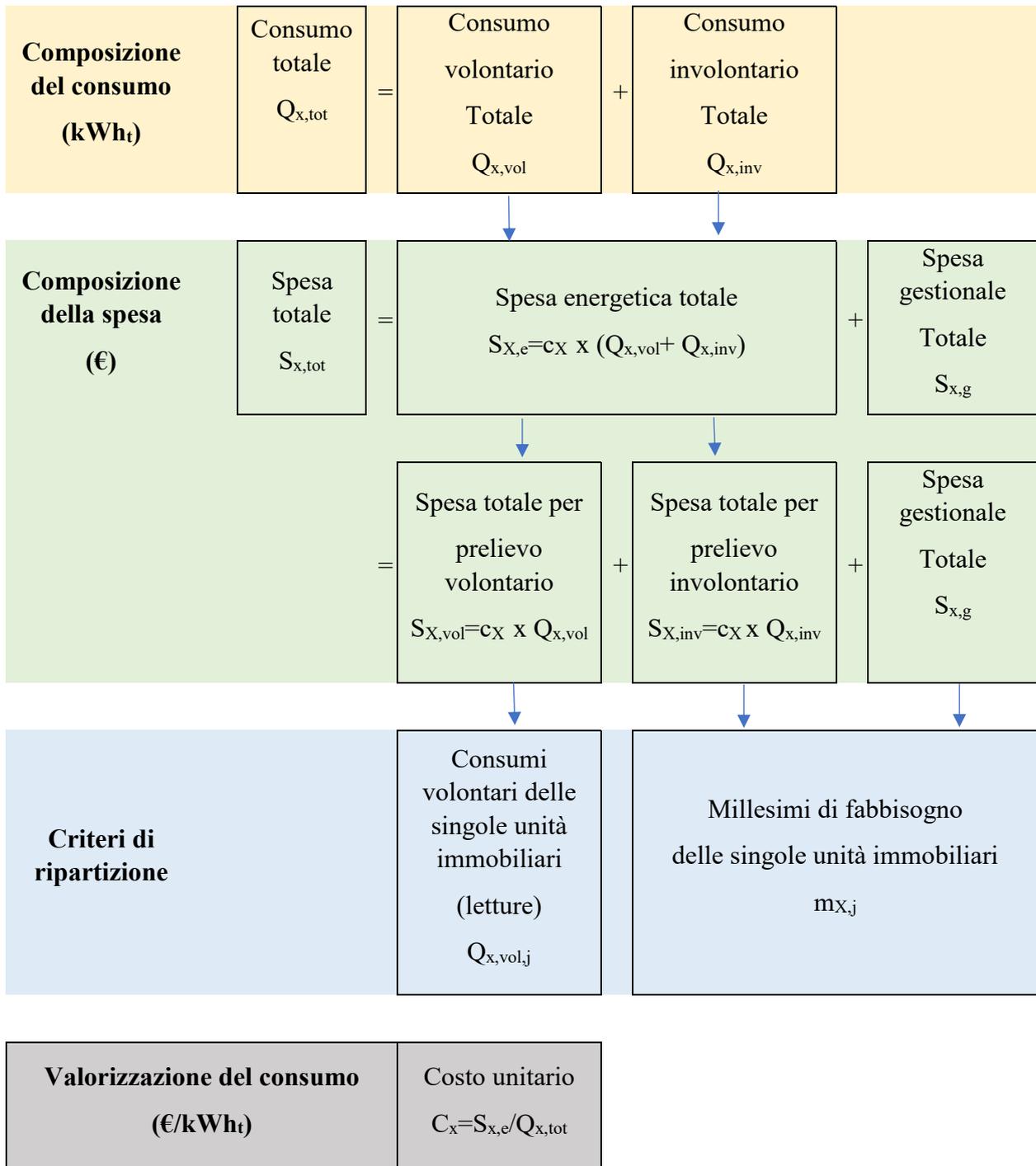


Tabella 2.2 Ripartizione delle spese e rapporto tra componenti del consumo e della spesa

Composizione del consumo totale

L'energia termica utile $Q_{x,tot}$ (kWh_t) comprende sia il contributo fornito dal sottosistema di generazione, a cui concorrono tutti i generatori, sia il contributo fornito dall'impianto solare termico, se presente.

Il consumo totale include, come evidenziato in Tabella 2.2, due diversi contributi:

- Il consumo volontario $Q_{x,vol}$ (kWh_t);
- Il consumo involontario $Q_{x,inv}$ (kWh_t).

Il primo è dovuto ai prelievi delle singole unità immobiliari, mentre l'altro termine comprende le dispersioni della rete di distribuzione, sia recuperate che non recuperate.

$$Q_{x,tot} = Q_{x,vol} + Q_{x,inv} = Q_{x,vol} + Q_{x,dis,ls,rh} + Q_{x,dis,ls,nrh}$$

Dove:

$Q_{x,tot}$ è il consumo totale (kWh_t);

$Q_{x,vol}$ è il consumo volontario (kWh_t);

$Q_{x,inv}$ è il consumo involontario, dispersioni totali della rete di distribuzione (kWh_t);

$Q_{x,dis,ls,rh}$ perdite di distribuzione recuperate (kWh_t);

$Q_{x,dis,ls,nrh}$ perdite di distribuzione non recuperate (kWh_t).

Composizione della spesa totale

La spesa totale di un condominio è formata da due voci:

- Componente energetica
- Spesa gestionale

La *componente energetica* è dovuta all'acquisto dei vettori energetici per la produzione di energia, mentre la *spesa gestionale* è dovuta alla conduzione, alla manutenzione ordinaria dell'impianto e alla gestione del servizio di contabilizzazione, attività imprescindibili legate ad un impianto termico.

Così come per il consumo, anche per la spesa della componente energetica ci sono due voci legate rispettivamente al consumo volontario ($S_{x,vol}$), dovuta ai prelievi volontari di ogni unità immobiliare, e a quello involontario ($S_{x,inv}$), dovuto alle dispersioni della rete.

La spesa per consumo volontario costituisce la "quota a consumo" ($S_{x,c}$) mentre la somma della spesa di consumo involontario e di oneri gestionali costituisce invece la quota "per potenza termica impegnata" ($S_{x,p}$).

Se non è presente contabilizzazione, la quota per potenza termica impegnata coincide con la spesa totale, infatti è impossibile definire una componente di spesa volontaria e una di spesa involontaria.

Valorizzazione dell'energia termica utile

Valorizzazione del consumo (€/kWh _t)
Costo unitario $C_X = S_{X,e} / Q_{X,tot}$

Il costo unitario dell'energia termica utile è un parametro fondamentale per la valorizzazione del consumo. Si ottiene dal rapporto tra:

- spesa energetica totale ($S_{X,e}$);
- consumo totale corrispondente ($Q_{X,tot}$).

2.4.1 Criteri di ripartizione

Esistono diversi criteri di ripartizione attraverso cui la spesa deve essere suddivisa tra le varie unità immobiliari. La definizione del criterio opportuno è di fondamentale importanza.

La quota a consumo ($S_{X,c}$) va ripartita in base ai consumi volontari delle singole unità immobiliari, sia con contabilizzazione diretta che indiretta. La quota per potenza termica impegnata ($S_{X,p}$) invece è ripartita in base all'uso potenziale del servizio, espresso dai millesimi di potenza, di fabbisogno o di portata.

- I millesimi di fabbisogno sono calcolati in funzione dei fabbisogni ideali delle singole unità immobiliari.

$$m_{X,j} = \left(\frac{Q_{x,sys,out,j}}{\sum Q_{x,sys,out,j}} \right) * 1000$$

Dove:

$m_{X,j}$ millesimi di fabbisogno (-)

$Q_{x,sys,out,j}$ è il fabbisogno ideale della singola unità immobiliare (kWh).

- I millesimi di potenza sono calcolati in funzione delle potenze termiche totali installate nelle singole unità immobiliari.

$$m_{X,j} = \left(\frac{\Phi_{x,j}}{\sum \Phi_{x,j}} \right) * 1000$$

Dove:

$m_{X,j}$ millesimi di potenza (-)

$\Phi_{x,j}$ è la potenza termica totale installata nella singola unità immobiliare (W), somma delle potenze termiche totali dei singoli corpi scaldanti in essa presenti.

- I millesimi di portata sono calcolati in funzione delle portate effettive delle singole unità immobiliari.

$$m_{X,j} = \left(\frac{q_{ve,mn,eff}}{\sum q_{ve,mn,eff}} \right) * 1000$$

Dove:

$m_{X,j}$ millesimi di portata (-)

$q_{ve,mn,eff}$ è la portata effettiva della singola unità immobiliare (m³/h).

Precisazione in merito ai millesimi:

I parametri energetici teorici necessari per i millesimi (fabbisogni), poiché hanno la funzione di riflettere l'uso "potenziale" del servizio, devono essere:

- Calcolati secondo la modalità di valutazione A2 (asset rating);
- Determinati tenendo conto degli interventi su parti comuni (ad esempio l'isolamento del sottotetto) o innovazioni impiantistiche, ma senza considerare gli interventi sulle singole unità immobiliari, come la sostituzione dei serramenti;
- Aggiornati in seguito a opere su parti comuni;

Se non è presente contabilizzazione, dal momento che tutta la spesa è inclusa nella quota per potenza termica impegnata, la totalità della spesa è ripartita in base ai millesimi di potenza oppure di fabbisogno.

In particolare, a seconda della tipologia di servizio, si sceglie il criterio opportuno per la ripartizione delle spese.

- Nel caso di riscaldamento o raffrescamento idronico:
 - Per impianti provvisti di termoregolazione si adottano i millesimi di fabbisogno;
 - Per impianti sprovvisti di termoregolazione si adottano i millesimi di potenza; Se però i corpi scaldanti sono diversi dai radiatori o dalle piastre radianti, si adottano i millesimi di fabbisogno o le potenze di progetto;
- Nel caso di riscaldamento o raffrescamento aeraulico (trattamenti aria):
 - Per impianti provvisti di regolazione si adottano i millesimi di fabbisogno;
 - Per impianti sprovvisti di regolazione si adottano i millesimi di portata;
- Per il servizio di acqua calda sanitaria si adottano i millesimi di fabbisogno;
- Per il servizio di ventilazione si adottano i millesimi di portata;

In Tabella 2.3 è riportato un quadro riassuntivo dei criteri di ripartizione in base al servizio che si sta analizzando e alla presenza o meno di sistemi di termoregolazione, ovvero valvole termostatiche o termostati ambiente.

SERVIZIO	Termoregolazione presente	Termoregolazione assente
RISCALDAMENTO/RAFFRESCAMENTO IDRONICO	Millesimi di fabbisogno	Millesimi di potenza
RISCALDAMENTO/RAFFRESCAMENTO AERAUICO	Millesimi di fabbisogno	Millesimi di portata
ACS	Millesimi di fabbisogno	
VENTILAZIONE	Millesimi di portata	

Tabella 2.3 Criteri di ripartizione a seconda del servizio

2.5 Metodo di calcolo

La procedura di calcolo è sintetizzata nella Tabella 2.4. Dal momento che le differenti configurazioni impiantistiche richiedono diversi vettori energetici, si adotta per ciascun servizio il pedice “x”.

Il calcolo avviene inoltre in base alla modalità di contabilizzazione presente nell’impianto centralizzato.

Passaggio	Descrizione	
Calcoli preliminari		
1	Determinazione del consumo totale	$Q_{x,tot}$
2	Calcolo della spesa energetica totale	$S_{x,e}$
3	Calcolo del costo unitario dell’energia termica utile	C_x
4	Calcolo della spesa gestionale	$S_{x,g}$
Contabilizzazione diretta		
5	Calcolo dei consumi volontari delle singole unità immobiliari	$Q_{x,vol,j}$
6	Calcolo del consumo volontario totale	$Q_{x,vol}$
7	Calcolo del consumo involontario totale	$Q_{x,inv}$
8	Calcolo dei consumi involontari delle singole unità immobiliari	$Q_{x,inv,j}$
Contabilizzazione indiretta		
5	Calcolo del consumo involontario totale	$Q_{x,inv}$
6	Calcolo del consumo volontario totale	$Q_{x,vol}$
7	Calcolo dei consumi volontari delle singole unità immobiliari	$Q_{x,vol,j}$
8	Calcolo dei consumi involontari delle singole unità immobiliari	$Q_{x,inv,j}$
Calcoli finali		
9	Calcolo delle spese delle singole unità immobiliari	$S_{x,tot,j}$

Tabella 2.4 Procedura di calcolo UNI 10200 (Prospetto 4)

Calcolo del consumo totale ($Q_{x,tot}$)

Il consumo totale, cioè l'energia termica utile, è espresso in modo diverso a seconda della tipologia di impianto e di condominio. Se l'impianto è composto da diversi circuiti che alimentano una pluralità di fabbricati, si considera come consumo totale la sommatoria dei consumi dovuti ai singoli circuiti attraverso la lettura dei rispettivi contatori. Per ogni contatore si effettua il seguente calcolo:

$$Q_{x,tot} = (L_{x,2} - L_{x,1})$$

$Q_{x,tot}$ consumo di energia termica utile della singola unità immobiliare (kWh);

$L_{x,2}$ Lettura finale del contatore di calore del circuito in esame o del fabbricato (kWh);

$L_{x,1}$ Lettura iniziale del contatore di calore del circuito in esame o del fabbricato (kWh).

Occorre sottolineare che i contatori sono installati su ogni circuito di distribuzione, quindi se ci sono più fabbricati alimentati da circuiti diversi, ci saranno anche più contatori. Questo approccio non viene invece applicato se ci sono più generatori, infatti non si applica un contatore su ogni generatore ma si tende ad applicare un unico contatore sul circuito alimentato dai diversi generatori.

Se l'impianto è composto da un solo circuito si vanno a considerare due componenti:

- L'energia termica utile fornita dal sottosistema di generazione, attraverso la lettura dei contatori ($Q_{x,gen,out,eff}$);
- L'energia termica utile fornita dall'impianto solare termico ($Q_{x,sol,out,eff}$), ove presente;

$$Q_{x,tot} = Q_{x,gen,out,eff} + Q_{x,sol,out,eff}$$

Calcolo della spesa energetica totale ($S_{x,e}$) e della spesa gestionale ($S_{x,g}$)

La spesa energetica totale si ottiene dalla sommatoria delle spese dovute ai vari vettori energetici:

- Combustibile;
- Energia elettrica;
- Energia termica da rete di teleriscaldamento/teleraffrescamento;

$$S_{x,e} = \sum_k S_{x,k}$$

Dove:

$S_{x,k}$ è la spesa dovuta al consumo effettivo del periodo considerato per la contabilizzazione (€);

La seconda voce, ovvero la spesa gestionale, si ricava da due componenti:

- S_{cm} Spesa totale per conduzione, manutenzione ed esercizio ordinari dell'impianto termico centralizzato (€);
- S_{cr} Spesa totale per la gestione del servizio di contabilizzazione dell'energia termica utile (€);

$$S_{x,g} = (S_{cm} + S_{cr}) \times f_{x,g}$$

Il fattore $f_{x,g}$ è il fattore di ripartizione relativo al singolo servizio. Se c'è un solo servizio, questo fattore si pone pari a 1, altrimenti si calcola sulla base dei fabbisogni ideali (teorici) corrispondenti ai differenti servizi.

$$f_{x,g} = \frac{Q_{x,sys,out}}{\sum_x Q_{x,sys,out}}$$

Dove:

$Q_{x,sys,out}$ è il fabbisogno ideale per il servizio "x" (kWh_t)

Calcolo del costo unitario dell'energia termica utile (C_x)

Il costo unitario dell'energia termica utile (C_x), espresso in €/kWh_t, si ottiene dal rapporto tra:

- spesa energetica totale (S_{x,e}) espressa in €;
- consumo totale corrispondente (Q_{x,tot}) espressa in kWh_t;

$$C_x = \frac{S_{x,e}}{Q_{x,tot}}$$

Calcolo dei consumi volontari delle singole unità immobiliari (Q_{x,vol,j})

Il consumo volontario costituisce il prelievo effettivo della singola unità immobiliare ed incide sul calcolo della "quota a consumo". Va determinato in maniera diversa a seconda che la contabilizzazione sia diretta o indiretta. Indipendentemente dal tipo di contabilizzazione adottato occorre però operare in modo che i risultati della ripartizione siano gli stessi.

Contabilizzazione diretta

Il consumo di energia termica delle singole unità immobiliari rappresenta, se l'impianto è dotato di termoregolazione e contabilizzazione, un consumo volontario che è riconducibile alla libera azione dell'utente sui dispositivi di termoregolazione. In questo caso basta avvalersi della lettura sul contatore di calore utilizzando la seguente formula:

$$Q_{x,vol,j} = (L_{x,2,j} - L_{x,1,j})$$

$Q_{x,vol,j}$ consumo volontario di energia termica utile della singola unità immobiliare (kWh_t);

$L_{x,2,j}$ Lettura finale del contatore di calore dedicato all'unità immobiliare (kWh_t);

$L_{x,1,j}$ Lettura iniziale del contatore di calore dedicato all'unità immobiliare (kWh_t).

Contabilizzazione indiretta

Il consumo volontario totale si ottiene per differenza e si ripartisce tra le singole unità immobiliari in base alle rispettive unità di ripartizione. I ripartitori sono installati su ogni corpo scaldante, per misurare il consumo della singola unità immobiliare si ricorre alla seguente formula:

$$Q_{x,vol,j} = Q_{x,vol} \times \left(\frac{ur_j}{\sum ur_j} \right)$$

Dove:

$Q_{x,vol}$ consumo volontario totale (kWh_t);

ur_j unità di ripartizione della singola utenza (ur);

Le unità di ripartizione della singola unità immobiliare sono date dalla sommatoria delle unità di ripartizione dei singoli corpi scaldanti:

$$ur_j = \sum ur_{i,j}$$

$ur_{i,j}$ unità di ripartizione del singolo corpo scaldante (ur);

- Le unità di ripartizione del singolo corpo scaldante sono calcolate nel seguente modo, in caso di ripartitori programmati:

$$ur_{i,j} = L_{2,r} - L_{1,r}$$

Dove $L_{1,2}$ sono rispettivamente le letture iniziali e finali del ripartitore, entrambe espresse in “ur”.

- Se i dispositivi invece non sono programmati:

$$ur_{i,j} = (L_{2,r} - L_{1,r}) \times k_{i,j}$$

Dove:

$k_{i,j}$ è il fattore di valutazione del singolo corpo scaldante (-).

Calcolo del consumo volontario totale ($Q_{x,vol}$)

Questa voce è calcolata in modo differente a seconda del tipo di contabilizzazione adottata.

- In caso di contabilizzazione diretta il consumo volontario totale è dato dalla somma dei consumi volontari delle singole unità immobiliari.
- Per la contabilizzazione indiretta invece il calcolo è differente, infatti si determina per differenza, togliendo al consumo totale la quota involontaria. Il consumo involontario infatti si calcola preliminarmente:

$$Q_{x,vol} = Q_{x,tot} - Q_{x,inv}$$

$Q_{x,tot}$ consumo totale (kWh_t);

$Q_{x,vol}$ consumo volontario totale (kWh_t);

$Q_{x,inv}$ consumo involontario totale (kWh_t);

Calcolo del consumo involontario totale ($Q_{x,inv}$)

Contabilizzazione diretta

Per la contabilizzazione diretta si utilizza invece il calcolo per differenza, applicando la seguente formula:

$$Q_{x,inv} = Q_{x,tot} - Q_{x,vol}$$

$Q_{x,tot}$ consumo totale (kWh_t);

$Q_{x,vol}$ consumo volontario totale (kWh_t);

$Q_{x,inv}$ consumo involontario totale (kWh_t);

Contabilizzazione indiretta

Nel caso di contabilizzazione indiretta il consumo involontario totale $Q_{x,inv}$ viene stimato a priori, dal momento che non può essere calcolato per differenza, visto che manca il termine di consumo volontario totale ($Q_{x,vol}$).

Si utilizza quindi un fattore che determina la frazione dell'energia prodotta, erogata dalla centrale e immessa in rete, da attribuire alla quota involontaria.

$$Q_{x,inv} = Q_{x,tot} \times f_{x,inv}$$

Dove:

$f_{x,inv}$ frazione del consumo totale attribuito alla componente involontaria (-);

$Q_{x,tot}$ consumo totale (kWh_t);

Il termine di frazione della componente involontaria indica l'incidenza del consumo involontario rispetto al totale, a seconda del grado di utilizzazione dell'edificio. Si introduce quindi un nuovo termine, il "fattore d'uso" ($f_{x,uso}$). Tanto minore sarà questo fattore e tanto più incidente sarà la componente involontaria.

Fattore d'uso ($f_{x,uso}$)

Indica il rapporto tra il consumo totale effettivo ($Q_{x,tot}$) e il consumo di riferimento o fabbisogno ($Q_{x,dis,in}$):

$$f_{x,uso} = \frac{Q_{x,tot}}{Q_{x,dis,in}}$$

$Q_{x,tot}$ consumo totale effettivo (kWh_t);

$Q_{x,dis,in}$ fabbisogno in ingresso alla distribuzione calcolato in modalità A3, diagnosi energetica, con i dati climatici medi (kWh_t);

Il calcolo del fattore d'uso deve essere effettuato annualmente in modo da aggiornare la frazione di consumo involontario.

In base al fattore d'uso si distinguono due casi:

1. Edifici normalmente utilizzati con $f_{x,uso} > 0,8$;
2. Edifici a utilizzazione discontinua o saltuaria con $f_{x,uso} < 0,8$;

Nel primo caso si parla di condizione di “piena utilizzazione”, mentre nel secondo caso si parla di condizione di “parziale utilizzazione”.

Edifici normalmente utilizzati

Per edifici in condizione di piena utilizzazione, ovvero normalmente utilizzati, la frazione di consumo involontario si pone uguale al corrispondente valore di pieno utilizzo.

$$f_{x,inv} = f *_{x,inv}$$

$f *_{x,inv}$ è la frazione del consumo involontario valutata a pieno utilizzo;

Tipologia di impianto		$f^*_{H,inv,tab} [-]$		
		A (1)	B (1)	C (1)
Impianto a distribuzione verticale a colonne	Edificio ad un piano	0,23	0,25	0,30
	Edificio a due piani	0,22	0,24	0,28
	Edificio a tre piani	0,21	0,23	0,265
	Edificio a quattro piani ed oltre	0,20	0,22	0,25
Impianto a distribuzione orizzontale con collettori complanari o monotubo ⁽²⁺⁵⁾		0,10		
Impianto con satelliti di utenza ⁽⁴⁾ con valvole a due vie modulanti e Δt elevato ⁽²⁺⁵⁾		0,10		
Impianto con satelliti di utenza ⁽⁴⁾ con valvole a tre vie e regolazione on-off ⁽²⁺⁵⁾		0,25		
Impianto con satelliti di utenza ⁽⁴⁾ con valvole a due vie modulanti e Δt elevato; produzione di acqua calda sanitaria con scambiatori collegati alla medesima rete ⁽³⁺⁵⁾		0,35		
Impianto con satelliti di utenza ⁽⁴⁾ con valvole a tre vie e regolazione on-off; produzione di acqua calda sanitaria con scambiatori collegati alla medesima rete		0,50		

Tabella 2.5 Frazione di consumo involontario (Prospetto 7 UNI 10200) (16)

La frazione di consumo involontario può essere determinata in due modi:

- Se l'impianto ricade in uno dei casi presenti in Tabella 2.5, si utilizza il valore tabulato e ricavato sperimentalmente come rapporto tra le perdite di distribuzione totali e il consumo totale ("metodo semplificato"). In caso di ulteriori perdite, dovute ad esempio alla distribuzione esterna al fabbricato o ad accumuli, queste vanno aggiunte.

$$f_{x,inv} = f_{*x,inv,tab}$$

$f_{*x,inv,tab}$ valore tabulato (-)

Nella Tabella 2.5, presa dalla presente norma, si distinguono con la lettera A, B e C, lo stato dell'isolamento della distribuzione orizzontale corrente a soffitto del piano cantinato:

A= isolamento eseguito con cura e protetto da uno strato di gesso, plastica o alluminio;

B= isolamento eseguito con materiali vari non fissato stabilmente con strato protettivo;

C= isolamento inesistente o gravemente deteriorato;

- In caso contrario si utilizza il "metodo analitico" e si calcola la frazione di consumo involontario come rapporto tra le perdite di distribuzione totali e il fabbisogno in ingresso alla distribuzione.

$$f_{x,inv} = \frac{Q_{x,dis,ls}}{Q_{x,dis,in}}$$

Dove:

$Q_{x,dis,ls}$ sono le perdite di distribuzione totali (kWh_t);

$Q_{x,dis,in}$ è il fabbisogno in ingresso alla distribuzione (kWh_t);

Per quanto concerne il valore tabulato, occorre sottolineare che questo tiene in considerazione solo la distribuzione di utenza interna al fabbricato, valutata in assenza di altre perdite significative. Se sono presenti ulteriori perdite, dovute a distribuzione esterna al fabbricato o accumuli, queste vanno aggiunte nel seguente modo:

$$f_{*x,inv} = [(Q_{x,dis,in} - Q_{x,dis,agg,ls}) \times f_{*x,inv,tab} + Q_{x,dis,agg,ls}] / Q_{x,dis,in}$$

Dove:

$Q_{x,dis,in}$ fabbisogno in ingresso alla distribuzione (kWh_t);

$Q_{x,dis,agg,ls}$ perdite dovute a distribuzioni differenti da quella interna al fabbricato (kWh_t), ovvero per via di:

- Distribuzione esterna al fabbricato;
- Accumuli;
- Perdite di distribuzione primaria;

Edifici ad utilizzazione discontinua o saltuaria

L'incidenza della componente involontaria in questa tipologia di edifici tende ad essere maggiore quanto minore è il fattore d'uso.

In particolare, si corregge il fattore $f_{x,inv}$ (frazione del consumo involontario) in funzione del fattore d'uso, con l'ipotesi che tra i due fattori ci sia una dipendenza lineare, come esplicitato in Figura 2.3:

$$f_{x,inv} = 1 - \left[\frac{1 - f^*_{x,inv}}{0,8} \right] \times f_{x,uso}$$

$f^*_{x,inv}$ frazione del consumo involontario a piena utilizzazione

$f_{x,uso}$ fattore d'uso dell'edificio

Questa formula è applicabile per fattori d'uso non troppo bassi ($>0,3$), altrimenti la modalità di calcolo dovrà essere valutata in sede di progetto o ripartizione.

Nel grafico sono rappresentate rispettivamente 3 andamenti relativi alla condizione dell'isolamento della distribuzione orizzontale.

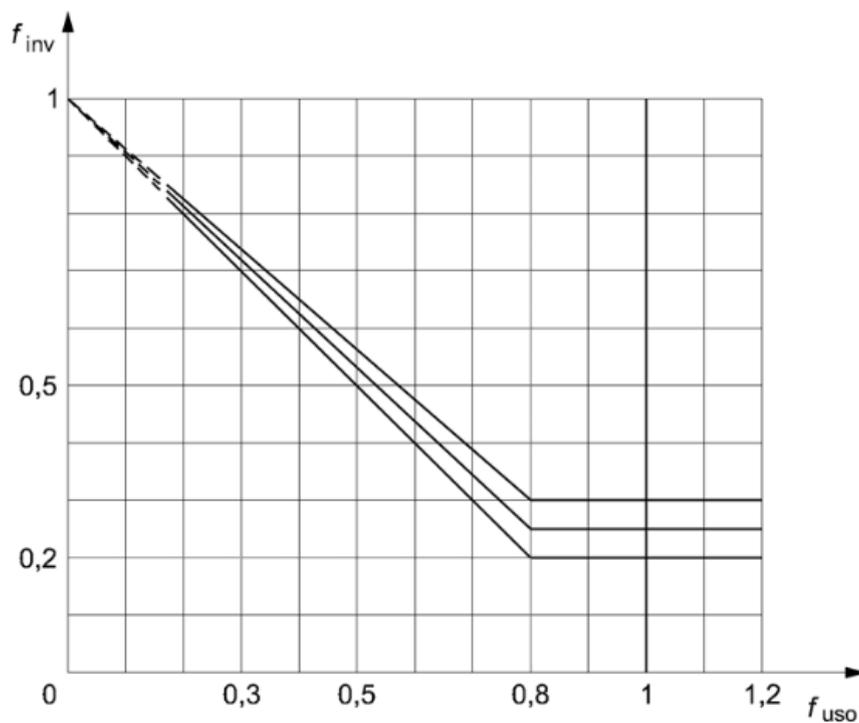


Figura 2.3 Andamento del parametro $f_{x,inv}$ in funzione del fattore d'uso (Figura 6 UNI 10200) (16)

Calcolo dei consumi involontari delle singole unità immobiliari ($Q_{x,inv,j}$)

Il consumo involontario della singola unità immobiliare si ottiene ripartendo il consumo involontario totale in base ai millesimi relativi a ciascuna unità immobiliare.

$$Q_{x,inv,j} = Q_{x,inv} \times \left(\frac{m_{x,j}}{1000} \right)$$

Dove:

$Q_{x,inv}$ consumo involontario totale (kWh_t);

$m_{x,j}$ millesimi relativi alla singola unità immobiliare (-).

Calcolo delle spese delle singole unità immobiliari

La spesa totale ($S_{x,tot,j}$) dell'unità immobiliare si ottiene dalla somma delle componenti dovute a:

- Spesa per consumo volontario della singola unità immobiliare, $S_{x,vol,j}$ (€);
- Spesa per consumo involontario della singola unità immobiliare, $S_{x,inv,j}$ (€);
- Spesa gestionale della singola unità immobiliare, $S_{x,g,j}$ (€);

$$S_{x,tot,j} = S_{x,vol,j} + S_{x,inv,j} + S_{x,g,j}$$

Spesa per consumo volontario della singola unità immobiliare ($S_{x,vol,j}$)

$$S_{x,vol,j} = c_x \times Q_{x,vol,j}$$

Dove:

c_x costo unitario dell'energia termica utile (€/kWh_t);

$Q_{x,vol,j}$ consumo volontario della singola unità immobiliare (kWh_t);

Spesa per consumo involontario della singola unità immobiliare ($S_{x,inv,j}$)

$$S_{x,inv,j} = c_x \times Q_{x,inv,j}$$

c_x costo unitario dell'energia termica utile (€/kWh_t);

$Q_{x,inv,j}$ consumo involontario della singola unità immobiliare (kWh_t);

Spesa gestionale della singola unità immobiliare ($S_{x,g,j}$)

$$S_{x,g,j} = S_{x,g} \times \left(\frac{m_{x,j}}{1000} \right)$$

$S_{x,g}$ spesa gestionale totale (€);

$m_{x,j}$ millesimi relativi alla singola unità immobiliare;

2.6 Casi particolari

In caso di particolari configurazioni impiantistiche o aspetti specifici bisogna correggere e adattare la procedura di calcolo appena analizzata, introducendo ulteriori componenti di spesa e operazioni.

I casi che possono richiedere nuovi accorgimenti sono:

- Generatori asserviti a più servizi;
- Vettori energetici asserviti a più servizi;
- Contatori di calore divisionali asserviti a più servizi;
- Tubazioni correnti nelle unità immobiliari;
- Unità immobiliari prive di contabilizzazione o impossibilità di effettuare le letture;
- Compresenza di sistemi di contabilizzazione differenti;
- Condominii articolati in più fabbricati;
- Presenza di locali ad uso collettivo;
- Assenza totale di contabilizzazione
- Presenza di impianto di ventilazione meccanica;

Impianti provvisti di contabilizzazione		
<p>Nel caso di impianti provvisti di contabilizzazione, la spesa energetica si suddivide in due differenti componenti dovute al consumo volontario e involontario, alle quali si aggiunge una spesa gestionale. In presenza di tubazioni di pertinenza delle singole unità immobiliari (anello monotubo) si genera un'ulteriore componente di spesa, dovuta al cosiddetto consumo "obbligato". La medesima composizione si riflette sulla spesa individuale che ricomprende una quota aggiuntiva dovuta ai locali ad uso collettivo.</p>		
Composizione della spesa totale	Criteri di ripartizione	Composizione della spesa individuale
Spesa totale per consumo volontario ($S_{x,vol}$)	Consumi volontari delle singole unità immobiliari ($Q_{x,vol,j}$)	Spesa per consumo volontario ($S_{x,vol,j}$)
Spesa totale per consumo involontario ($S_{x,inv}$)	Millesimi corrispondenti al servizio ($m_{x,j}$)	Spesa per consumo involontario ($S_{x,inv,j}$)
Spesa totale per consumo obbligato ($S_{x,obb}$)	Consumi obbligati delle singole unità immobiliari ($Q_{x,obb,j}$)	Spesa per consumo obbligato ($S_{x,obb,j}$)
Spesa gestionale totale ($S_{x,g}$)	Millesimi corrispondenti al servizio ($m_{x,j}$)	Spesa gestionale ($S_{x,g,j}$)
Quota dovuta ai locali ad uso collettivo ($S_{x,uc}$)	Millesimi di proprietà ($m_{p,j}$)	Spesa per i locali ad uso collettivo ($S_{x,uc,j}$)

*Tabella 2.6 Tabella riassuntiva impianti provvisti di contabilizzazione
(prospetto 8 UNI 10200)*

Impianti sprovvisti di contabilizzazione o servizi correlati (impianto aeraulico)		
Nel caso di impianti sprovvisti di contabilizzazione, non essendo possibile distinguere i prelievi volontari da quelli involontari, la spesa totale si suddivide in una componente energetica ed una componente gestionale. Lo stesso vale per la quota di spesa individuale, anch'essa suddivisa nelle medesime componenti, a cui si aggiunge una quota dovuta ai locali ad uso collettivo.		
Composizione della spesa totale	Criteri di ripartizione	Composizione della spesa individuale
Spesa energetica totale ($S_{x,e}$)	Millesimi corrispondenti al servizio ($m_{x,j}$)	Spesa energetica ($S_{x,e,j}$)
Spesa gestionale totale ($S_{x,g}$)	Millesimi corrispondenti al servizio ($m_{x,j}$)	Spesa gestionale ($S_{x,g,j}$)
Quota dovuta ai locali ad uso collettivo ($S_{x,uc}$)	Millesimi di proprietà ($m_{p,j}$)	Spesa per i locali ad uso collettivo ($S_{x,uc,j}$)

*Tabella 2.7 Tabella riassuntiva impianti sprovvisti di contabilizzazione
(prospetto 8 UNI 10200)*

Generatori asserviti a più servizi

Se un generatore serve contemporaneamente due servizi, per esempio climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria, l'energia utile emessa deve essere opportunamente suddivisa fra i differenti servizi. Occorre quindi, ove possibile, installare al generatore contatori di calore per ogni servizio presente. In alternativa, in presenza di generatore sia per acqua calda sanitaria che per riscaldamento invernale, è possibile installare un contatore solo sul primo circuito e calcolare i consumi per climatizzazione invernale per differenza.

Vettori energetici dedicati a più servizi

Se un vettore energetico serve contemporaneamente due servizi, come ad esempio una caldaia per il riscaldamento e un bollitore per l'acqua calda sanitaria, la spesa globale del vettore considerato va suddivisa fra i differenti servizi.

Si utilizza un "fattore di ripartizione tra i servizi", indicato con $f_{x,k}$ che si determina nel modo seguente:

- Se si dispone di contatori dedicati per ogni servizio, si calcola il fattore di ripartizione in proporzione ai corrispondenti consumi:

$$f_{x,k} = \frac{E_{x,eff,k}}{\sum E_{x,eff,k}}$$

$E_{x,eff,k}$ consumo del singolo vettore energetico per il servizio X, da contatore;

- Se si può utilizzare un rendimento uniforme per tutti i generatori alimentati dal vettore energetico considerato, si calcola il fattore di ripartizione in proporzione all'energia da essi erogata per i differenti servizi

$$f_{x,k} = \frac{Q_{x,gen,out,eff,k}}{\sum Q_{x,gen,out,eff,k}}$$

$Q_{x,gen,out,eff,k}$ energia utile fornita dal singolo vettore per il servizio X, riscontrabile da contatore di calore (kWh);

La spesa che riguarda il singolo servizio ($S_{x,k}$) si ottiene da:

$$S_{x,k} = S_{gl,k} \times f_{x,k}$$

$S_{x,k}$ è la spesa competente al singolo servizio (€);

$S_{gl,k}$ è la spesa globale dovuta al singolo vettore energetico (€);

$f_{x,k}$ è il fattore di ripartizione tra i servizi;

Se si tratta di una pompa di calore, dove il consumo elettrico è più rilevante, si raccomanda l'installazione di più contatori dedicati alla centrale termica.

Contatori di calore divisionali asserviti a più servizi

In questo caso si dispone di un contatore per più servizi, come riscaldamento e acqua calda sanitaria all'interno di un satellite di zona con scambiatore di produzione di ACS all'interno del satellite stesso. Dovendo determinare il consumo volontario di ciascun servizio, un metodo per effettuare questa operazione è quello delle letture estive, così da conteggiare la quota volontaria del servizio ACS e ottenere quindi quello per il riscaldamento, nei mesi invernali, per sottrazione, ipotizzando che il consumo di ACS sia costante durante tutte le stagioni.

Nel caso appena citato del satellite di zona, il progetto dell'impianto di contabilizzazione deve contenere le necessarie prescrizioni d'uso per ottenere i consumi relativi ai diversi servizi. In caso contrario è consigliabile l'installazione di contatori differenti, uno per la climatizzazione invernale e uno per l'ACS, ricorrendo in questo secondo frangente ad un contatore di tipo volumetrico.

Tubazioni correnti nelle singole unità immobiliari

Si distinguono i seguenti due casi:

- *Tubazioni pertinenti all'unità immobiliare*, ovvero a valle del punto di distacco dell'impianto condominiale, come nel caso di impianti ad anello monotubo.

In questa situazione i tratti di tubo che costituiscono l'anello sono da considerarsi come corpi scaldanti aggiuntivi. Se la contabilizzazione è diretta le emissioni sono già conteggiate nella misura del contatore, altrimenti in caso di contabilizzazione indiretta le emissioni costituiscono un prelievo "obbligato".

Il consumo involontario totale si calcola quindi al netto delle emissioni dovute alle tubazioni di pertinenza:

$$Q_{x,inv} = Q_{x,tot} \times f_{x,inv} - \sum Q_{x,tub,ls}$$

$Q_{x,tot}$ consumo totale (kWh_t);

$f_{x,inv}$ frazione di consumo involontario (kWh_t);

$Q_{x,tub,ls}$ emissioni delle tubazioni di pertinenza della singola unità immobiliare (kWh_t);

Il consumo obbligato totale si determina come sommatoria dei consumi obbligati delle singole unità immobiliari. Il consumo obbligato della singola unità è pari alle emissioni delle tubazioni di pertinenza che competono all'unità stessa.

$$Q_{x,obb} = \sum Q_{x,tub,ls}$$

Il consumo volontario totale $Q_{x,vol}$ (kWh) si ottiene per differenza:

$$Q_{x,vol} = Q_{x,tot} - Q_{x,inv} - Q_{x,obb}$$

La quota di consumo obbligato è data da:

$$S_{x,obb} = C_x \times Q_{x,obb}$$

Dove:

C_x costo unitario dell'energia termica utile (€/kWh_t).

La spesa individuale complessiva per l'unità immobiliare si articola quindi in 4 voci:

$$S_{x,tot} = S_{x,vol} + S_{x,inv} + S_{x,obb} + S_{x,g}$$

1. $S_{x,vol}$ Spesa per il consumo volontario (€)
2. $S_{x,inv}$ Spesa per il consumo involontario (€)
3. $S_{x,g}$ Spesa gestionale (€)
4. $S_{x,obb}$ Spesa per il consumo obbligato (€)

Nel calcolo dei millesimi di potenza, qualora l'impianto fosse privo di termoregolazione, occorre tener conto anche delle potenze emesse dalle tubazioni, in quanto considerate come corpi scaldanti fittizi.

- *Tubazioni non di pertinenza dell'unità immobiliare*, poste a monte del punto di distacco dell'impianto condominiale. Ne sono un esempio i montanti verticali a vista, questi pur correndo all'interno dell'abitazione non sono una proprietà di questa ma una servitù. Le emissioni di tali tubazioni vanno quindi considerate nella quota involontaria e come tali sono ripartite a seconda dei millesimi tra le unità.

Unità prive di contabilizzazione o presenza di contabilizzazioni differenti

Singole unità immobiliari prive di contabilizzazione

Se qualche unità non è provvista di dispositivi di contabilizzazione, per impossibilità tecnica oppure per guasti, si attribuisce il consumo volontario sulla base del fabbisogno teorico, come nel metodo utilizzato per la formulazione del prospetto previsionale. Si stima prima di tutto il consumo involontario totale come frazione del fabbisogno e successivamente si determina il consumo volontario della singola unità immobiliare ripartendo il fabbisogno complessivo, sottratta già la componente involontaria, tra le differenti unità immobiliari.

$$Q_{x,vol,j} = (Q_{x,dis,in} - Q_{x,inv}) * \left(\frac{Q_{x,sys,out,j}}{\sum Q_{x,sys,out,j}} \right)$$

Dove:

$Q_{x,vol,j}$ consumo volontario della singola unità immobiliare (kWh_t);

$Q_{x,dis,in}$ è il fabbisogno in ingresso alla distribuzione (kWh_t);

$Q_{x,sys,out,j}$ è il fabbisogno ideale della singola unità immobiliare (kWh_t);

Con la quota di consumo involontario totale (kWh_t) già stimata in precedenza come frazione del fabbisogno, nell'ipotesi di piena utilizzazione:

$$Q_{x,inv} = Q_{x,dis,in} \times f_{*x,inv}$$

Dove:

$f_{*x,inv}$ è la frazione del consumo involontario a piena utilizzazione (-);

Compresenza di contabilizzazione differenti

In caso ci siano unità provviste di contabilizzazione diretta e altre con ripartitori, si determina prima il consumo delle unità contabilizzate direttamente e successivamente, per differenza, si calcola la quota del consumo da attribuire alle unità immobiliari dotate di contabilizzazione indiretta.

Complesso immobiliare composto da più corpi di fabbrica

Nel caso di un complesso immobiliare composto da più corpi, la ripartizione delle spese deve essere effettuata distintamente per ciascuno di essi. In tal caso occorre considerare sia la distribuzione comune sia i tratti invece all'interno di ciascun fabbricato. Alcuni passaggi di calcolo saranno considerati per l'intero complesso immobiliare, visto che la centrale termica è condivisa, mentre altri passaggi saranno eseguiti solo sul singolo corpo.

Passaggi sull'intero complesso immobiliare:

- Calcolo del consumo totale
- Calcolo della spesa energetica totale
- Calcolo del costo unitario dell'energia
- Calcolo della spesa gestionale totale

Passaggi da eseguirsi per ciascun fabbricato:

- Calcolo del consumo volontario totale
- Calcolo del consumo involontario totale
- Calcolo della spesa gestionale totale

In ingresso a ciascun fabbricato i contatori possono essere posti in diversi modi, ognuno dei quali va ovviamente ad incidere sui passaggi e sulle modalità di ripartizione:

- Contatori alla partenza:
in questa configurazione le perdite delle tubazioni sono parte del consumo involontario di ciascun edificio;

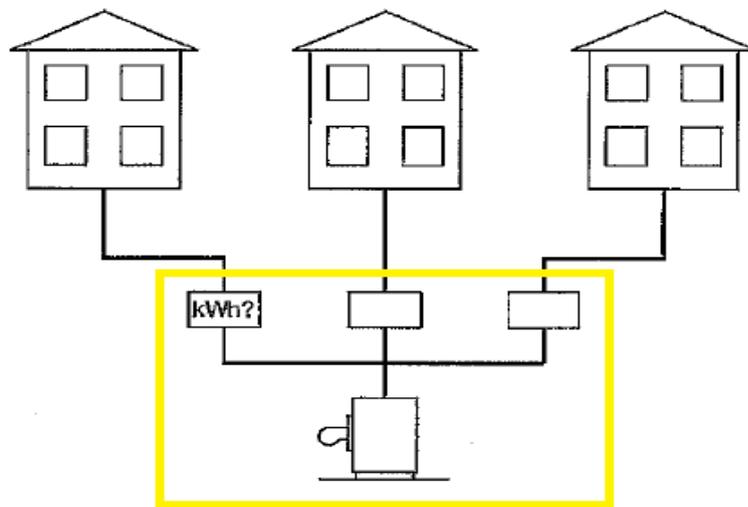


Figura 2.4 Contatori alla partenza (figura 9 norma UNI 10200)

- Contatori all'arrivo:
in questo caso le perdite delle tubazioni sono ripartite in proporzione alle perdite teoriche;

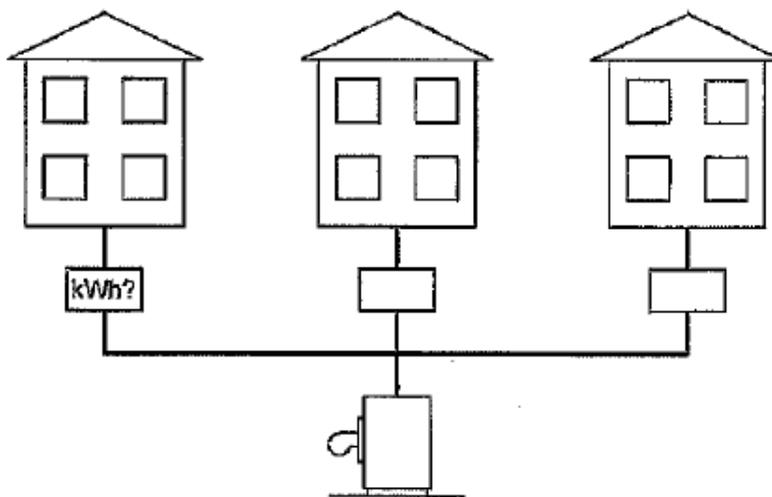


Figura 2.5 Contatori all'arrivo (figura 10 UNI 10200)

- Contatori al punto di diramazione:
in questa configurazione dalla rete comune si formano diversi stacchi, le perdite delle tubazioni sono ripartite in proporzione ai fabbisogni di energia utile complessivi dei singoli edifici;

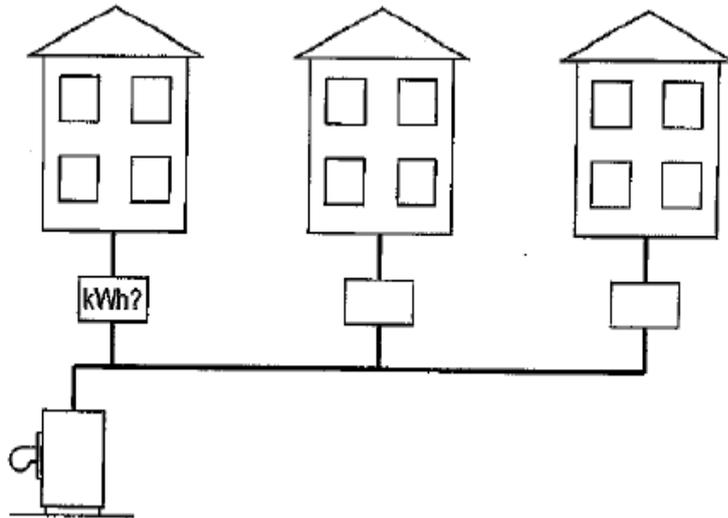


Figura 2.6 Contatori al punto di diramazione (figura 11 UNI 10200)

Perdite della rete comune interposta tra centrale e contatori dedicati ($Q_{x,rete,ls}$)

Le perdite della rete comune compresa tra la centrale e i contatori dedicati ai singoli fabbricati si determinano nei seguenti modi:

- se i contatori sono installati all'arrivo o al punto di diramazione, le perdite della rete comune si calcolano come consumo totale sottratto del calore conteggiato dal contatore di calore.
- Se i contatori sono posizionati alla partenza, cioè in assenza di rete interposta, il valore delle perdite di rete comune è pari a 0.

Le perdite di rete comune al singolo fabbricato ($Q_{x,rete,ls,k}$) si attribuiscono nel seguente modo:

- Per contatori all'arrivo si distribuiscono in proporzione alle dispersioni delle distribuzioni esterne afferenti al singolo edificio;

$$Q_{x,rete,ls,k} = Q_{x,rete,ls} \times \left(\frac{Q_{x,de,ls,k}}{\sum Q_{x,de,ls,k}} \right)$$

Dove:

$Q_{x,rete,ls}$ sono le perdite della rete comune (kWh_t);

$Q_{x,de,ls,k}$ sono le perdite della distribuzione esterna che alimenta il singolo fabbricato (kWh_t);

- Per contatori al punto di diramazione si distribuiscono in proporzione ai fabbisogni dei singoli fabbricati;

$$Q_{x,rete,ls,k} = Q_{x,rete,ls} \times \left(\frac{Q_{x,sys,out,k}}{\sum Q_{x,sys,out,k}} \right)$$

$Q_{x,sys,out,k}$ è il fabbisogno ideale del singolo fabbricato (kWh_t);

consumo totale del singolo fabbricato ($Q_{x,tot,k}$)

Il consumo totale del singolo fabbricato si calcola quindi come somma di:

- Consumo derivante da lettura del contatore;
- Perdite della rete comune da attribuirsi al singolo fabbricato;

$$Q_{x,tot,k} = (L_{x,2,k} - L_{x,1,k}) + Q_{x,rete,ls,k}$$

$L_{x,2,k}$ lettura finale del contatore del singolo fabbricato (kWh_t);

$L_{x,1,k}$ lettura iniziale del contatore del singolo fabbricato (kWh_t);

$Q_{x,rete,ls,k}$ perdite della rete comune da attribuire al singolo fabbricato (kWh_t);

Consumo involontario totale del singolo fabbricato

Il consumo involontario totale del singolo fabbricato si determina in caso di contabilizzazione diretta, per sottrazione tra il consumo totale del fabbricato e il consumo volontario dello stesso fabbricato.

$$Q_{x,inv,k} = Q_{x,tot,k} - Q_{x,vol,k}$$

Dove:

$Q_{x,tot,k}$ consumo totale del singolo fabbricato (kWh_t);

$Q_{x,vol,k}$ consumo volontario totale del singolo fabbricato (kWh_t);

Invece, per contabilizzazione indiretta, si calcola imponendo la frazione di consumo involontario da attribuirsi al singolo fabbricato.

$$Q_{x,inv,k} = Q_{x,tot,k} \times f_{x,inv,k}$$

$f_{x,inv,k}$ frazione del consumo involontario da attribuirsi al singolo fabbricato (-);

Locali ad uso collettivo

I locali ad uso collettivo, quali ad esempio vani scala, sale per riunioni o sale da gioco, vanno considerati come ogni altra unità immobiliare. Le spese tuttavia, poiché questi ambienti non hanno un unico proprietario, vanno suddivise in base ai millesimi di proprietà tra i condomini. La spesa del locale ad uso collettivo comprende ovviamente le seguenti voci:

- Spesa per consumo volontario (€);
- Spesa per consumo involontario (€);
- Spesa gestionale del locale (€);

Se il condominio è composto da più fabbricati, occorre tener conto sia dei locali ad uso comune tra tutti i fabbricati, sia dei locali utilizzati da un unico fabbricato.

Assenza totale di contabilizzazione

Se il condominio è totalmente privo di dispositivi di contabilizzazione è impossibile distinguere i consumi volontari da quelli involontari. Per questo motivo la spesa energetica e quella gestionale vanno divise in base ai millesimi, non di proprietà, tra le singole unità immobiliari.

$$s_{x,tot,j} = s_{x,e,j} + s_{x,g,j}$$

$s_{x,tot,j}$ spesa individuale dell'unità immobiliare (€);

$s_{x,e,j}$ spesa per la componente energetica dell'unità immobiliare (€);

$s_{x,g,j}$ spesa per la componente gestionale dell'unità immobiliare (€);

La componente energetica dell'unità immobiliare si calcola con la seguente equazione:

$$s_{x,e,j} = s_{x,e} \times \left(\frac{m_{x,j}}{1000} \right)$$

Dove:

$s_{x,e}$ è la spesa energetica totale (€);

$m_{x,j}$ millesimi della singola unità (-);

La componente gestionale dell'unità immobiliare si calcola con la seguente equazione, in modo analogo al calcolo della componente energetica della stessa unità:

$$s_{x,g,j} = s_{x,g} \times \left(\frac{m_{x,j}}{1000} \right)$$

Dove:

$s_{x,g}$ è la spesa gestionale totale (€);

$m_{x,j}$ millesimi della singola unità (-);

Impianto di ventilazione meccanica

Per ventilazione si intende la mobilitazione dell'aria effettuata dai ventilatori, quindi l'unico vettore energetico in questo caso è quello elettrico. In un impianto di ventilazione meccanica occorre, oltre alla mobilitazione dell'aria, anche il trattamento di questa, attraverso processi di riscaldamento, raffrescamento, umidificazione e deumidificazione, generando quindi anche consumi termici.

Gli impianti si dividono in:

- Impianto di sola ventilazione meccanica (senza trattamento dell'aria);
- Impianto ad aria primaria (presenza di impianto idronico e aeraulico);
- Impianto a tutt'aria (solo aeraulico);

Nel servizio di ventilazione, per effettuare la ripartizione, si utilizzano misuratori di portata e il procedimento di ripartizione è simile a quello studiato in precedenza per i contatori di calore.

2.7 La rendicontazione

Prospetto previsionale

Se la norma viene applicata per la prima volta tutti gli utenti devono ricevere un prospetto previsionale di ripartizione delle spese. I dati raccolti in questo documento sono di tipo previsionale e vengono calcolati secondo le UNI/TS 11300. Lo scopo è quello di:

- Fornire una previsione di spesa indicativa basata sulla prestazione energetica teorica dell'edificio, così da valutare i consumi con la nuova ripartizione rispetto al metodo precedentemente adottato, probabilmente basato sui millesimi di proprietà di ogni alloggio;
- Fornire indicazioni su correzioni della modalità di conduzione dell'impianto e sugli interventi migliorativi per aumentare l'efficienza energetica dell'edificio;

Prospetto a consuntivo

Documento fornito agli utenti al termine della stagione di riscaldamento, in cui è presente una rendicontazione della spesa effettivamente rilevata tramite le unità di consumo (contatori di calore diretti) oppure tramite unità di ripartizione (ripartitori). Da questo elaborato, chiamato prospetto a consuntivo, l'utente può quindi monitorare i consumi e la relativa spesa.

2.7.1 Calcolo del prospetto previsionale

Il prospetto previsionale viene compilato nel seguente modo:

1. Si ipotizza una spesa gestionale totale ($S_{x,g}$) sulla base di preventivi:

$$S_{x,g} = (S_{cm,pr} + S_{cr,pr}) \times f_{x,g}$$

Dove:

$S_{cm,pr}$ spesa previsionale per la conduzione e manutenzione ordinaria dell'impianto centralizzato (€);

$S_{cr,pr}$ spesa previsionale per la gestione del servizio di contabilizzazione (€);

$f_{x,g}$ è il fattore di ripartizione tra i servizi;

2. Il consumo totale ($Q_{x,tot}$) si assume pari al corrispondente fabbisogno teorico:

$$Q_{x,tot} = Q_{x,dis,in}$$

$Q_{x,dis,in}$ è il fabbisogno in ingresso alla distribuzione (kWh);

3. La spesa energetica totale ($S_{x,e}$) è data dalla sommatoria delle spese dovute ai singoli vettori presenti nell'impianto, valutando sempre il consumo teorico del vettore considerato e il corrispondente costo unitario previsionale;

$$S_{x,e} = \sum (c_{k,pr} \times E_{x,k})$$

Dove:

$c_{k,pr}$ è il costo previsionale unitario del singolo vettore energetico (€/kWh_t, €/kWh_e, €/m³, €/kg);

$E_{x,k}$ è il consumo teorico del singolo vettore energetico (kWh_t, kWh_e, m³, kg);

4. Il consumo involontario totale ($Q_{x,inv}$) deve essere stimato a priori come frazione del fabbisogno teorico, nell'ipotesi di pieno utilizzo. Il fabbisogno teorico assunto è il fabbisogno in ingresso alla distribuzione;

$$Q_{x,inv} = Q_{x,dis,in} \times f_{*x,inv}$$

$f_{*x,inv}$ frazione del consumo involontario a piena utilizzazione (-);

5. Il consumo volontario totale ($Q_{x,vol}$) si ottiene per differenza:

$$Q_{x,vol} = Q_{x,tot} - Q_{x,inv}$$

6. Il consumo volontario della singola unità immobiliare ($Q_{x,vol,j}$) si ottiene ripartendo il consumo volontario totale tra le unità immobiliari in proporzione ai rispettivi fabbisogni teorici:

$$Q_{x,vol,j} = Q_{x,vol} \times \left(\frac{Q_{x,sys,out,j}}{\sum Q_{x,sys,out,j}} \right)$$

$Q_{x,sys,out,j}$ è il fabbisogno ideale della singola unità immobiliare (kWh);

Se l'impianto serve più fabbricati, la ripartizione va eseguita distintamente per ognuno di essi. A tale scopo il fabbisogno complessivo del condominio si divide tra i diversi corpi. Il calcolo previsionale viene svolto tenendo conto che:

- Si devono determinare i consumi del singolo fabbricato (consumo totale, volontario e involontario);
- Si deve determinare la spesa gestionale di ogni fabbricato;
- Si effettua la ripartizione interna, per ogni unità immobiliare, in ogni fabbricato;

In merito ai prospetti previsionali e a consuntivo occorre fare una precisazione; I parametri energetici teorici necessari per i prospetti hanno lo scopo di riflettere quanto più possibile le condizioni effettive dell'edificio e per questo motivo devono essere:

- Calcolati secondo la modalità di valutazione A3 (tailored rating);
- Determinati tenendo conto di eventuali opere di risparmio energetico sia sulle parti comuni che sui singoli alloggi;
- Aggiornati qualora si eseguano opere di risparmio energetico, su parti comuni o sui singoli alloggi, tali da modificare le prestazioni energetiche dell'edificio.

3 Stato attuale del sistema edificio – impianto

Il caso studio analizzato riguarda la ristrutturazione dell'impianto termico di un condominio costruito negli anni '70 e situato a Moncalieri, in Corso Trieste. L'edificio è composto da due corpi, il n.35 e il n.35-bis.

Nel presente capitolo è analizzato lo stato attuale dell'edificio in questione, descrivendo in particolare:

- Localizzazione;
- Generalità sugli edifici analizzati;
- Stato dell'involucro;
- Sistema di produzione del calore;
- Sistema di distribuzione del fluido termovettore al 35 e al 35-bis;
- Sistema di regolazione;
- Terminali presenti;

La parte di diagnosi è stata svolta con il software “EdilClima EC700”. I passaggi principali di calcolo vengono riportati parallelamente alla descrizione degli edifici mentre i risultati della diagnosi saranno poi descritti in seguito.

3.1 Localizzazione

Prima di esaminare nel dettaglio lo stato dell'edificio e dell'impianto, è opportuno fare una breve descrizione delle caratteristiche geografiche e climatiche del sito in esame, ovvero Moncalieri.

Il comune di Moncalieri è situato in provincia di Torino, ad una quota di 219 m, ad una latitudine nord di 45° e a una longitudine est di 7°42'. Per le sue caratteristiche geografiche e climatiche il sito ricade in zona climatica E, con gradi-giorno (GG) 2553.

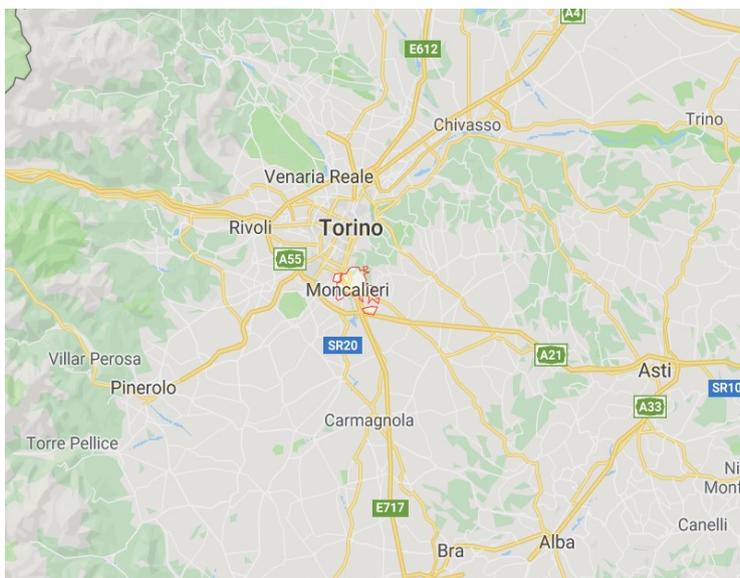


Figura 3.1 - Localizzazione Moncalieri (fonte: Google Maps)

I dati climatici utilizzati nel software “EdilClima EC700” fanno riferimento alla UNI 10349:2016.
(17)

La ventosità nel sito in esame è moderata, si registra infatti una velocità media di 1,40 m/s, con direzione prevalente del vento da NE. La regione di vento è quella indicata dalla lettera A. Per “zona di vento” si intende la porzione di territorio italiano, individuato dalla norma UNI 10349:1994, con caratteristiche simili dal punto di vista della ventilazione naturale. Si individuano quindi quattro zone di vento, numerate da 1 a 4; queste sono quindi raggruppate in cinque regioni, contraddistinte dalla lettera A, B, C, D ed E a seconda della posizione geografica. Individuata la regione, si va a determinare la zona di vento a seconda dell’altitudine e della distanza dalla linea di costa, come riportato nella tabella seguente.

I dati riportati nelle tabelle riguardano la temperatura media e l’irradiazione solare mensile del sito preso in considerazione; il software “EdilClima EC700” fa riferimento alla stazione metereologica dell’ARPA situata a Bauducchi (TO).

	Irradiazione solare [MJ/m ²]									
	Nord	Nord-Est	Est	Sud-Est	Sud	Sud-Ovest	Ovest	Nord-Ovest	Oriz. diffusa	Oriz. diretta
Gen	1,7	1,8	3,7	6,3	8	6,3	3,7	1,8	2,4	2,2
Feb	2,7	3,3	5,8	8,5	10,1	8,5	5,8	3,3	3,8	3,9
Mar	3,6	5,3	8,5	10,6	11,2	10,6	8,5	5,3	4,9	6,8
Apr	5,1	7,9	11,1	11,7	10,5	11,7	11,1	7,9	6,1	9,9
Mag	7,8	10,5	12,9	12	9,9	12	12,9	10,5	8,3	11,4
Giu	9,7	12,5	14,7	12,8	10,1	12,8	14,7	12,5	9,1	13,7
Lug	9,6	13	15,6	13,9	11	13,9	15,6	13	8,8	15,2
Ago	6,9	10,3	13,6	13,5	11,5	13,5	13,6	10,3	7,6	12,6
Sett	4,5	6,9	10,3	11,9	11,6	11,9	10,3	6,9	6	8,6
Ott	3	4	6,7	9	10,2	9	6,7	4	4,3	4,7
Nov	1,9	2,1	3,6	5,6	6,9	5,6	3,6	2,1	2,8	2
Dic	1,4	1,5	3,2	5,8	7,5	5,8	3,2	1,5	2	1,9

Tabella 3.1 Irradiazione solare (fonte: EdilClima EC700)

Temperatura media mensile Stazione Bauducchi	[°C]
Gennaio	1,3
Febbraio	3,2
Marzo	8,4
Aprile	12
Maggio	18,1
Giugno	22,2
Luglio	23,7
Agosto	22,7
Settembre	19,2
Ottobre	12,4
Novembre	6,9
Dicembre	2,7

Tabella 3.2 Temperatura media mensile (fonte: EdilClima EC700)

3.2 Presentazione dell'edificio

Il condominio oggetto di studio, composto da due corpi, ovvero il n.35 e n.35-bis, nasce negli anni '70. Per facilitarne la descrizione i due corpi vengono analizzati separatamente in questa fase. Come si nota dalla Figura 3.2, l'edificio n.35-bis, evidenziato in giallo, si colloca di fianco al corpo n.35, invece segnalato in arancione. La forma dei due corpi è notevolmente differente, come visibile dalla Figura 3.3 e per questo motivo, a maggior ragione, si analizzerà prima il n.35-bis e in seguito il n.35, descrivendo per entrambi i corpi il numero di unità immobiliari, le funzioni d'uso e le caratteristiche geometriche di ognuno.



Figura 3.2 Vista aerea C.So Trieste 35(arancione) e 35-bis (giallo). fonte: Google Maps

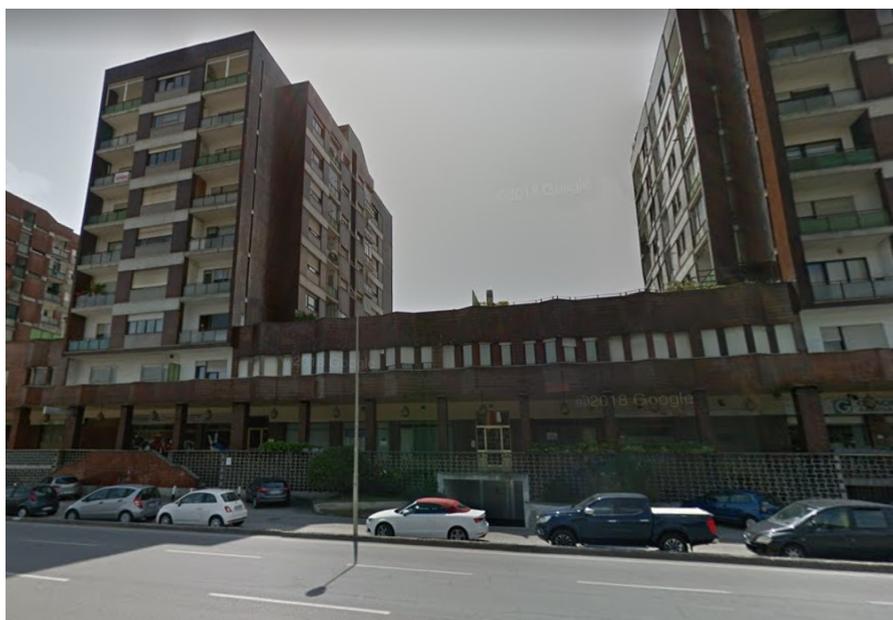


Figura 3.3 Vista frontale edifici C.So Trieste 35 e 35-bis

3.2.1 Corpo n.35-bis

L'edificio n.35-bis si sviluppa su due piani fuori terra e comprende in totale 6 unità immobiliari. Al piano terra sono situati 4 negozi, che verranno chiamati N1, N2, N3 e N4, mentre al primo piano sono presenti 2 alloggi, A-BIS e B-BIS. Le caratteristiche geometriche dei negozi e degli alloggi sono riportate nella seguente tabella. I negozi situati al primo piano hanno un'altezza di 4,2 m, mentre gli alloggi al primo piano hanno un'altezza di 3 m.

Categoria	Descrizione	Sup. netta	Vol. lordo	Sup disp. lorda	S / V
		[m ²]	[m ³]	[m ²]	[m ⁻¹]
E.2	N1	62,2	323	164,06	0,51
E.2	N2	47,5	263	131,77	0,5
E.2	N3	47,5	263	131,77	0,5
E.2	N4	62,2	323	164,06	0,51
E.1 (1)	A-BIS	122,6	473	324,75	0,69
E.1 (1)	B-BIS	131,6	518	350,6	0,68
TOTALE 35-BIS		473,6	2163	1267,01	0,59

Tabella 3.3 Caratteristiche geometriche edificio n.35-bis

Si riportano di seguito le piante sia del piano terra che del primo piano dell'edificio n.35-bis. Le misure sono state verificate in sede di sopralluogo, basandosi sulle piante fornite dall'amministratore condominiale e dal catasto del comune di Moncalieri (TO).

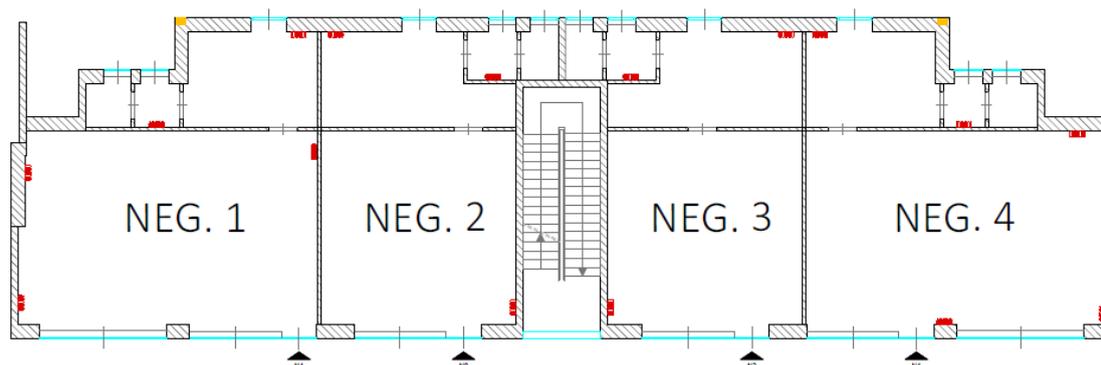


Figura 3.4 Pianta piano terra n.35-bis

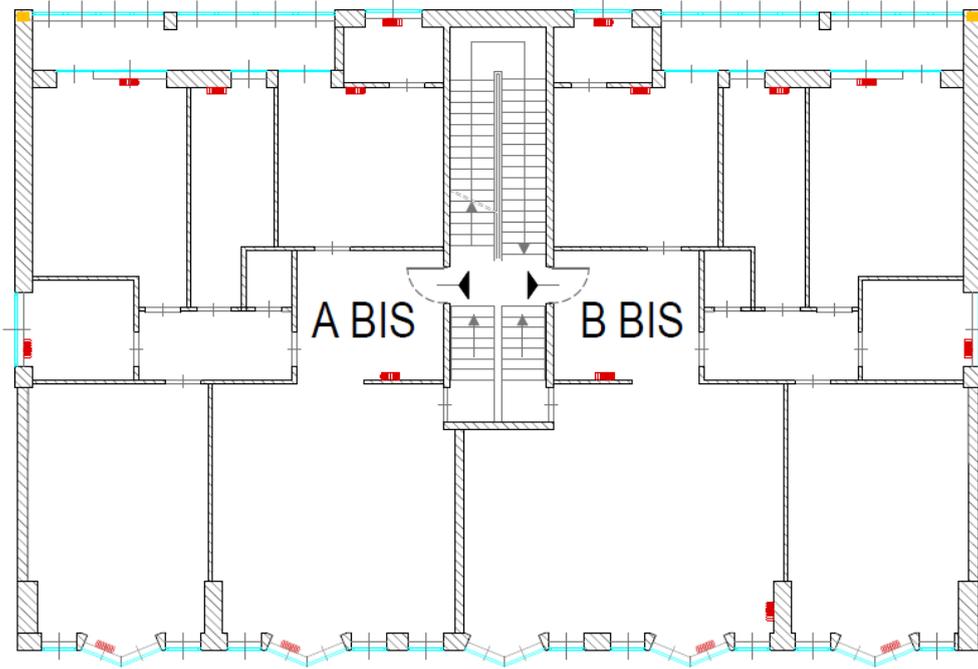


Figura 3.5 Pianta primo piano n.35-bis

3.2.2 Corpo n.35

L'edificio di C.so Trieste 35 si sviluppa su 9 piani fuori terra ed è composto da una palestra, situata al piano terra, e da 37 appartamenti. Ad esclusione del piano terra, che presenta l'ingresso allo stabile e 2 appartamenti, ogni piano ha 5 unità immobiliari, alcune delle quali sono però state unite per formare appartamenti più grandi. L'ultimo piano presenta quindi solamente 3 appartamenti.

Per rendere più facile l'individuazione di tutti gli appartamenti, questi sono stati classificati in base alla colonna in cui sono situati. Vengono quindi definite 5 colonne per l'edificio 35 e a titolo di esempio si riporta la pianta del secondo piano del condominio in Figura 3.6.

1. Colonna A
2. Colonna B
3. Colonna C
4. Colonna D
5. Colonna E

Tabella 3.4 Unità immobiliari n.35

PIANO	Unità Immobiliari presenti
P.T.	1 palestra 2 appartamenti
I P.	5 appartamenti
II P.	5 appartamenti
III P.	4 appartamenti
IV P.	4 appartamenti
V P.	5 appartamenti
VI P.	5 appartamenti
VII P.	4 appartamenti
VIII P.	3 appartamenti
TOTALE	1 palestra 37 appartamenti

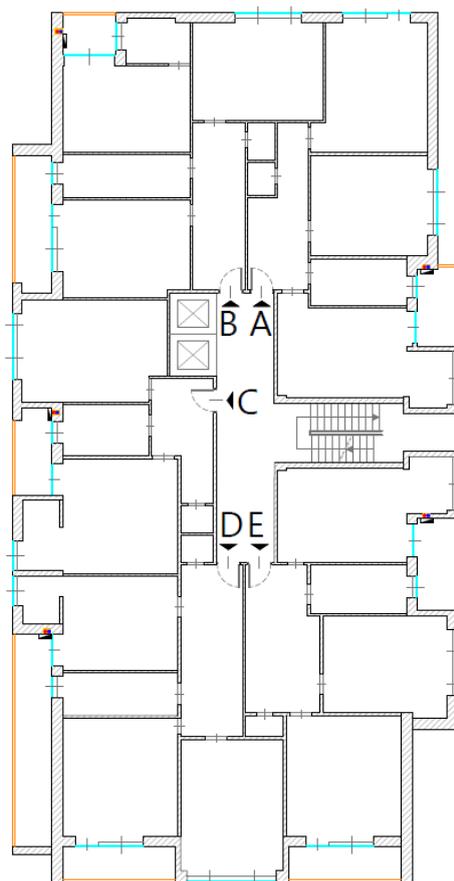


Figura 3.6 Pianta piano tipo edificio n.35

Categoria	Descrizione	Sup. netta	Vol. lordo	Sup. disp. lorda	S / V
		[m ²]	[m ³]	[m ²]	[m ⁻¹]
E.1 (1)	A PT	49	183	68,6	0,37
E.1 (1)	A1	70,5	268	95,6	0,36
E.1 (1)	A2	72,9	283	102,35	0,36
E.1 (1)	A3	72,9	283	102,35	0,36
E.1 (1)	A4	72,9	283	102,35	0,36
E.1 (1)	A5	52,9	198	71,61	0,36
E.1 (1)	A6	52,9	198	71,61	0,36
E.1 (1)	A7	52,9	198	71,61	0,36
E.1 (1)	A8	72,9	283	180,26	0,64
E.1 (1)	B PT	73,9	287	90,72	0,32
E.1 (1)	B1	76,6	280	75,86	0,27
E.1 (1)	B2	73,8	280	74,88	0,27
E.1 (1)	B3	73,8	280	74,88	0,27
E.1 (1)	B4	131,4	500	155,98	0,31
E.1 (1)	B5	96,5	363	104,64	0,29
E.1 (1)	B6	96,5	363	104,64	0,29
E.1 (1)	B7	96,5	363	104,64	0,29
E.1 (1)	B8	94,3	356,5	201,66	0,57
E.1 (1)	C1	59,5	231	95,49	0,41
E.1 (1)	C2	57,6	218	80,77	0,37
E.1 (1)	C3	115,7	442	154,12	0,35
E.1 (1)	C5	53,3	205	60,82	0,3
E.1 (1)	C6	57,6	218	80,77	0,37
E.1 (1)	C7	115,9	442	143,59	0,32
E.1 (1)	D1	89	336,6	115,25	0,34
E.1 (1)	D2	77,6	297	85,57	0,29
E.1 (1)	D4	99	379,5	114,12	0,3
E.1 (1)	D5	81,6	307	101,69	0,33
E.1 (1)	D6	77,6	297	82,57	0,28
E.1 (1)	D8	196,1	760	364,32	0,48
E.1 (1)	E1	94,9	359	198,09	0,55
E.1 (1)	E2	78,9	303	112,55	0,37
E.1 (1)	E3	100,5	370	135,21	0,37
E.1 (1)	E4	59,3	217	78,81	0,36
E.1 (1)	E5	78,9	303	109,05	0,36
E.1 (1)	E6	78,9	303	109,05	0,36
E.1 (1)	E7	100,5	370	130,31	0,35
E.6 (2)	PALESTRA	95,7	492,3	256,41	0,52
E.1 (1)	INGRESSO 35	35	-	45,5	-
TOTALE N.35		3186	12100	4508	0,37

Tabella 3.5 Caratteristiche geometriche edificio n.35

Si riporta di seguito la pianta del piano terra e del primo piano completa dei due corpi, così da avere la visione intera dell'edificio in esame.

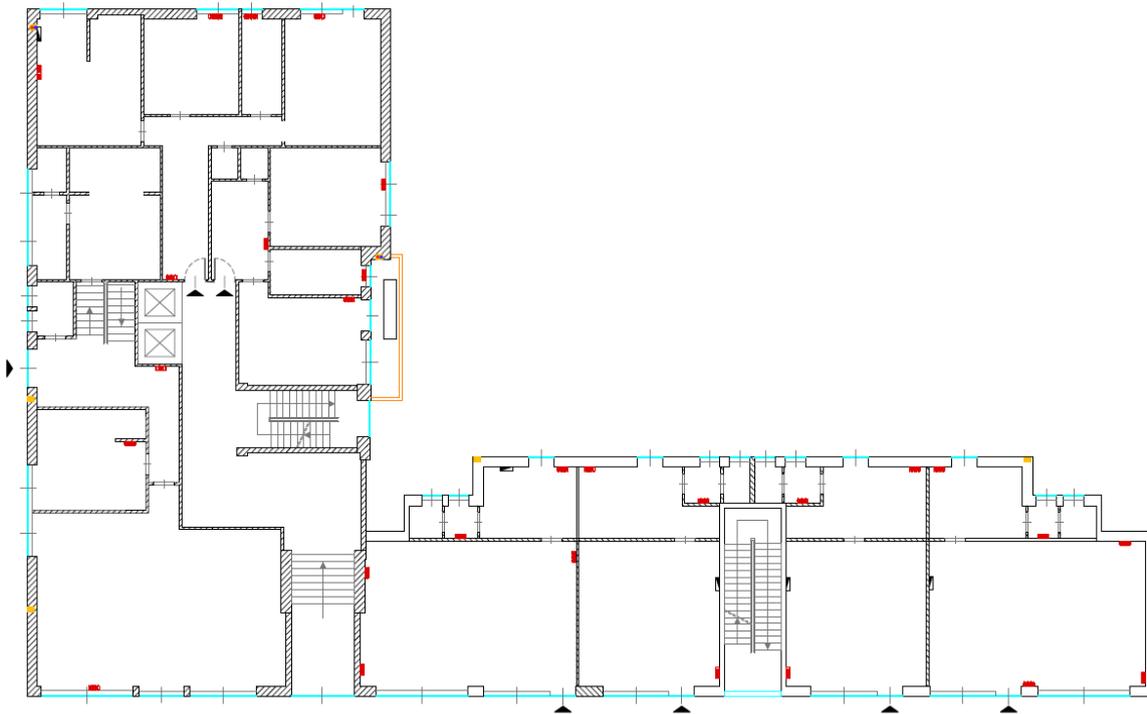


Figura 3.7 Pianta completa piano terra edifici n.35 e n.35-bis

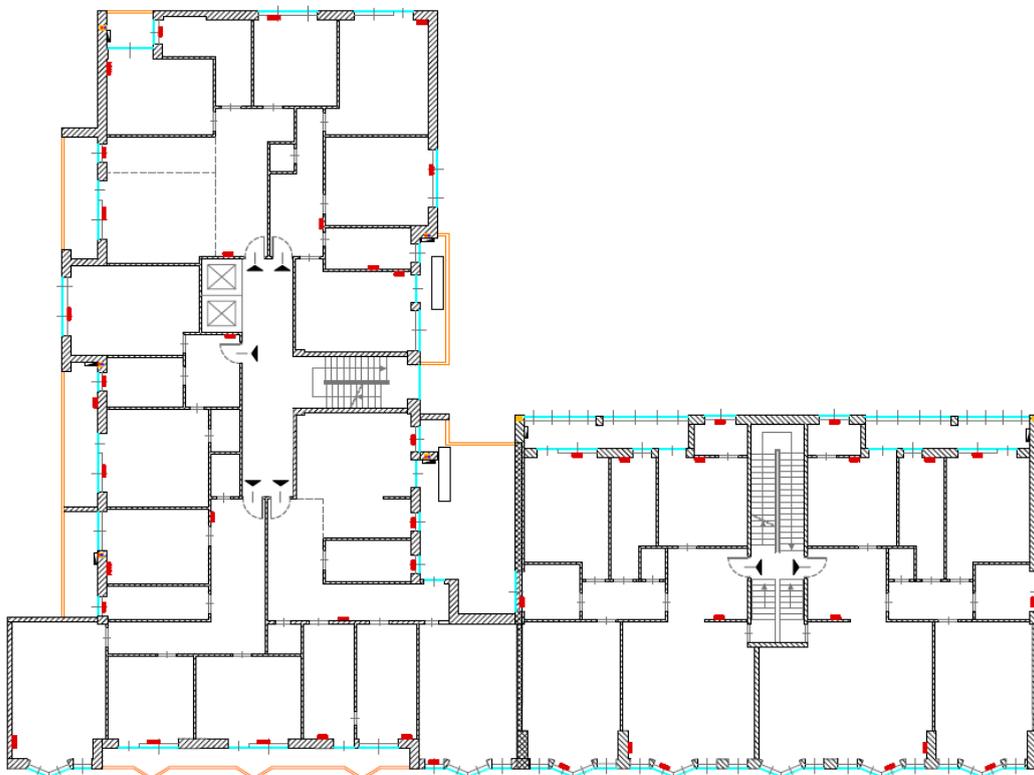


Figura 3.8 Pianta completa primo piano edifici n.35 e n.35-bis

3.3 Descrizione dello stato di fatto dell'involucro

L'edificio è costituito da muri a cassa vuota con piastrelle su tutta la facciata esterna. Durante gli anni non sono state eseguite opere di ristrutturazione e isolamento dell'involucro opaco e quindi si sono assunte le stratigrafie descritte successivamente.

Non è stato possibile svolgere opere di carotaggio per verificare la reale stratigrafia del muro, ma l'ipotesi fatta sulle stratigrafie, seguendo la Norma UNI/TR 11552:2014, è in accordo con le tecniche costruttive di inizio anni '70 (18) (19). Si tratta infatti di un edificio costruito con licenza edilizia rilasciata prima del 21 febbraio 1978, non soggetto alla legge 373/76 e presumibilmente non isolato. Nel caso di costruzioni non isolate, la trasmittanza delle pareti e degli elementi strutturali interposti è sufficientemente uniforme e comunque le disuniformità sono tali da non generare ponti termici significativi.



Figura 3.9 Vista edificio n.35 da Via Galimberti

Parete esterna		
descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/m/K]
Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,900
Mattone forato	100,00	0,370
Intercapedine non ventilata Av<500 mm ² /m	135,00	0,750
Mattone forato	120,00	0,387
Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,900
Piastrelle in ceramica (piastrelle)	15,00	1,300
TOTALE	400	U=0,994 W/m²/K

Parete verso vano non riscaldato		
descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/m/K]
Intonaco di calce e gesso	20,00	0,700
Mattone semipieno	140,00	0,583
Malta di calce o di calce e cemento	20,00	0,900
TOTALE	180	U=1,815 W/m²/K

Sottofinestra		
descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/m/K]
Malta di calce o di calce e cemento	10,00	0,900
Blocco forato	200,00	0,328
Malta di calce o di calce e cemento	10,00	0,900
Piastrelle in ceramica (piastrelle)	15,00	1,300
TOTALE	235	U=1,184 W/m²/K

Pavimento su autorimessa		
descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/m/K]
Piastrelle in ceramica	10,00	1,000
Sottofondo di cemento magro	50,00	0,900
C.l.s. di sabbia e ghiaia pareti interne (um. 2-5%)	30,00	1,910
Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,660
Intonaco plastico	10,00	0,400
TOTALE	300	U=1,335 W/m²/K

Il pavimento verso l'esterno, presente per le unità sopra il porticato, mantiene la medesima stratigrafia del "Pavimento su autorimessa" ma avendo caratteristiche di temperatura esterna diversa ha una trasmittanza termica di 1,538 W/m²/K.

Pavimento interpiano		
descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/m/K]
Piastrelle in ceramica	10,00	1,000
Sottofondo di cemento magro	35,00	0,900
C.l.s. di sabbia e ghiaia pareti interne (um. 2-5%)	15,00	1,910
Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,660
Intonaco plastico	10,00	0,400
TOTALE	270	U=1,380 W/m²/K

Copertura non calpestabile		
descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/m/K]
Ghiaietto	30,00	1,400
Elemento di scorrimento feltro	5,00	0,230
Impermeabilizzazione con PVC in fogli	5,00	0,160
C.l.s. di sabbia e ghiaia pareti interne (um. 2-5%)	60,00	1,910
Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	180,00	0,660
Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800
TOTALE	290	U=1,779 W/m²/K

Copertura a terrazzo		
descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/m/K]
Piastrella	15,00	1,400
Sabbia e ghiaia	80,00	2,000
Elemento di scorrimento feltro	2,00	0,230
Perlite espansa in granuli	40,00	0,048
Impermeabilizzazione con PVC in fogli	3,00	0,160
C.l.s. di sabbia e ghiaia pareti interne (um. 2-5%)	60,00	1,910
Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	180,00	0,660
Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800
TOTALE	390	U=0,715 W/m²/K

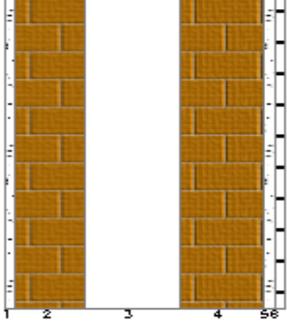
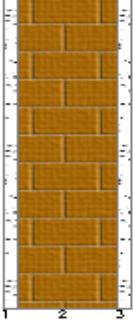
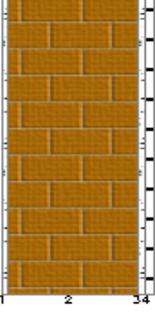
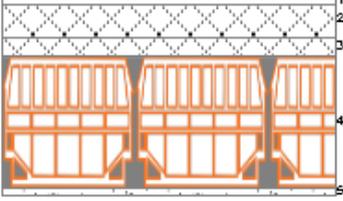
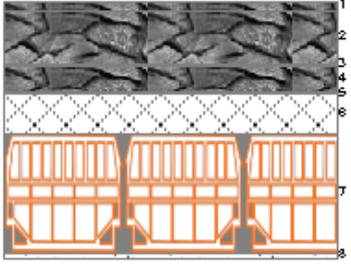
Parete esterna	Parete verso vano non riscaldato	Sottofinestra
		
Pavimento su autorimessa	Copertura non calpestabile	Copertura calpestabile
		

Tabella 3.6 Riassunto stratigrafie involucro opaco

3.4 Infissi

Le finestre presenti nell'edificio sono di diversa misura e presentano varie caratteristiche. Accanto agli infissi originali montati durante la costruzione dell'edificio (anni '70), caratterizzati da vetro singolo e telaio in legno, sono presenti finestre a doppio vetro posizionate in seguito a lavori di sostituzione. I doppi vetri inoltre non hanno tutti le stesse caratteristiche, infatti sono presenti varie tipologie di telaio, dal legno all'alluminio, passando per il PVC.

Di seguito sono riportati alcuni esempi di infissi visti in fase di sopralluogo, in particolare, per quanto riguarda gli infissi in legno a vetro singolo, originali e montati negli anni '70, si nota un notevole stato di usura.



Figura 3.10 Esempio infisso originale



Figura 3.11 Esempio infisso nuovo

Per semplicità, nel modello sono stati ipotizzati tutti gli infissi con telai in legno, sia per i vetri singoli che per quelli doppi. Inoltre, non tutti i doppi vetri erano muniti di taglio termico, ma nel modello dell'edificio sviluppato con "EdilClima EC700" durante la scelta dei componenti il taglio termico è stato ipotizzato sempre presente. Si riporta in seguito la composizione di un vetro singolo e di un vetro doppio, elencandone poi le caratteristiche geometriche nella Tabella 3.9. Per le vetrine dei negozi presenti nell'edificio 35-bis è stato considerato un vetro singolo di spessore 8 mm, mentre per le finestre degli appartamenti il vetro singolo è risultato di spessore inferiore, ovvero 5 mm.

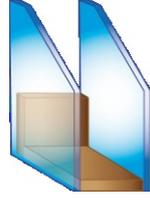
Doppio vetro				
Descrizione strato	Spessore mm	Conduttività [W/m/K]	R [m ² K/W]	
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	
Primo vetro	5,0	1,00	0,005	
Intercapedine	-	-	0,127	
Secondo vetro	5,0	1,00	0,005	
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,071	

Tabella 3.7 Stratigrafia doppio vetro

Vetro singolo				
Descrizione strato	Spessore mm	Conduttività [W/m/K]	R [m ² K/W]	
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	
Primo vetro	8,0	1,00	0,008	
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	

Tabella 3.8 Stratigrafia vetro singolo

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche e le trasmittanze di tutti gli infissi utilizzati nella creazione del modello su “EdilClima EC 700”. Le misure sono state prese in sede di sopralluogo, poiché dalle piante e dai documenti forniti dall’amministratore non erano presenti informazioni al riguardo. Ovviamente, il sopralluogo è stato fondamentale oltre che per prendere le misure degli infissi, anche per verificare in quali appartamenti fossero stati installati i doppi vetri.

Descrizione	vetro	H	L	Trasmittanza Uw
		[cm]	[cm]	[W/m ² /K]
Portafinestra 85x250	Doppio	250	85	2,85
Finestra 165x160	Doppio	160	165	2,932
Finestra 80x160	Doppio	160	80	2,885
Finestra 185x250	Doppio	250	185	2,969
Finestra 100x140	Doppio	140	100	2,908
Portafinestra 110x250	Doppio	250	110	2,947
Finestra 110x160	Doppio	160	110	2,928
Finestra 60x205	Doppio	205	60	3,114
Finestra 210x105	Doppio	105	210	3,135
Finestra 170x100	Doppio	100	170	3,116
Finestra 185x205	Doppio	205	185	3,197
Finestra 130x160	Doppio	160	130	2,685

Finestra 100x160	Doppio	160	100	2,895
Portafinestra verso serra 110x250	Doppio	250	110	2,666
Finestra 165x250	Doppio	250	165	2,943
Portafinestra retro-negozi 100x250	Singolo	250	100	3,791
Vetrina negozio 360x300	Singolo	240	360	4,036
Vetrina negozio 260x300	Singolo	240	260	3,954
Portafinestra negozio 100x250	Singolo	250	100	3,981
Vetrina negozio 175x265	Singolo	240	360	4,036
Portafinestra vetro singolo 85x250	Singolo	250	85	3,78
Finestra vetro singolo 165x160	Singolo	160	165	4,094
Finestra vetro singolo 80x160	Singolo	160	80	3,941
Finestra vetro singolo 185x250	Singolo	250	185	4,029
Finestra vetro singolo 100x140	Singolo	140	100	3,867
Portafinestra vetro singolo 110x250	Singolo	250	110	3,897
Finestra vetro singolo 110x160	Singolo	160	110	3,888
Finestra vetro singolo 60x205	Singolo	205	60	4,035
Finestra vetro singolo 210x105	Singolo	105	210	4,145
Finestra vetro singolo 170x100	Singolo	100	170	4,152
Portafinestra verso serra 85x250	Singolo	250	85	3,163
Finestra verso serra 165x160	Singolo	160	165	3,324
Finestra vetro singolo 165x250	Singolo	250	165	4,196
Portafinestra 145x300	Singolo	300	145	4,338

Tabella 3.9 – Riassunto infissi modello EdilClima

3.5 Descrizione dello stato di fatto dell'impianto

3.5.1 Centrale Termica

La centrale termica si trova nel piano interrato, dove sono presenti le cantine e l'autorimessa, ed è accessibile da un ingresso situato tra il corpo 35-bis e il corpo n.37. I condomini di Corso Trieste n.35 e n.35-bis sono alimentati dalla stessa centrale termica. Il fluido termovettore è acqua calda, prodotta dalla sottostazione di teleriscaldamento dello stabile, agganciato alla rete di teleriscaldamento della centrale di Moncalieri. Nella centrale termica, la cui altezza è di 3,9 metri, sono presenti due scambiatori, uno alimenta il condominio n.37 e l'altro il condominio n.35. Come si può vedere dalla Figura 3.12, la centrale termica è in posizione decentrata rispetto agli edifici n.35 e n.35-bis, segnalati in rosso, e per questo motivo la rete di distribuzione si sviluppa in tutta l'autorimessa e successivamente nelle cantine.

Questo comporta una complessa rete di distribuzione soggetta a elevate perdite di calore all'interno dalle tubazioni, non isolate in modo ottimale. Al contrario, il percorso delle tubazioni che vanno dalla sottostazione del n.37 al condominio n.37 è notevolmente più breve, poiché la centrale termica è situata proprio sotto a questo condominio. Nel locale adibito a centrale termica infatti si può notare il collettore da cui si diramano le colonne montanti del condominio n.37.

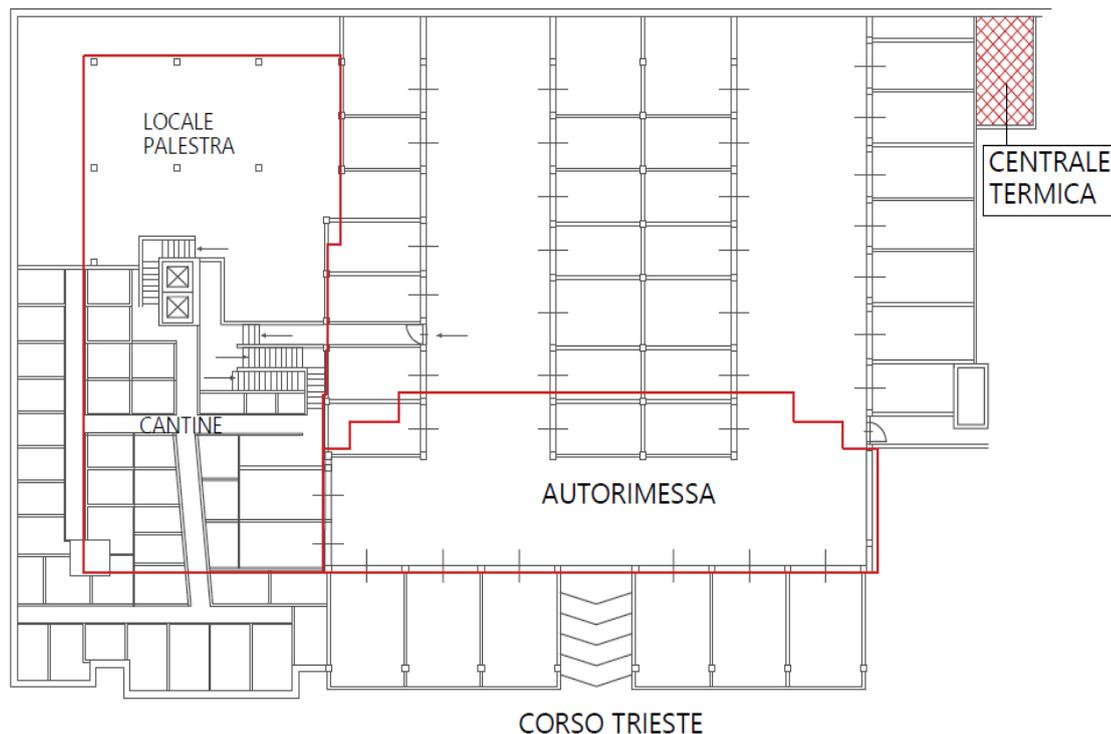


Figura 3.12 Pianta autorimessa

Entrambi gli scambiatori, sia quello del condominio n.35 che quello del condominio n.37, sono equipaggiati con un gruppo pompe gemellare e con 2 vasi di espansione da 200 litri.

Su informazione dell'amministratore di condominio l'impianto, in particolare nei periodi di punta, viene acceso dalle 6 del mattino fino a mezzanotte, per ovviare ai problemi di riscaldamento dello stabile.



Figura 3.13 Centrale termica

3.5.2 Rete di distribuzione

L'attuale linea di distribuzione si sviluppa come in Figura 3.14. La dorsale parte dalla centrale termica, passa attraverso i garage e quindi va verso l'ingresso dell'autorimessa dove c'è una prima diramazione che porta l'impianto ad alimentare i negozi al piano terra del 35 bis. La diramazione di destra (osservando l'impianto dall'ingresso dell'autorimessa) presenta 4 stacchi, 3 di questi alimentano i terminali del negozio N4, mentre il restante stacco alimenta il negozio N3. La diramazione di sinistra invece presenta subito uno stacco principale che alimenta gli appartamenti del primo piano del 35-bis e successivi 4 stacchi, 2 per il negozio N2 e 2 per il negozio N1.

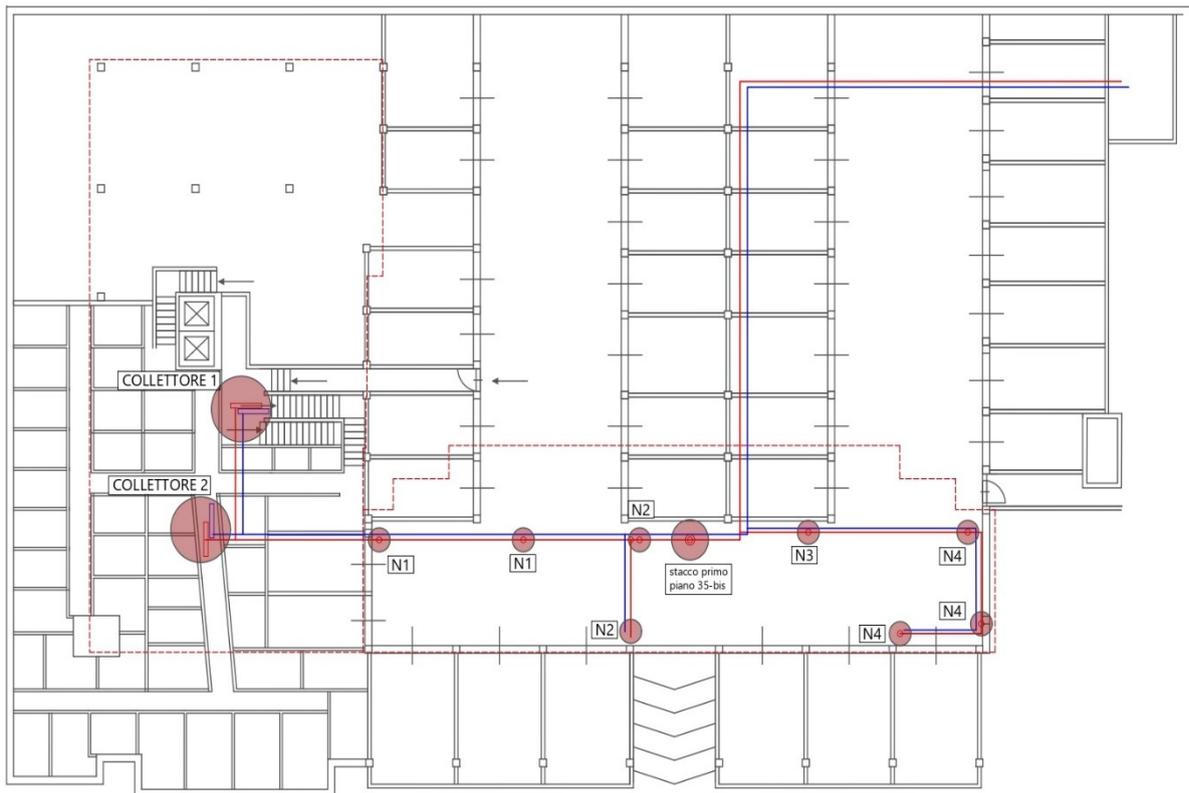


Figura 3.14 Attuale rete di distribuzione

All'ingresso del locale cantine è visibile, in prossimità degli ascensori, il collettore da cui partono i tubi di alimentazione dei terminali degli appartamenti sulla colonna A ed E del condominio, denominato in Figura 3.14 "Collettore 1". Inoltre, è anche visibile lo stacco della palestra, alimentato da due tubazioni che si diramano dal collettore stesso. La dorsale principale prosegue quindi il suo percorso all'interno delle cantine, passando attraverso un garage, dove è presente un secondo collettore di mandata. Dal sopralluogo effettuato si è potuto notare come le tubazioni delle colonne montanti risultino sprovviste di materiale isolante. Ciò comporta quindi notevoli perdite di calore da parte del fluido termovettore, perdite che sono causa dei problemi di riscaldamento all'interno dell'edificio.



Figura 3.15 Collettore locale cantine

In particolare, nel locale cantine, situato sotto il corpo n.35, si può vedere come il collettore, denominato “Collettore 2”, risulti totalmente sprovvisto di isolamento termico, condizione assolutamente penalizzante per l’impianto. Facendo un confronto con il collettore presente invece in centrale termica e che alimenta il condominio n.37 si vede chiaramente come questo secondo collettore sia maggiormente isolato e come le tubazioni di mandata appaiano meno soggette a degrado e usura.

Dai sopralluoghi effettuati non è stato possibile verificare lo stato dell’isolante dei tubi della dorsale di distribuzione poiché coperto da rivestimento plastico protettivo.

Il sistema di staffaggio delle reti sulle pareti e sui soffitti è stato effettuato, per quanto rilevato, senza apporre nessun tipo di disgiunzione termica tra gli staffaggi e le tubazioni: in questa condizione il fluido termovettore veicolato dalle dorsali trasmette il proprio calore alle tubazioni le quali, a loro volta, lo trasmettono agli staffaggi (che non sono né disgiunti con setti isolati né coibentati). Il risultato di questo approccio costruttivo è quello di avere gli staffaggi “caldi” o, come spesso definiti, staffaggi “radianti”. Si ha infatti una serie di corpi scaldanti che indirettamente assorbono calore dalla rete e, inevitabilmente, riscaldano l’autorimessa o le cantine, locali peraltro non scaldati e nei mesi di dicembre e gennaio sempre a temperature inferiori a 10 °C. A testimonianza di quanto sopra illustrato, si riportano una serie di immagini per evidenziare la differenza tra un collare di sostegno tradizionale e un collare di sostegno isolato.



Figura 3.16 Collare non isolato e collare isolato

La linea di distribuzione, seppur isolata, evidenzia uno stato di degrado e di usura dell'isolante e del rivestimento plastico protettivo, soprattutto in prossimità degli stacchi presenti in autorimessa che alimentano i negozi del corpo n.35-bis, come visibile in Figura 3.17 e 3.18.



Figura 3.17 Stato isolante stacco 35-bis



Figura 3.18 Stato isolante linea di distribuzione attuale

3.5.3 Sottostazione di teleriscaldamento

Per teleriscaldamento si intende un sistema che produce calore in un sito lontano da quello di utilizzazione e lo trasferisce alle utenze attraverso un'apposita rete di trasporto e di distribuzione. Gli elementi che compongono il sistema di riscaldamento urbano sono:

- Una centrale di produzione del calore, in questo caso si tratta della centrale di cogenerazione elettricità-calore situata a Moncalieri;
- Una rete di distribuzione del fluido termovettore, costituita da una serie di tubazioni che collegano la centrale termica alle sottostazioni di utenza;
- La sottostazione di utenza che costituisce l'interfaccia tra il sistema di riscaldamento urbano e l'impianto di riscaldamento di un edificio.

Le funzioni principali di una sottostazione di utenza consistono nello svincolare le caratteristiche e i parametri del fluido primario da quelli del fluido secondario. Oltre agli scambiatori nella sottostazione sono collocati i sistemi di contabilizzazione dell'energia termica, che determinano l'entità del pagamento che l'utente corrisponde al gestore della rete a fronte del servizio goduto, e i sistemi di regolazione. Usualmente la società di gestione dell'impianto di riscaldamento contabilizza, attraverso contatore diretto, il calore fornito (lettura in MWh) all'intero edificio e non quello delle singole unità abitative nei confronti delle quali non ha, tra l'altro, rapporti contrattuali.

La sottostazione di teleriscaldamento del condominio n.35, uguale a quella per il condominio n.37, è una sottostazione a scambiatori a piastre ispezionabili. Si tratta di una sottostazione DHS-Amarc da 350 kW_t, modello “Torino 350 S”. (20)

In centrale non sono presenti accumuli termici. Si sottolinea inoltre che la produzione di ACS non è centralizzata ma avviene in modo autonomo in ogni appartamento con apposito boiler.

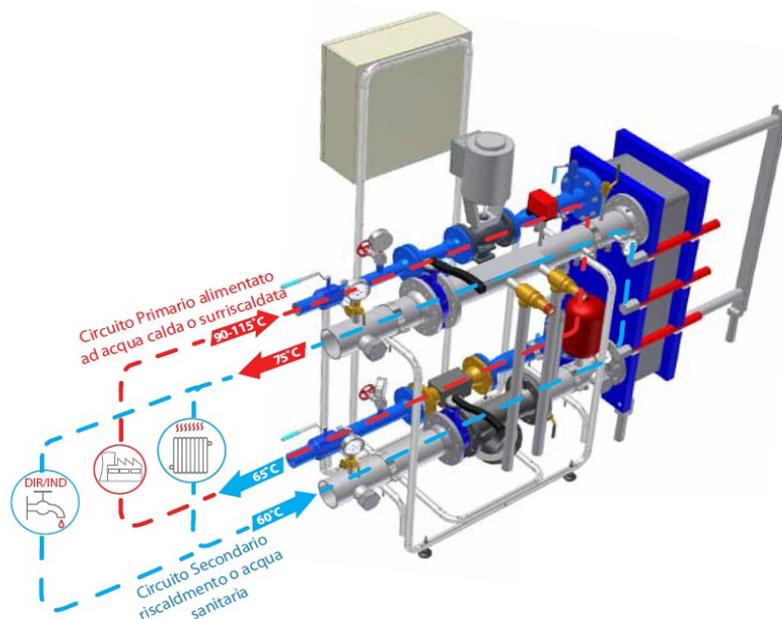


Figura 3.19 Sottostazione teleriscaldamento DHS-Amarc

Tra le informazioni commerciali per l’allacciamento alla rete di teleriscaldamento, IREN prescrive le seguenti condizioni tecniche: (21)

- Presenza di un impianto di riscaldamento di tipo “Centralizzato”;
- Temperatura massima di funzionamento dell’impianto interno 80°C (Temperatura di mandata circuito di riscaldamento secondario);
- Temperatura massima di ritorno del circuito secondario di 65°C, prescrizione legata all’esigenza di garantire una temperatura massima di ritorno sulla rete di teleriscaldamento di 70°C;
- Disponibilità di un locale adibito ai servizi tecnologici del fabbricato.

La sottostazione di teleriscaldamento installata nella centrale termica studiata è composta dai seguenti componenti:

- Scambiatore di calore a piastre ispezionabili;
- Accessori di sicurezza, come valvole di sicurezza certificate I.S.P.E.S.L. e Vasi di espansione;
- Accessori di osservazione: manometri, termometri, sonde ad immersione. Si tratta di strumenti che si occupano solo della misurazione e che non vanno a compiere interventi di regolazione;
- Accessori di protezione: Termostati di sicurezza e termostati di regolazione;
- Accessori di regolazione: valvole a sede e otturatore a due vie, munite di servocomandi;

- Accessori di regolazione automatica: centralina di termoregolazione, con rilievo delle varie temperature, programmazione e parametrizzazione delle grandezze fisiche ed elettriche da gestire;
- Quadro elettrico generale di comando;



Figura 3.20 Sottostazione teleriscaldamento corpo 35-35bis

Regolazione sottostazione teleriscaldamento

Il sistema di regolazione dell'impianto di riscaldamento dell'edificio è generalmente effettuato in maniera abbastanza simile a quello degli impianti termici centralizzati. Le reti di distribuzione vengono condotte con una combinazione di due sistemi di regolazione, fissando la temperatura di mandata del fluido, in uscita dalla centrale di cogenerazione, periodicamente in base a parametri quali la temperatura media esterna, mentre la portata rimane libera di variare istante per istante in base alla domanda delle utenze legate.

Il regolatore installato nella sottostazione DHS-Amarc è a logica PID (controllo Proporzionale-Integrale-Derivativo). Il sistema gestisce orari e temperature di funzionamento, impostando fino a 4 fasce orarie giornaliere indipendenti per ogni giorno della settimana. (22)

Il livello di temperatura di riferimento in centrale è la temperatura di mandata del circuito secondario, ovvero il fluido termovettore che viene mandato ai terminali dell'edificio. Il regolatore, utilizzando una sonda di temperatura esterna, fa variare la temperatura di mandata sul circuito secondario in funzione delle condizioni climatiche esterne, attraverso una curva di compensazione (di solito una retta). Questa curva mette in relazione la temperatura di mandata nei tubi del circuito secondario e la temperatura esterna, attraverso una valvola di regolazione che viene modulata in maniera da mantenere la temperatura di mandata del secondario al valore desiderato. Ne consegue una modulazione continua della portata della rete di distribuzione dell'impianto di teleriscaldamento al variare della domanda degli utenti; una regolazione sulla temperatura di mandata del primario, ovvero della rete, non avrebbe le stesse caratteristiche di prontezza di risposta a causa della grande inerzia del sistema.

Temperatura esterna	Temperatura mandata al secondario
-5°C	80°C
0°C	70°C
10°C	60°C
20°C	50°C

Tabella 3.10 Valori di riferimento temperatura esterna e mandata secondario

In particolare, si fa riferimento a 4 valori di temperatura esterna, a cui ovviamente corrispondono 4 valori di temperatura di mandata, presentati nella Tabella 3.10. Sono inoltre previste due soglie limite, massima e minima, entro cui può oscillare la temperatura del circuito secondario.

La curva di compensazione tiene conto dei seguenti fattori:

- Costante termica dell'edificio (costante di tempo), ovvero il tempo impiegato dall'edificio a raffreddarsi fino alla temperatura ambiente;
- Fattori climatici locali quali esposizione, clima e ventilazione;
- Tipologia di impianto di riscaldamento presente nell'edificio (pannelli, radiatori, ventilconvettori, ecc.).

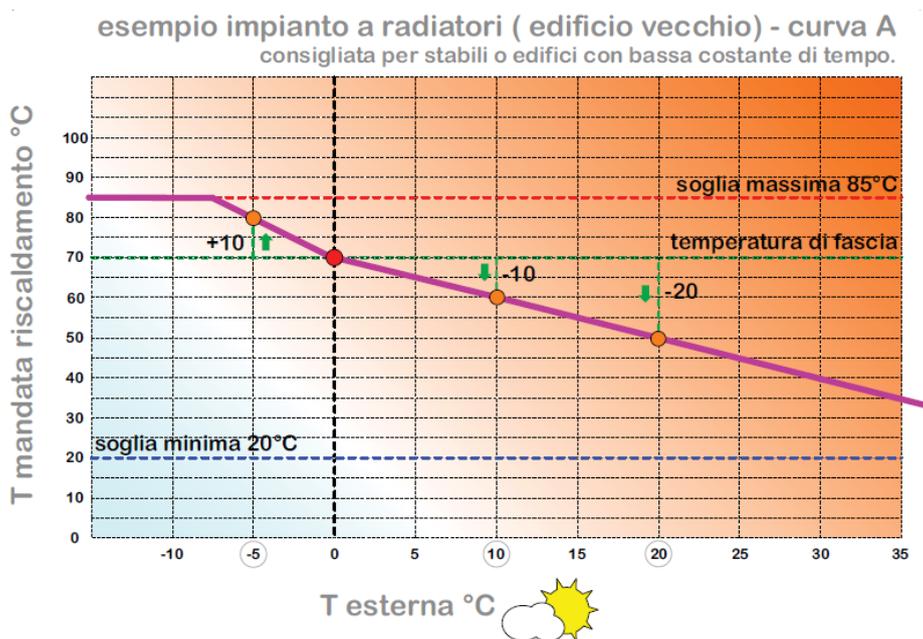


Figura 3.21 Regolazione climatica per impianto a radiatori

La temperatura di mandata del secondario sarà infatti notevolmente più bassa per un impianto a pannelli radianti rispetto a quella di un impianto a radiatori. Mentre per questi ultimi terminali, quando la temperatura esterna è di 0°C, la temperatura del fluido termovettore è di 70°C, per un impianto a pannelli radianti questa temperatura si abbassa a 40°C. I pannelli sono infatti sistemi che lavorano a temperature inferiori rispetto ai radiatori e ai termoconvettori, per questo motivo la temperatura di soglia massima della mandata è di 50°C per questo tipo di sistema.

3.5.4 Pompe di circolazione

Le pompe di circolazione installate in centrale termica sono 2, posizionate in parallelo. Queste si trovano in prossimità del collettore da cui poi parte la dorsale principale dell'impianto termico. Si tratta di circolatori a rotore bagnato di marche differenti ma con caratteristiche tecniche simili.



Figura 3.22 Pompe di circolazione

Le pompe installate, le cui targhe sono state visionate durante i sopralluoghi, sono le seguenti:

Modello	Lowara	Dab Evoplus B 120/340.65M
H _{max}	14 m	12 m
Q _{max}	48 m ³ /h	40 m ³ /h
Potenza	1200 W	800 W

Tabella 3.11 – Caratteristiche pompe di circolazione



Figura 3.23 Pompa di circolazione LOWARA

3.5.5 Modi di funzionamento del circolatore

Le modalità di funzionamento sono le seguenti (23):

1. *Regolazione a pressione differenziale proporzionale*: al variare della portata varia linearmente il valore di consegna della prevalenza. Per ogni condizione del carico, il regolatore impone una pressione che diminuisce linearmente al diminuire della portata (compensazione delle perdite di carico). Nell'impianto circolerà la portata necessaria ma a pressione più bassa. Questo tipo di regolazione è indicata per:

- a. impianti di riscaldamento a due tubi con valvole termostatiche e con prevalenze elevate, tubazioni molto lunghe, grandi perdite di carico in quelle parti dell'impianto dove scorre la quantità totale del flusso d'acqua.

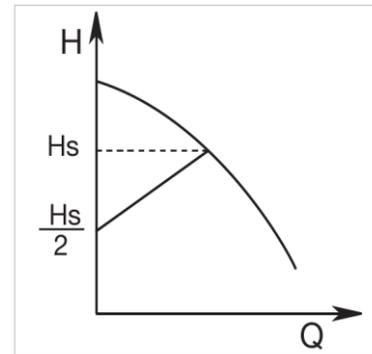


Figura 3.24 Regolazione a ΔP proporzionale (fonte: Evoplus)

2. *Regolazione a pressione differenziale costante*:

In questa modalità di funzionamento si mantiene costante la pressione differenziale dell'impianto al valore impostabile "H set point" al variare della portata. Per ogni condizione di carico il regolatore impone una velocità di rotazione tale che le curve della pompa incontrino le curve del carico sempre sulla retta orizzontale del setpoint. Nell'impianto circola la portata necessaria ma a pressione sempre costante.

Questo tipo di regolazione è indicata per:

- a. impianti di riscaldamento a due tubi con valvole termostatiche e con prevalenze ridotte, circolazione naturale, basse perdite di carico in quelle parti dell'impianto dove scorre la quantità totale del flusso d'acqua e elevata temperatura differenziale.

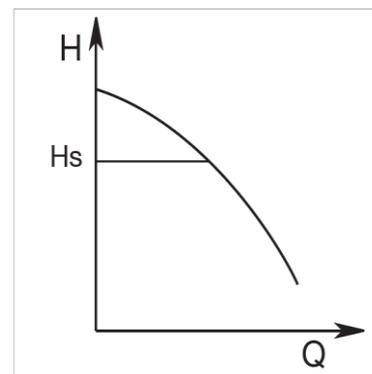


Figura 3.25 Regolazione a ΔP costante (fonte: Evoplus)

3. *Regolazione a curva costante:*

il circolatore in questa maniera lavora su curve caratteristiche a velocità costante. La curva viene selezionata impostando la velocità di rotazione da display. È un tipo di regolazione indicato per impianti di riscaldamento e condizionamento a portata costante. Variando la frequenza di alimentazione (Hz) del motore, la velocità di rotazione varia in proporzione.

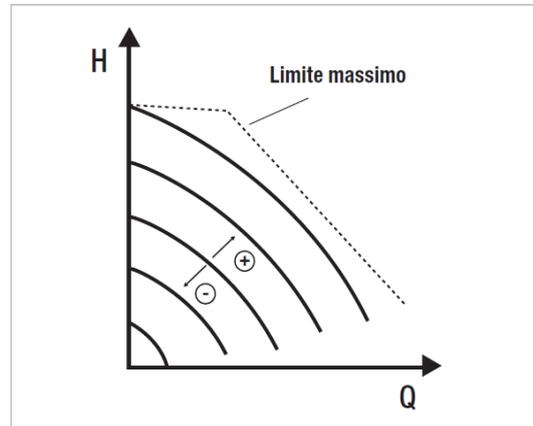


Figura 3.26 Regolazione a curva costante (fonte: Evoplus)

Dopo avere illustrato le tipologie di regolazione si sottolinea come nell'impianto attuale la regolazione attuata dalla pompa di circolazione sia una regolazione a curva costante. La pompa quindi lavora sempre alla stessa velocità di rotazione e a portata costante, dal momento che nell'impianto non sono presenti valvole termostatiche e visto che non è possibile controllare la regolazione negli appartamenti stessi. Attualmente, la pompa a velocità fissa, causa quindi elevati consumi energetici, rumore, usura e stress del sistema.

3.5.6 Vasi di espansione

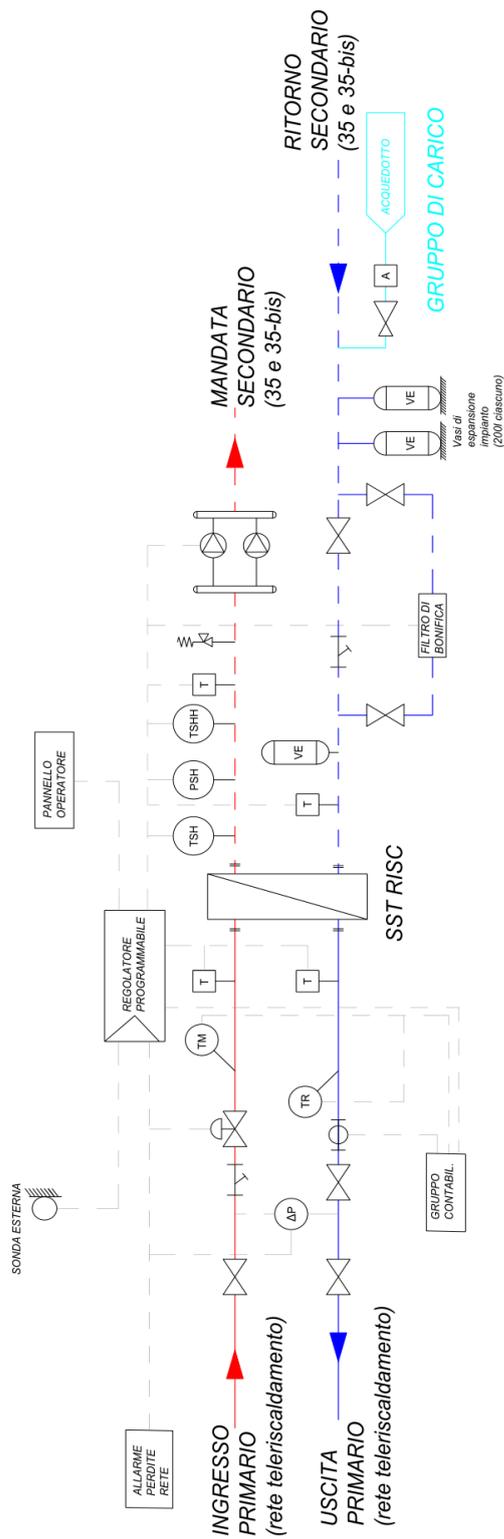
I vasi di espansione presenti in centrale sono in totale 4, due dedicati alla sottostazione di teleriscaldamento del condominio 35 e due dedicati alla sottostazione del condominio 37.

Si tratta di vasi di espansione da 200 l, installati sul ritorno del secondario. (24)

In Figura 3.27 si vede la disposizione dei vasi di espansione (a membrana fissa) all'interno del locale adibito a centrale termica, il modello dei suddetti vasi è "ERCE 200", marca Elbi.



Figura 3.27 Vasi di espansione in centrale



- impianto elettrico
- mandata rete teleriscaldamento
- ritorno rete teleriscaldamento
- - - mandata rete utente
- - - ritorno rete utente
- acquedotto

VALVOLA DI INTERCETTAZIONE	PRESSOSTATO DI SICUREZZA	RIDUTTORE DI PRESSIONE
FILTRO A Y	FLUSSOSTATO	TERMOSTATO
VALVOLA SERVOCOMANDATA	VALVOLA DI SICUREZZA	ADDOLCITORE
MANOMETRO	POMPA DI CIRCOLAZIONE	VASO DI ESPANSIONE
TERMOMETRO MANDATA	TERMOSTATO DI SICUREZZA LATO RISC	BITERMOSTATO
TERMOMETRO RITORNO	COLLETTORE	

Figura 3.28 Schema funzionale impianto C. So Trieste 35 e 35-bis

3.5.7 Analisi dei terminali

All'interno degli edifici n.35 e n.35-bis sono installati, come da progetto originale, termoconvettori. Nel corso degli anni alcuni inquilini hanno sostituito i termoconvettori installati con dei termosifoni, come appurato in sede di sopralluogo, per ovviare a problemi di riscaldamento dovuti alla tipologia di terminali originariamente installata. Con il tempo e con la scarsa manutenzione spesso le batterie alettate dei termoconvettori vengono occluse da uno spesso strato di polvere, che ne riduce notevolmente la resa termica, andando ad influire sul comfort termico dell'appartamento.

Molti termoconvettori inoltre presentano una serranda di regolazione dell'emissione. Si tratta di un metodo grossolano di regolazione che aprendo e chiudendo lo sportello della serranda, ovviamente in maniera manuale, permette al calore emesso dal termoconvettore di diffondersi in ambiente. Su questa tipologia di terminali non è attuata alcuna tipologia di regolazione e di contabilizzazione del calore. In ambiente non è installato alcun termostato e quindi l'utente non può regolare in nessun modo la temperatura ambiente se non aprendo o chiudendo gli sportelli che vanno a coprire il termoconvettore.



Figura 3.29 Termoconvettore senza serranda



Figura 3.30 Termoconvettore con serranda

Durante il sopralluogo è stato svolto un censimento di tutti i corpi scaldanti presenti all'interno degli appartamenti e dei negozi. I terminali originari, come scritto in precedenza, sono termoconvettori che, visto la poca manutenzione e l'usura dovuta al tempo, forniscono prestazioni termiche poco soddisfacenti in alcuni alloggi. Il terminale in Figura 3.31, privo della maschera metallica protettiva, offre la visione della batteria alettata in evidente stato di degrado, segno di come questi terminali oggi siano da sostituire. I tubi stessi in cui è veicolato il fluido termovettore, in rame, non presentano né isolante termico né strati protettivi.



Figura 3.31 Termoconvettore aperto



Figura 3.32 Dettaglio batteria termoconvettore

Come detto in precedenza, in alcuni appartamenti sono state effettuate modifiche ai terminali, come la sostituzione dei termoconvettori con radiatori. Queste modifiche possono aver contribuito a problemi di bilanciamento dell'impianto, infatti le sostituzioni sono avvenute in modo sporadico senza andare a valutare come queste potessero creare problemi all'impianto e soprattutto ai terminali sulla stessa colonna montante.

In particolare, negli appartamenti su quella che è stata rinominata colonna E, attraverso interviste agli inquilini, è stato riscontrato un diffuso problema ai terminali situati in bagno e nelle stanze che si affacciano su Corso Trieste. Alcuni inquilini hanno quindi deciso recentemente di sostituire i terminali presenti con



Figura 3.33 Esempio di radiatore

dei radiatori, ma il problema non è stato risolto poiché legato alla colonna montante e non al singolo terminale. Si ipotizza quindi che la colonna montante stessa risulti ostruita o danneggiata, in seguito a lavori probabilmente effettuati sulla linea. I lavori di adeguamento e sostituzione di alcuni terminali potrebbero aver contribuito a peggiorarne la situazione.

3.5.8 Censimento terminali

TERMINALI CORPO n.35

UNITA' IMMOBILIARE	Termoconvettori	Radiatori
A_PT*	4	-
A_01	4	1
A_02	6	-
A_03	6	-
A_04	6	-
A_05*	5	-
A_06*	5	-
A_07*	5	-
A_08	5	1
B_PT	4	2
B_01	6	-
B_02	6	-
B_03	6	-
B_04	11	-
B_05*	8	-
B_06	6	2
B_07	8	-
B_08*	8	-
C_01	3	1
C_02	4	-
C_03	10	-
C_05	4	-
C_06	4	-
C_07	8	-
D_01	7	-
D_02	6	-
D_04	7	-
D_05	6	-
D_06	6	-
D_08	8	3
E_01	4	1
E_02	6	-
E_03	7	-
E_04	5	-
E_05	5	-
E_06	5	1
E_07	5	1
PALESTRA	-	2
INGRESSO 35	1	-
TOTALE CORPI SCALDANTI	220	15

TERMINALI CORPO n.35-Bis

UNITA' IMMOBILIARE	Termoconvettori	Radiatori
N1	4	1
N2	3	-
N3	3	-
N4	5	-
A-BIS	7	2
B-BIS	7	2
TOTALE CORPI SCALDANTI	29	5

Tabella 3.12 Censimento Corpi scaldanti

Discorso a parte merita la palestra, questa infatti è allacciata all'impianto centralizzato solo per quanto riguarda due termosifoni, rispettivamente nella zona ingresso e nello spogliatoio. Durante il sopralluogo e con chiarimenti da parte del proprietario di questa si è infatti visto come l'impianto presente misto aria-acqua, sia alimentato da pompe di calore aria-aria, sia per la climatizzazione invernale che per quella estiva. Al fine del dimensionamento dei terminali verranno considerati solo i locali riscaldati dall'impianto centralizzato e quindi dai termosifoni.

I locali contrassegnati da * non sono stati visti in sede di sopralluogo e per questa ragione si assumono caratteristiche simili agli alloggi limitrofi, appartenenti alla medesima colonna, per quanto riguarda i terminali dell'impianto di riscaldamento.

4 Diagnosi Energetica

La diagnosi energetica deve analizzare lo stato attuale dell'edificio dal punto di vista energetico e fornire soluzioni di efficientamento che risultino economicamente giustificabili. Lo scopo della diagnosi non è quello di offrire dati di estrema precisione ma almeno chiarire l'ordine di grandezza per poter valutare se un intervento possa essere fattibile o meno con tempi di ritorno ragionevoli.

La diagnosi del presente edificio è stata effettuata con il software "EdilClima EC700". (25)

4.1 Riferimenti normativi della diagnosi

La diagnosi è stata eseguita in modo conforme alle normative vigenti in materia:

- **UNI/TS 11300-1** "Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale" per il calcolo del fabbisogno di energia utile dell'edificio o della singola unità immobiliare. (26)
- **UNI/TS 11300-2** "Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione" per il calcolo dei rendimenti del sistema di riscaldamento, per la determinazione del consumo per la produzione di acqua calda sanitaria, per il calcolo dei fabbisogni elettrici di ventilazione ed illuminazione. (27)
- **UNI/TS 11300-3** "Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva" per il calcolo dei rendimenti del sistema di raffrescamento dell'edificio o della singola unità immobiliare.
- **UNI/TS 11300-4** "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria" per il calcolo del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso vi siano sottosistemi di generazione che forniscono energia termica utile da energie rinnovabili o con metodi di generazione diversi dalla combustione a fiamma di combustibili fossili (trattati dalla UNI/TS 11300-2). (28)

Il presente edificio è allacciato alla rete urbana di teleriscaldamento e per questo motivo si farà riferimento nel calcolo effettuato con il Software “EdilClima EC700” alla UNI/TS 11300-4.

La sottostazione di scambio termico, elemento di collegamento tra la rete di distribuzione (circuito primario) e l’utenza (circuito secondario) è a sistema indiretto, ovvero tra il primario e il secondario è presente uno scambiatore di calore a superficie.

4.1.1 Metodo di calcolo secondo UNI/TS 11300-4

Il calcolo di seguito descritto riguarda il tratto dal punto di consegna dell’energia all’ingresso della sottostazione al punto di uscita dell’energia della sottostazione (28), dopo il quale la procedura di calcolo adottata sarà quella della UNI/TS 11300-2.

La sottostazione è composta da:

- Scambiatore di calore;
- Contatore di calore;
- Sistemi di regolazione e controllo;
- Dispositivi di protezione;
- Mantello di protezione.

Il contatore di calore misura l’energia termica fornita al circuito primario dello scambiatore (punto di consegna) ed è indicata con $Q_{ss,in}$.

L’energia termica utile fornita all’utenza (indicata con $Q_{ss,out}$) è determinata in base alla portata d’acqua transitata nello scambiatore e al salto termico di temperatura fra ingresso ed uscita dello scambiatore stesso.

Bilancio termico della sottostazione:

L’energia termica fornita alla distribuzione dell’impianto di riscaldamento nel periodo di calcolo è data da:

$$Q_{ss,out} = Q_{ss,in} - Q_{l,ss,env} \text{ (kWh)}$$

Dove:

$Q_{ss,out}$ è l’energia termica in uscita dalla sottostazione fornita al sottosistema di distribuzione dell’impianto (secondario dello scambiatore) (kWh);

$Q_{ss,in}$ è l’energia termica in entrata alla sottostazione (primario dello scambiatore) (kWh);

$Q_{l,ss,env}$ è l’energia termica dispersa dalla sottostazione in ambiente (kWh).

Una quota delle perdite in ambiente è recuperabile. Se le perdite sono recuperate l'energia termica utile fornita all'edificio è:

$$Q'_{ss,out} = Q_{ss,out} + Q_{ss,rhl} \text{ (kWh)}$$

Dove:

$Q_{ss,rhl}$ sono le perdite recuperate (kWh).

Le perdite di potenza termica della sottostazione in ambiente si calcolano nel seguente modo:

- Se il fornitore della sottostazione fornisce il fattore di perdita K_{ss} , la potenza termica dispersa si calcola con la seguente formula:

$$\Phi_{l,ss,env} = K_{ss} \times \frac{\theta_{ss,w,avg} - \theta_{a,ss}}{1000} \text{ (kW)}$$

Dove:

K_{ss} è il fattore di perdita della sottostazione, fornito dal costruttore (W/K);

$\theta_{ss,w,avg}$ Temperatura media del fluido nella sottostazione intesa come media aritmetica della temperatura di andata e ritorno del circuito primario riportate nel progetto o sulla targa dello scambiatore (°C).

$\theta_{a,ss}$ Temperatura dell'ambiente ove è installata la sottostazione (°C).

Temperatura media del fluido termovettore primario	$\theta_{ss,w,avg}$ (°C)
Rete ad acqua calda bassa temperatura	70 °C
Rete ad acqua surriscaldata	90 °C

Tabella 4.1 Caratteristiche acqua rete primaria (prospetto 34 UNI 11300-4)

La quota di potenza recuperabile si calcola nel seguente modo:

$$\Phi_{ss,rhl} = (1 - K_{ss,env}) \times \Phi_{l,ss,env} \text{ (kW)}$$

Dove:

$K_{ss,env}$ fattore di recupero delle perdite (-);

- Se il fattore di perdita della sottostazione K_{ss} non è disponibile allora la percentuale di potenza termica persa nelle condizioni di esercizio si calcola come segue:

$$P_{L,ss,env} = P'_{L,s,env} \times \frac{\theta_{ss,w,avg} - \theta_{a,ss}}{\theta_{ss,w,rif} - \theta_{a,rif}} \text{ (%)}$$

$$P'_{L,ss,env} = C_2 - C_3 \times \log \Phi_{ss} \text{ (%)}$$

Dove:

C_2 fattore predeterminato;

C_3 fattore predeterminato;

Φ_{ss} potenza nominale della sottostazione da libretto di centrale (kW);

$\theta_{ss,w,rif}$ temperatura media di riferimento del fluido termovettore (°C);

$\theta_{a,rif}$ temperatura di riferimento del locale ove è installata la sottostazione (°C).

La formula è però valida solo per valori di potenza inferiori o uguali a 3 MW. In caso di potenze superiori si utilizza l'equazione considerando comunque il valore di 3 MW.

Coefficienti	C_2	2,24
	C_3	0,57
Temperatura media di riferimento	$\theta_{ss,w,rif}$	85°C
Temperatura media di riferimento	$\theta_{a,rif}$	20 °C

Tabella 4.2 Valori dei coefficienti e temperature di riferimento per il calcolo delle perdite di default (prospetto 32 UNI 11300-4)

Ubicazione della sottostazione	$K_{ss,env}$	$\theta_{a,ss}$
In centrale termica	0,3	15
In ambiente riscaldato	0	20
All'esterno	1	T media esterna

Tabella 4.3 Caratteristiche ubicazione sottostazione (prospetto 33 UNI 11300-4)

Perdite di energia della sottostazione in ambiente sono quindi calcolate con la formula seguente:

$$Q_{l,ss,env} = \Phi_{l,ss,env} \times t_{ss} \text{ (kWh)}$$

Dove:

t_{ss} è il numero di ore di attivazione dell'impianto nel periodo considerato (h).

Vanno inoltre considerati i seguenti aspetti:

- Ai fini del calcolo delle perdite la temperatura media del fluido termovettore è considerata costante durante tutto il periodo di attivazione dell'impianto;
- Per quanto riguarda le perdite di regolazione, queste sono considerate nulle all'interno della sottostazione;
- Non si considera fabbisogno di energia ausiliaria perché la circolazione è assicurata dalla rete di teleriscaldamento. La circolazione sul secondario è invece realizzata con pompa di circolazione e il fabbisogno di energia elettrica nel periodo considerato si calcola da norma UNI/TS 11300-2.

4.2 Fase di raccolta dati

La fase di raccolta dati, attraverso materiale reperibile al catasto del comune dell'edificio come vecchi piante, prospetti, progetti originali e modifiche è di primaria importanza per la creazione di un buon modello. A questi dati vanno inoltre aggiunte altre informazioni ottenibili in fase di sopralluogo, attraverso documentazione fotografica, o tramite interviste ai proprietari e agli inquilini delle unità immobiliari.

I dati dei quali il professionista non è a conoscenza devono essere ipotizzati, ma le ipotesi possono andare a ridurre l'affidabilità dei risultati ottenuti tramite modello. Spetta invece al professionista stesso reperire i dati climatici del sito in esame.

I dati forniti dall'amministratore di condominio e di cui non si può fare a meno per la creazione del modello sono i seguenti:

- Geometria dell'edificio, prospetti o documentazione fotografica;
- Destinazione d'uso delle singole unità immobiliari;
- Consumi e costi d'esercizio degli ultimi tre anni di funzionamento, scartando annualità in cui ci sia stato un funzionamento anomalo dell'impianto o in cui l'edificio è stato sottoposto a azioni rilevanti ai fini energetici;
- Contratti di fornitura dell'energia elettrica, del combustibile e dell'energia termica;
- Costi annuali di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- Documentazione relativa agli impianti di riscaldamento e climatizzazione;

4.3 Analisi consumi

Le bollette sono state fornite dall'amministratore durante i sopralluoghi. I dati di consumo riguardano la sottostazione di teleriscaldamento del corpo n.35 e n.35-bis relativi a due stagioni di riscaldamento.

Le stagioni in questione sono:

- Stagione 2016/2017;
- Stagione 2017/2018;

I dati sui consumi, da confrontare poi con quelli del modello, sono stati presi senza considerare i conguagli economici relativi alle stagioni di riscaldamento precedenti, così da avere il consumo mensile effettivo. I consumi vanno dal 1/10 al 15/4 di ogni anno.

Nelle bollette sono segnalati i consumi diurni e i consumi notturni, ma essendo la tariffa applicata una tariffa monomia, non vi è alcuna differenza di costo sul kWh_t del teleriscaldamento.

<i>Stagione termica</i>	<i>Costo unitario (€/Mcal)</i>	<i>Costo unitario (€/kWh)</i>
<i>Stagione 2016/2017</i>	0,08984	0,07707
<i>Stagione 2017/2018</i>	0,08980	0,07707

Tabella 4.4 Costo unitario per anno di riscaldamento

	Stagione riscaldamento			
	2016/2017		2017/2018	
	Mcal	MWh	Mcal	MWh
<i>ottobre</i>	24863	28,910	17200	20,000
<i>novembre</i>	80384	93,470	69496	80,809
<i>dicembre</i>	127186	147,891	126523	147,120
<i>gennaio</i>	120718	140,370	77090	89,640
<i>febbraio</i>	61619	71,650	93172	108,340
<i>marzo</i>	45864	53,330	57370	66,709
<i>aprile</i>	15592	18,130	15592	18,130

Tabella 4.5 Consumi per stagione di riscaldamento

4.3.1 Dati climatici 16/17 e 17/18

I dati climatici per le stagioni di riscaldamento analizzati sono stati presi dal sito dell'ARPA Piemonte, all'interno della banca dati meteorologica. Questi fanno riferimento alla stazione metereologica situata a Bauducchi (TO), stazione utilizzata dal Software "EdilClima EC700" per la compilazione del modello. (29)

Mese	2016/2017	2017/2018
<i>ottobre</i>	12	13
<i>novembre</i>	7,4	5,7
<i>dicembre</i>	2,1	-0,8
<i>gennaio</i>	0,5	3,9
<i>febbraio</i>	5,3	2,7
<i>marzo</i>	10,8	6,6
<i>aprile</i>	13,5	14,7

Tabella 4.6 Temperature medie 16/17 e 17/18 (fonte: ARPA)

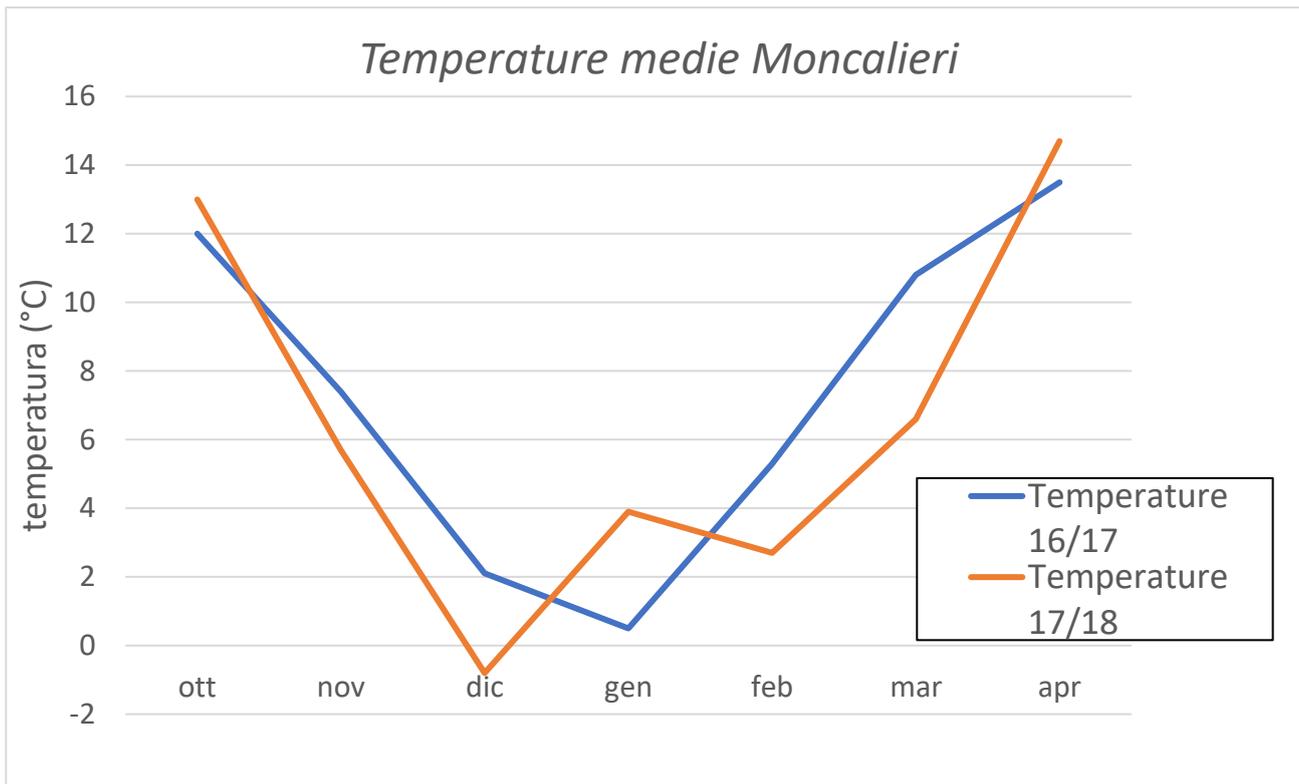


Figura 4.1 Temperature medie Moncalieri (fonte: ARPA, stazione Bauducchi)

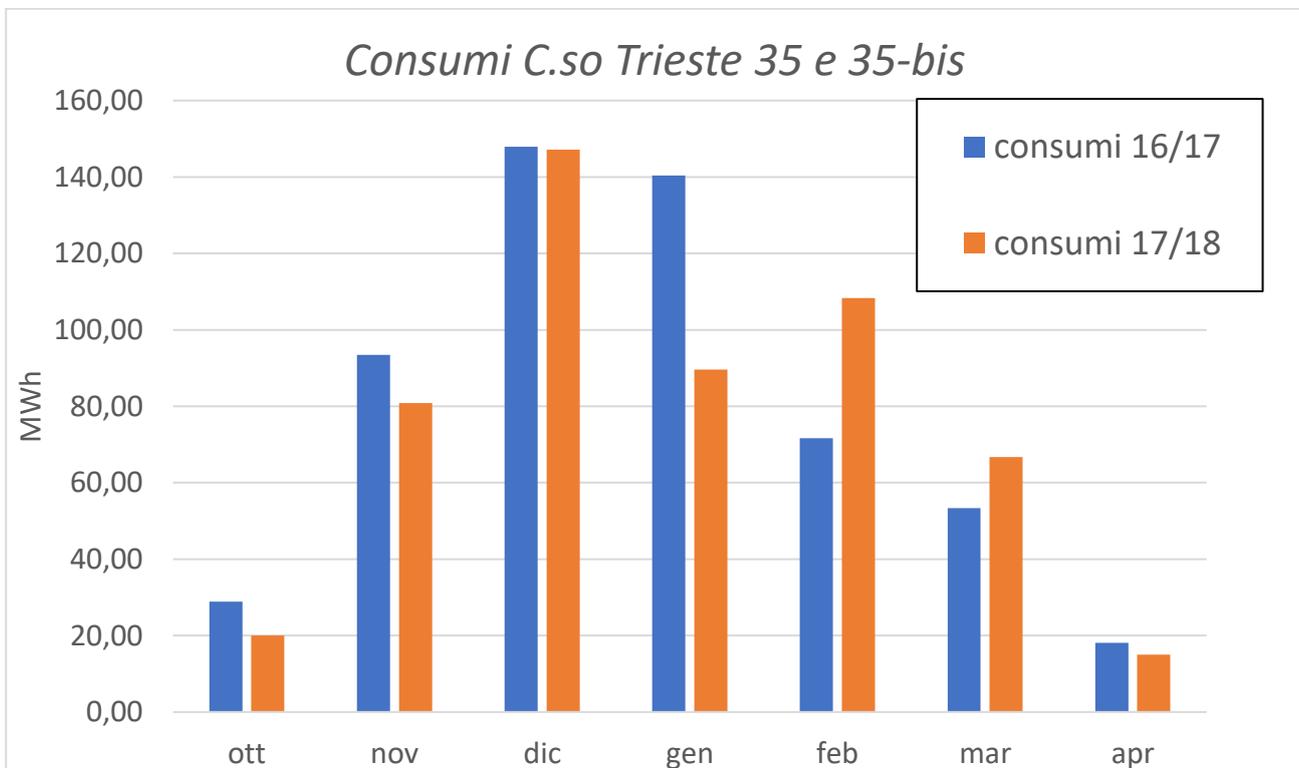


Figura 4.2 Consumi Stagioni di riscaldamento

Come si può notare i consumi sono in linea con l'andamento delle temperature. Ovviamente nei mesi più freddi i consumi sono maggiori, mentre nei mesi più caldi, e in particolare all'inizio e alla fine della stagione di riscaldamento, i consumi sono molto inferiori. Occorre sottolineare come per i mesi di ottobre e aprile l'impianto sia acceso solo per 15 giorni e non per l'intero mese.

A Gennaio 2018 si può vedere un grande calo di energia termica, passando dai 140 MWh dello stesso mese nella stagione di riscaldamento precedente, ai 90 MWh della stagione in questione. Questo andamento è giustificato dalle temperature registrate a gennaio 2018, di molto superiori alle temperature dell'anno precedente. Infatti, a Gennaio 2018 la temperatura media è stata di 3,9 °C, mentre a Gennaio 2017 di 0,5 °C. Invece, a febbraio i consumi sono risultati opposti, facendo registrare nel 2018 consumi superiori in accordo ad un clima più rigido (2,7 °C) rispetto al medesimo mese del 2017, quando la temperatura media esterna misurata risultava di 5,3 °C.

4.4 Confronto stagione di riscaldamento e risultati EdilClima

Per verificare la bontà del modello creato su "EdilClima EC700" occorre confrontare i dati di consumo in uscita dal modello con i consumi della stagione di riscaldamento reale, facendo riferimento all'energia termica fornita dalla rete di teleriscaldamento.

Si inseriscono nel Software i dati climatici reali e già indicati nelle precedenti tabelle per le due stagioni di riscaldamento e si fa un confronto per verificare che l'errore relativo sia in un certo range (inferiore al 5%, ASHRAE Guideline 14).

	Consumi reali	Consumi Modello
2016/2017	kWh	kWh
<i>ott-16</i>	28910	25803
<i>nov-16</i>	93470	85915
<i>dic-16</i>	147891	139018
<i>gen-17</i>	140370	146065
<i>feb-17</i>	71650	80488
<i>mar-17</i>	53330	47149
<i>apr-17</i>	18130	16786
TOTALE	553751	541224
	Errore relativo %	-2,2

Tabella 4.7 Consumi reali e modello 16/17

	Consumi reali	Consumi Modello
2017/2018	kWh	kWh
<i>ott-17</i>	20000	20581
<i>nov-17</i>	80809	84347
<i>dic-17</i>	147120	153521
<i>gen-18</i>	89640	105988
<i>feb-18</i>	108340	103490
<i>mar-18</i>	66709	72965
<i>apr-18</i>	18130	16875
TOTALE	530748	557767
	Errore relativo %	5,0

Tabella 4.8 Consumi reali e modello 17/18

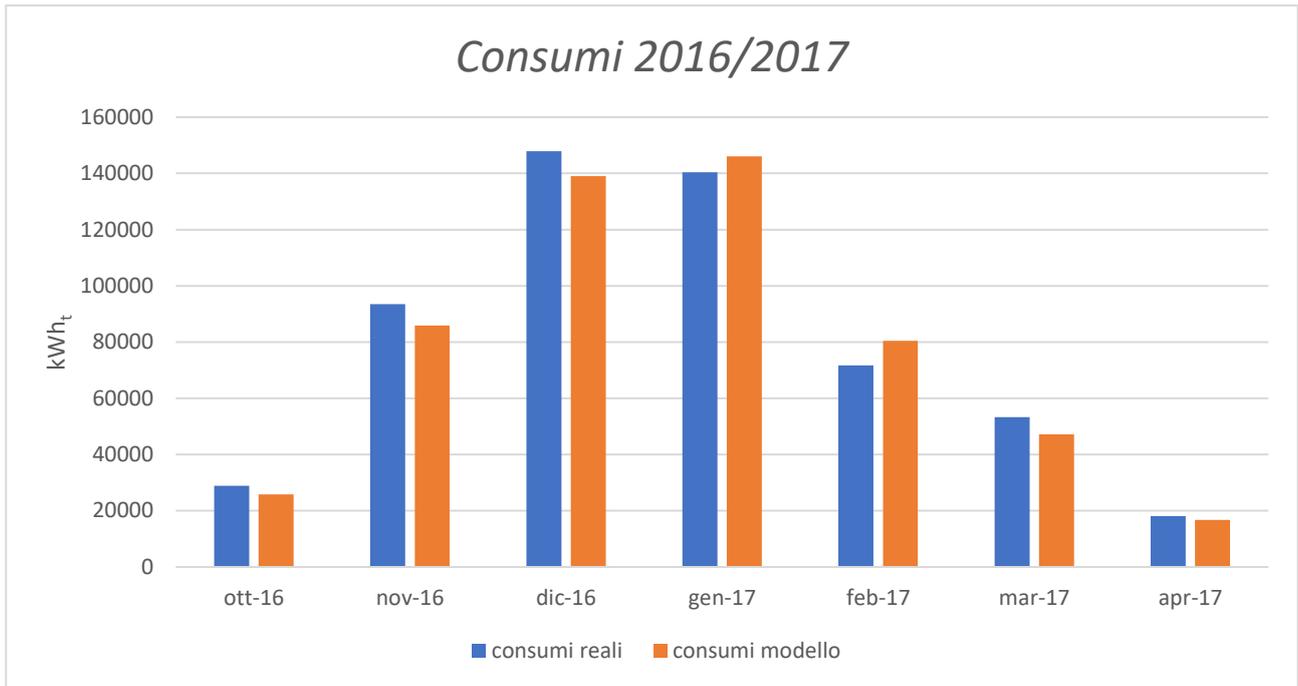


Figura 4.3 Consumi reali e modello 2016/2017

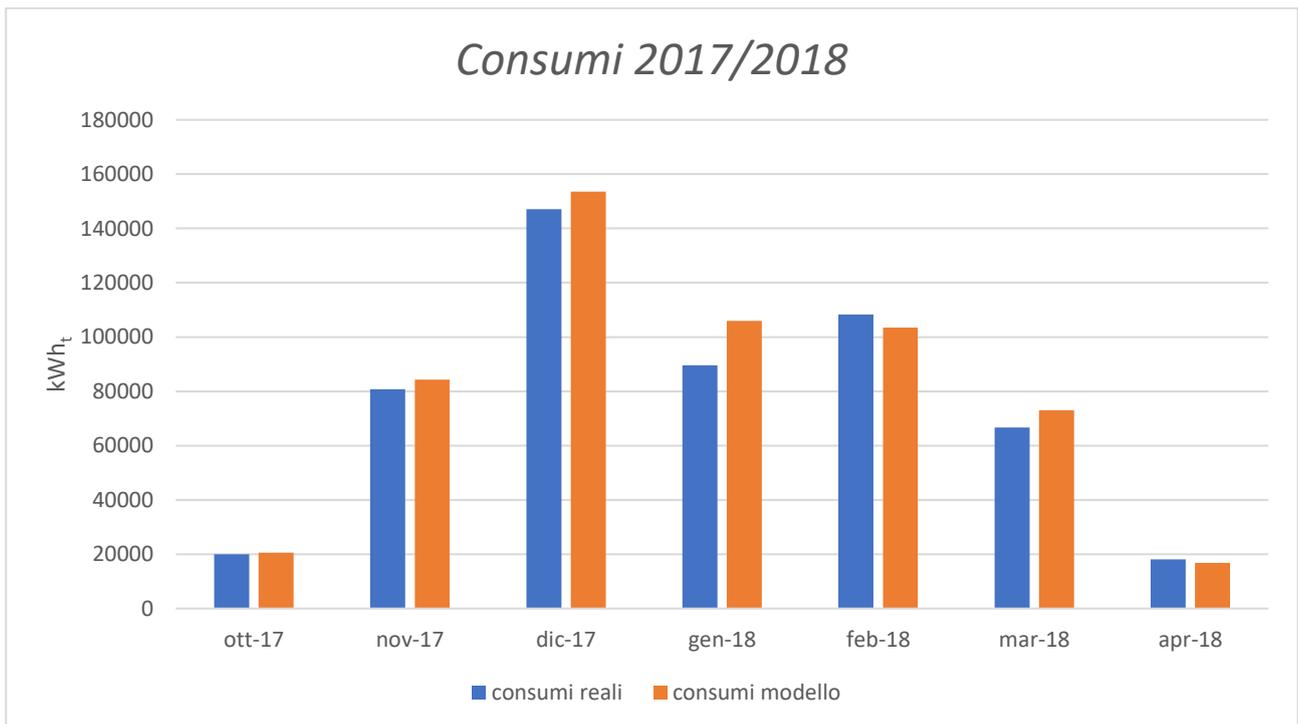


Figura 4.4 Consumi reali e modello 2017/2018

4.5 Risultati Diagnosi

Confrontati i consumi dei modelli con i consumi reali, quindi utilizzando i dati climatici delle stagioni analizzate, si passa al modello in condizioni climatiche Standard, con dati climatici secondo la UNI 10349.

I risultati relativi al fabbricato, ovvero senza considerare ancora il sistema ma solo l'energia termica utile per il riscaldamento invernale, sono i seguenti:

C.SO TRIESTE 35	Sup. netta [m ²]	DISPERSIONI			APPORTI			Qh,nd [kWh]	Consumo specifico
		Qh,tr [kWh]	Qh,ve [kWh]	Qh,ht [kWh]	Qsol,w [kWh]	Qint [kWh]	Qgn [kWh]		
A-PT	49	6936	926	7862	812	1347	2158	5715	117 kWh/m ²
A1	70,5	6422	1332	7754	1461	1702	3163	4631	66 kWh/m ²
A2	72,9	8053	1378	9431	1892	1733	3625	5864	80 kWh/m ²
A3	72,9	8053	1378	9431	1892	1733	3625	5864	80 kWh/m ²
A4	72,9	7271	1378	8649	1768	1733	3501	5210	71 kWh/m ²
A5	52,9	5093	1019	6113	777	1422	2199	3927	74 kWh/m ²
A6	52,9	5093	1019	6113	777	1422	2199	3927	74 kWh/m ²
A7	52,9	5093	1019	6113	777	1422	2199	3927	74 kWh/m ²
A8	72,9	15225	1378	16602	1371	1733	3104	13518	185 kWh/m ²
B-PT	73,9	9969	1396	11365	1700	1746	3446	7943	107 kWh/m ²
B1	76,6	6076	1447	7524	2232	1777	4009	3678	48 kWh/m ²
B2	73,8	6837	1395	8231	2973	1744	4717	3819	52 kWh/m ²
B3	73,8	6837	1395	8231	2973	1744	4717	3819	52 kWh/m ²
B4	131,4	11040	2483	13523	4053	1976	6029	7819	60 kWh/m ²
B5	96,5	8692	1824	10515	3253	1941	5194	5500	57 kWh/m ²
B6	96,5	8692	1824	10515	3253	1941	5194	5500	57 kWh/m ²
B7	96,5	8692	1824	10515	3253	1941	5194	5500	57 kWh/m ²
B8	94,3	18700	1782	20482	3489	1929	5419	15241	162 kWh/m ²
C1	59,5	6811	1124	7935	1676	1538	3215	4775	80 kWh/m ²
C2	57,6	5418	1088	6506	1761	1506	3268	3336	58 kWh/m ²
C3	115,7	10318	2186	12504	2469	1983	4452	8089	70 kWh/m ²
C5	53,3	3576	1007	4583	1122	1429	2551	2106	40 kWh/m ²
C6	57,6	5418	1088	6506	1761	1506	3268	3336	58 kWh/m ²
C7	115,9	9412	2190	11603	2028	1983	4011	7614	66 kWh/m ²
D1	89	12081	1687	13769	2240	1894	4134	9692	109 kWh/m ²
D2	77,6	7136	1466	8602	1611	1789	3399	5260	68 kWh/m ²
D4	99	9364	1871	11235	1950	1953	3903	7409	75 kWh/m ²
D5	81,6	8310	1542	9851	1873	1830	3703	6220	76 kWh/m ²
D6	77,6	7521	1466	8987	1885	1789	3674	5402	70 kWh/m ²
D8	196,1	36271	3706	39977	4508	1976	6485	33533	171 kWh/m ²
E1	94,9	13963	1793	15757	757	1933	2689	13071	138 kWh/m ²
E2	78,9	8518	1491	10009	1250	1803	3053	6981	88 kWh/m ²
E3	100,5	11262	1899	13161	2080	1960	4039	9187	91 kWh/m ²
E4	59,3	5107	1121	6227	727	1535	2262	3978	67 kWh/m ²
E5	78,9	7632	1491	9123	1066	1803	2869	6275	80 kWh/m ²

E6	78,9	7912	1491	9403	1141	1803	2944	6482	82 kWh/m ²
E7	100,5	9629	1899	11528	1468	1960	3427	8139	81 kWh/m ²
Palestra	95,7	19477	2817	22294	7051	2102	9153	13959	28 kWh/m ³
Ingresso 35	35	2936	661	3598	372	1038	1410	2615	75 kWh/m ²

Tabella 4.9 Risultati diagnosi C.So Trieste n.35

C.SO TRIESTE 35-BIS	Sup. netta	DISPERSIONI			APPORTI			Qh,nd	Consumo specifico
		Qh,tr	Qh,ve	Qh,ht	Qsol,w	Qint	Qgn		
	[m ²]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
N1	62,2	11852	1978	13829	1889	1639	3528	11114	34 kWh/m ³
N2	47,5	8487	1528	10015	1353	1252	2605	8011	30 kWh/m ³
N3	47,5	8487	1528	10015	1353	1252	2605	8011	30 kWh/m ³
N4	62,2	11920	1978	13897	1889	1639	3528	11178	35 kWh/m ³
A-BIS	122,6	20847	2317	23163	1640	1976	3617	20125	164 kWh/m ²
B-BIS	131,6	23450	2487	25936	1880	1976	3856	22681	172 kWh/m ²

Tabella 4.10 Risultati diagnosi C.So Trieste n.35-Bis

Dove:

Qh,tr: Dispersioni per trasmissioni della zona (kWh);

Qh,ve: Energia dispersa per ventilazione (kWh);

Qh,ht: Totale energia dispersa (kWh);

Qsol,w: Apporti solari gratuiti (kWh);

Qint: Apporti interni gratuiti (kWh);

Qgn: Totale apporti gratuiti (kWh);

Qh,nd: Energia utile per il riscaldamento invernale (kWh).

4.5.1 Fabbisogno di energia primaria

Il calcolo del fabbisogno di energia invernale per il riscaldamento è calcolato secondo le norme UNI/TS 11300-2 e UNI/TS 11300-4.

Come detto in precedenza, la zona climatica di Moncalieri è la E, e quindi il periodo di riscaldamento considerato è quello tra il 15 ottobre e il 15 aprile, per un totale di 183 giorni.

Dati climatici	
Zona climatica	E
Gradi Giorno (GG)	2553
Temperatura esterna di progetto	-8 °C

Tabella 4.11 Riassunto dati climatici Moncalieri

I rendimenti stagionali, in accordo con le caratteristiche dell'impianto, valutato durante i sopralluoghi, sono i seguenti:

Stato attuale sistema	
rendimenti sottosistemi	%
η, H, e	89 %
η, H, rg	79,2 %
η, H, du	90 %
η, H, gn	99,4 %
$\eta, H, impianto$	63 %

Tabella 4.12 Rendimento sistema attuale

Di seguito vengono riportate le caratteristiche del circuito degli edifici n.35 e n.35-bis, poiché l'impianto è centralizzato e la distribuzione è unica le caratteristiche sono le medesime per entrambi i corpi.

<i>Caratteristiche emissione</i>	
Tipo terminale	Termoconvettore
Potenza nominale corpi scaldanti	328 kW
Rendimento emissione	89%
<i>Caratteristiche regolazione</i>	
Tipologia di regolazione	Manuale (solo termostato di caldaia)
Rendimento di regolazione	79,2 %
<i>Caratteristiche distribuzione</i>	
Tipo impianto	Centralizzato con montanti non isolati correnti in traccia nelle pareti interne (8 piani)
Isolamento tubazioni	Isolamento gravemente deteriorato o inesistente
Rendimento distribuzione	90%

Tabella 4.13 Descrizione sottosistemi attuali

<i>Caratteristiche fluido termovettore</i>	
ΔT lato aria	50 °C
ΔT lato acqua	10 °C
Temperatura mandata acqua	75 °C
Temperatura ritorno acqua	65 °C
Portata nominale acqua	31077 kg/h

Tabella 4.14 Caratteristiche fluido termovettore

<i>Caratteristiche generatore</i>	
Tipo di generatore	Teleriscaldamento
<i>Caratteristiche sottostazione</i>	
Potenza utile nominale	350 kW
Temperatura media del fluido	90°C (Rete ad acqua surriscaldata)
<i>Perdite della sottostazione</i>	
Percentuale di perdita	80%
<i>Caratteristiche installazione</i>	
Ambiente	Centrale termica
Fattore di riduzione delle perdite	0,3
<i>Temperature di riferimento</i>	
Temperatura media del fluido	85 °C
Temperatura ambiente di installazione	20 °C
<i>Vettore energetico (teleriscaldamento)</i>	
fp,nren	0,945
fp,ren	0,000
Fattore di emissione CO2	0,3 kgCO2/kWh

Tabella 4.15 - caratteristiche sottostazione

Fattore di conversione in energia primaria (30)

La norma europea UNI EN 15216-4-5 fornisce un metodo di calcolo per la determinazione del fattore di conversione in energia primaria, questo ci indica per ogni kWh consegnato alla stazione, quanta energia primaria è stata consumata dall'impianto di teleriscaldamento. Le situazioni possono essere molto diverse tra di loro: si passa da valori inferiori all'unità per i casi virtuosi (uso di rifiuti, sistemi a cogenerazione efficienti, etc.) a valori di 1,5 o 2 se la cogenerazione è effettuata con ordinarie caldaie a combustione.

Il fattore di conversione in energia primaria dell'energia termica fornita ai punti di consegna della rete di teleriscaldamento della rete di Torino è un valore dichiarato da "Iren Energia".

Il Decreto Ministeriale 26 giugno 2015, entrato in vigore il 1 ottobre 2015, definisce (All. 1 – art. 3.2 comma 2) che "i gestori degli impianti di teleriscaldamento e teleraffrescamento si dotano di certificazione atta a comprovare i fattori di conversione in energia primaria dell'energia termica fornita al punto di consegna dell'edificio".

Ai fini del calcolo della prestazione energetica degli edifici e delle unità immobiliari, il fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico “teleriscaldamento” fornito alle utenze di Torino da “Iren Energia” è pari a:

$$f_{P,tot} = f_{P,nren} + f_{P,ren} = 0,945$$

Dove:

$f_{P,nren}$ è il fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile;

$f_{P,ren}$ è il fattore di conversione in energia primaria rinnovabile.

$f_{P,nren}$	0,945
$f_{P,ren}$	0,000
$f_{P,tot}$	0,945

Il rendimento globale medio stagionale, riferito all’energia primaria totale, è quindi:

$\eta_{H,g,p,tot}$	65,8%
--------------------	-------

4.5.2 Risultato calcolo mensile riscaldamento

mese	giorni	QH,sys,out	QH,gen,out	QH,gen,in	$\eta_{H,gen,ut}$
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[%]
<i>gennaio</i>	31	93210	139611	140207	99,6
<i>febbraio</i>	28	67374	105786	106312	99,5
<i>marzo</i>	31	35770	63456	64002	99,1
<i>aprile</i>	15	7949	15702	15954	98,4
<i>maggio</i>	-	-	-	-	-
<i>giugno</i>	-	-	-	-	-
<i>luglio</i>	-	-	-	-	-
<i>agosto</i>	-	-	-	-	-
<i>settembre</i>	-	-	-	-	-
<i>ottobre</i>	17	13615	24801	25084	98,9
<i>novembre</i>	30	56356	88953	89492	99,4
<i>dicembre</i>	31	85708	128854	129440	99,5
Totali	183	359982	567164	570490	99,4

Tabella 4.16 - Energia termica mensile teleriscaldamento

Dove:

QH,sys,out: Fabbisogno dell’edificio (kWh);

QH,gen,out: Energia termica fornita dal generatore per riscaldamento (kWh);

QH,gen,in: Energia termica in ingresso al generatore per riscaldamento (kWh);

$\eta_{H,gen,ut}$: Rendimento mensile della sottostazione di teleriscaldamento (%).

4.5.3 Fabbisogno mensile di energia primaria

mese	giorni	QH,gen,in	QH,aux	QH,p,nren	QH,p,tot
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
<i>gennaio</i>	31	140207	561	133589	133853
<i>febbraio</i>	28	106312	507	101452	101690
<i>marzo</i>	31	64002	561	61575	61839
<i>aprile</i>	15	15954	271	15606	15733
<i>maggio</i>	-	-	-	-	-
<i>giugno</i>	-	-	-	-	-
<i>luglio</i>	-	-	-	-	-
<i>agosto</i>	-	-	-	-	-
<i>settembre</i>	-	-	-	-	-
<i>ottobre</i>	17	25084	308	24304	24449
<i>novembre</i>	30	89492	543	85628	85883
<i>dicembre</i>	31	129440	561	123414	123678
Totali	183	570490	3310	545569	547125

Tabella 4.17 – Fabbisogno mensile di energia primaria totale

Dove:

QH,aux: Fabbisogno elettrico totale per il riscaldamento;

QH,p,nren: Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per il riscaldamento;

QH,p,tot: Fabbisogno di energia primaria totale per il riscaldamento.

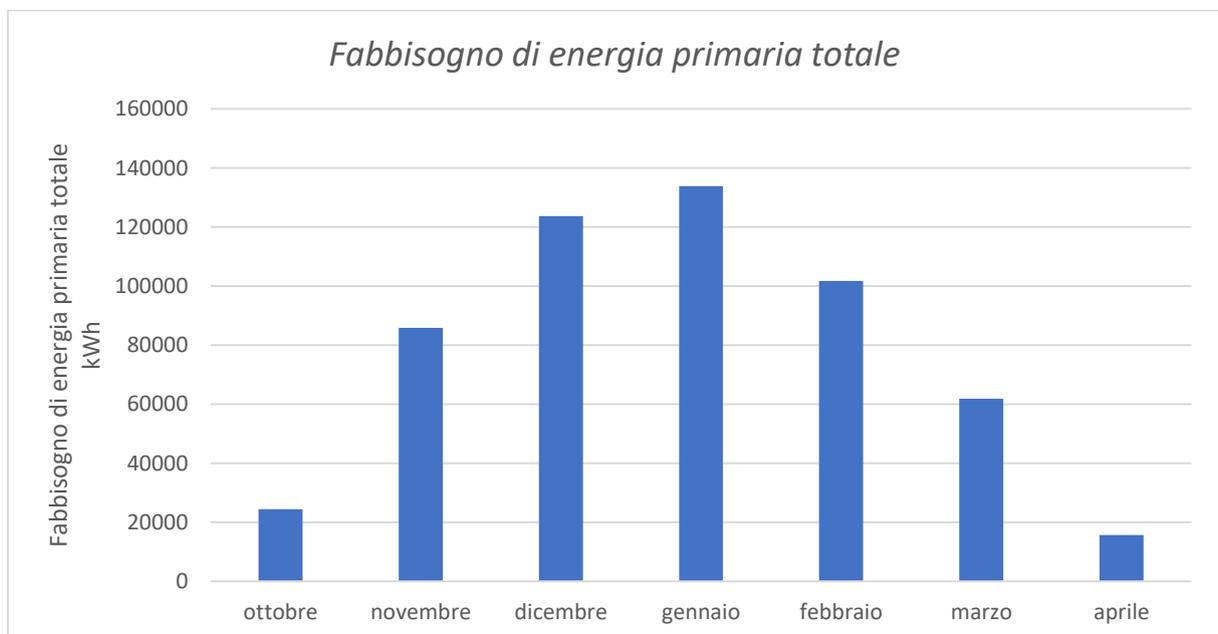


Figura 4.5 Fabbisogno mensile di energia primaria totale modello

Risultati di calcolo stagionali

Risultati globali	
Fabbisogno di energia primaria annuale	547125 kWh/anno
Rendimento globale medio stagionale	65,8 %
Consumo vettore energetico	570490 kWh/anno
Consumo energia elettrica	3310 kWh/anno

Tabella 4.18 Risultati globali modello

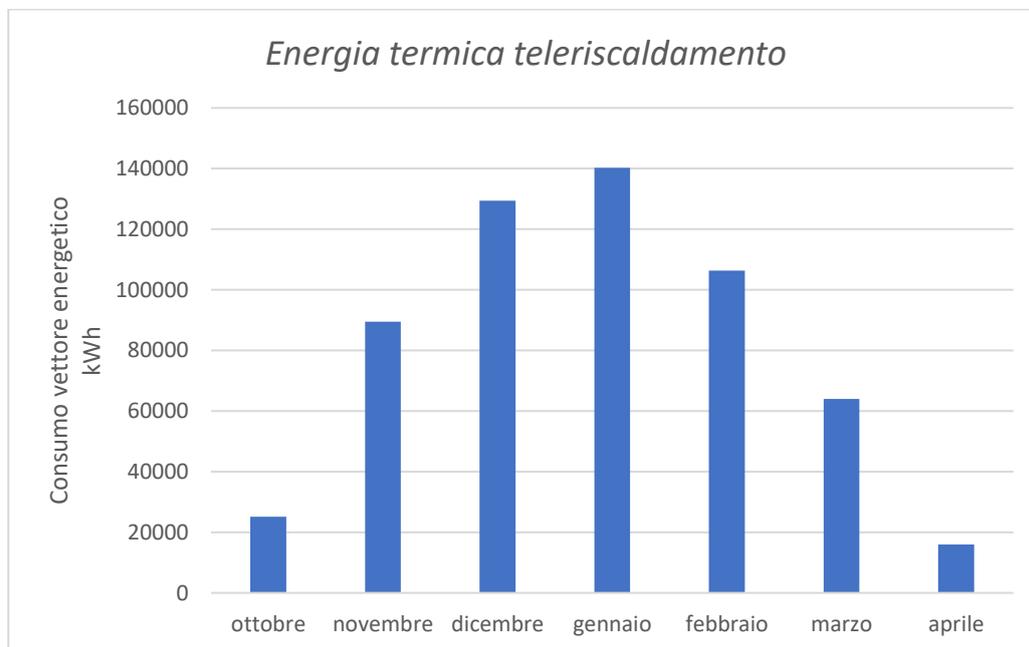


Figura 4.6 Energia termica in ingresso alla sottostazione di teleriscaldamento

5 Progetto di riqualificazione energetica

5.1 Generalità

Gli interventi in oggetto riguardano opere di riqualificazione del sistema di distribuzione, regolazione ed emissione dell'impianto termico per la climatizzazione invernale a servizio del condominio sito in Corso Trieste n.35 e n.35-bis a Moncalieri (TO).

L'obiettivo del progetto è quello di rendere indipendenti dal punto di vista energetico i due corpi, ovvero il corpo n.35 e n.35-bis, andando a migliorare l'efficienza complessiva dell'impianto e rendendo possibile l'installazione di apparecchi atti al controllo dei consumi energetici nei due fabbricati.

L'attività svolta prevede la realizzazione di:

- Nuovo sistema di distribuzione riscaldamento;
- Installazione di collettori in ogni appartamento per l'allacciamento a terminali ad acqua (radiatori);
- Sostituzione dei terminali attualmente presenti;
- Nuovi sistemi di regolazione individuali;
- Sistemi di contabilizzazione individuale del calore;
- Opere edili in centrale termica e nelle parti comuni per la realizzazione della rete di distribuzione.

L'attività non include l'analisi di dettaglio della distribuzione dal collettore ai diversi terminali dell'unità abitativa ma solamente l'individuazione della possibile soluzione per tipologia di unità immobiliare. In base al calcolo della potenza necessaria per ogni stanza di tutti gli appartamenti, viene quindi proposta una tipologia di terminale da installare, fornendo il numero di elementi per ottenere la potenza richiesta.

Verrà poi svolto anche il dimensionamento in un'unità immobiliare del corpo n.35-bis di un sistema VMC (Ventilazione Meccanica Controllata), in seguito a isolamento della copertura.

Durante i sopralluoghi realizzati nel corso dei mesi di ottobre, novembre e dicembre 2018, sono stati visionati 31 dei 37 appartamenti dell'edificio n.35, la palestra al piano terra, 3 dei 4 negozi al piano terra del n.35-bis e un appartamento del n.35-bis.

Il sopralluogo all'interno di ogni appartamento si è reso necessario per:

- Confrontare le piante in possesso con la reale struttura dell'appartamento;
- Acquisire misure mancanti rispetto alle piante;
- Censire i terminali presenti in ogni unità immobiliare;
- Verificare la reale destinazione d'uso di ogni locale da riscaldare;
- Misurare gli infissi e comprenderne la tipologia;
- Verificare lo stato dei cavedi, situati sui balconi, per prevedere il passaggio in questi delle colonne montanti di distribuzione ai singoli alloggi.

I cavedi non sono stati ispezionati internamente, poiché sigillati e quindi non apribili.

L'attività svolta in fase di sopralluogo è stata semplicemente quella di segnalare la presenza o meno dello sportello del cavedio e quindi valutarne lo stato. In certi casi questo è risultato coperto da ostruzioni, quali mobili o caldaie, oppure murato in seguito a lavori di ristrutturazione sul balcone.

Il progetto prevede quindi che dall'attuale centrale termica venga creata una nuova linea di distribuzione, passante nell'autorimessa, che alimenterà il 35bis con appositi stacchi che porteranno il fluido termovettore ai collettori installati nei negozi al piano terra e agli alloggi al primo piano.

La linea che alimenterà il condominio n.35 avrà un percorso simile a quello attualmente presente, in modo da evitare ulteriori lavori in autorimessa, passando quindi dai garage situati nella parte centrale dell'autorimessa. La linea di distribuzione del condominio n.35, passante nelle cantine, si svilupperà con 5 stacchi in prossimità dei cavedi in modo da alimentare tutti gli appartamenti presenti all'interno dell'edificio.

Ogni alloggio presenterà:

- Un collettore di distribuzione installato in prossimità del cavedio;
- Un sistema di contabilizzazione diretta;
- Un cronotermostato ambiente che in base alla temperatura rilevata in ambiente agirà su una valvola a due vie posizionata tra colonna montante e collettore.

5.2 Interventi in centrale termica

In centrale termica, sul collettore esistente, sarà installata una nuova pompa di circolazione e un contabilizzatore a servizio della nuova linea distributiva relativa al riscaldamento del condominio 35 bis. L'attuale linea di distribuzione del condominio n.35 verrà invece sostituita da una nuova linea, munita di pompa di circolazione e contabilizzatore dedicati. Non si effettueranno invece interventi di sostituzione della sottostazione di riscaldamento o dei vasi di espansione. La centrale termica rinnovata presenterà quindi due pompe di circolazione elettroniche, a velocità variabile, installate sulle tubazioni di mandata dei due circuiti che alimenteranno il corpo n.35 e n.35-bis.

Le opere in centrale termica saranno le seguenti:

- Aggiunta di una nuova linea di distribuzione dal collettore;
- Modifica collettore esistente;
- Installazione nuova pompa di circolazione per la nuova linea;
- Dimensionamento della nuova pompa;
- Installazione di contabilizzatori su entrambe le linee di distribuzione;

5.2.1 Contabilizzazione in centrale termica

Per distinguere i reali consumi, volontari e involontari, si prescrive la contabilizzazione diretta in centrale termica sulla mandata del riscaldamento sia sulla linea del condominio n.35 che della nuova linea del n.35-bis.

L'apparecchio dovrà rispondere alla norma UNI 1434 e dovrà essere idoneo alle portate richieste dalle due dorsali di distribuzione. Per la dorsale del n.35 la portata di progetto è di 23 m³/h, mentre per il 35-bis la portata di progetto è di 5,1 m³/h.

In accordo ai dati tecnici appena descritti, si installerà sulla mandata delle linee di distribuzione un contatore tipo Woltmann, adatto per portate superiori a 3 m³/h.

Nella sottostazione di teleriscaldamento è presente un misuratore di energia termica per conteggiare i consumi del condominio, ma questo non è comunque sufficiente per distinguere i consumi del condominio n.35 e del condominio n.35-bis. Essendo l'obiettivo del progetto quello di rendere separati dal punto di vista dei consumi i due corpi, si rende necessaria l'installazione di due contabilizzatori in centrale sulle mandate delle linee di distribuzione.

5.3 Indagine attraversamenti e percorsi della nuova linea

Durante i sopralluoghi svolti è stata individuata la posizione dei cavedi di salita delle colonne montanti, senza però poterne valutare lo stato interno. I cavedi presenti nel corpo n.35-bis sono 2, posizionati agli angoli dell'edificio, lato Via Galimberti. I cavedi del corpo n.35 sono 5, 2 visibili dal lato che si affaccia verso l'edificio 35-bis e 3 dal lato opposto (Figura 5.1). Gli sportelli risultano sigillati e ciò non permette in via progettuale una valutazione certa dello stato interno dei cavedi. Al fine di valutare una corretta distribuzione, ottimizzando il passaggio dei tubi, si prescrive un'indagine conoscitiva più dettagliata per valutare lo stato dei cavedi del condominio n.35, verifica volta a valutare la presenza di eventuali ostruzioni o di materiale residuo depositato all'interno.

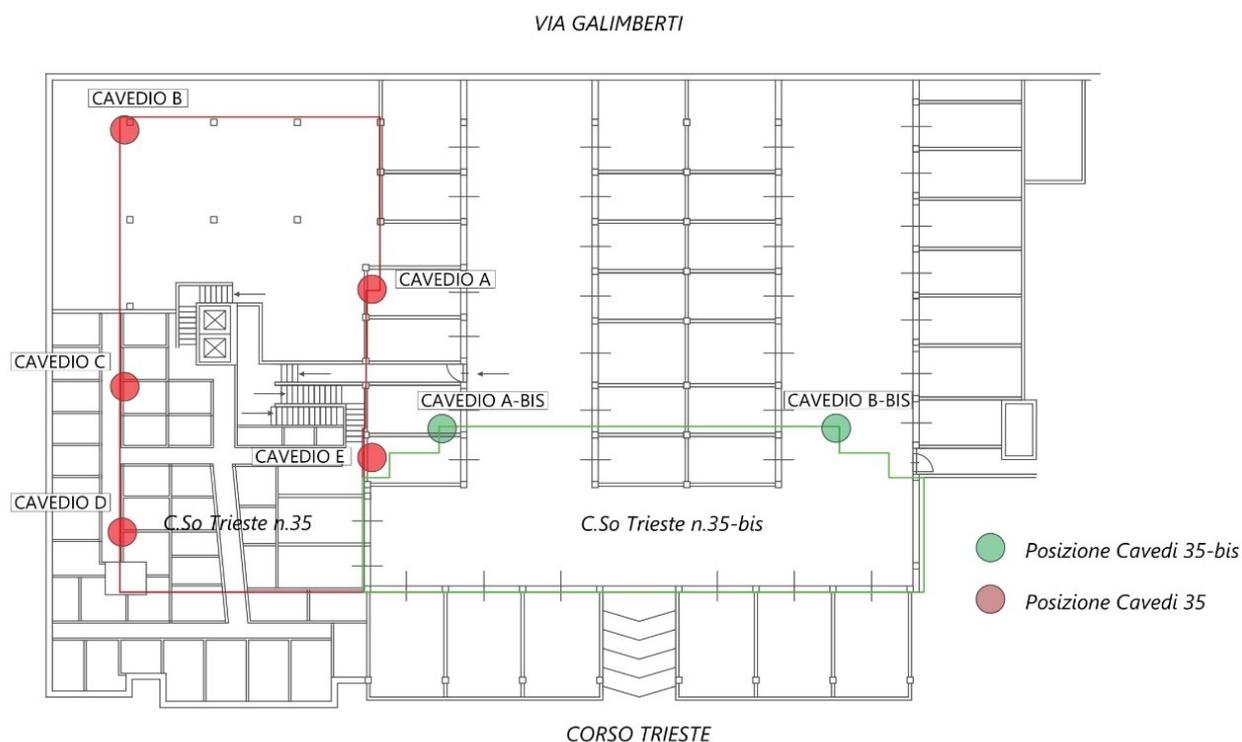


Figura 5.1 Posizione cavedi

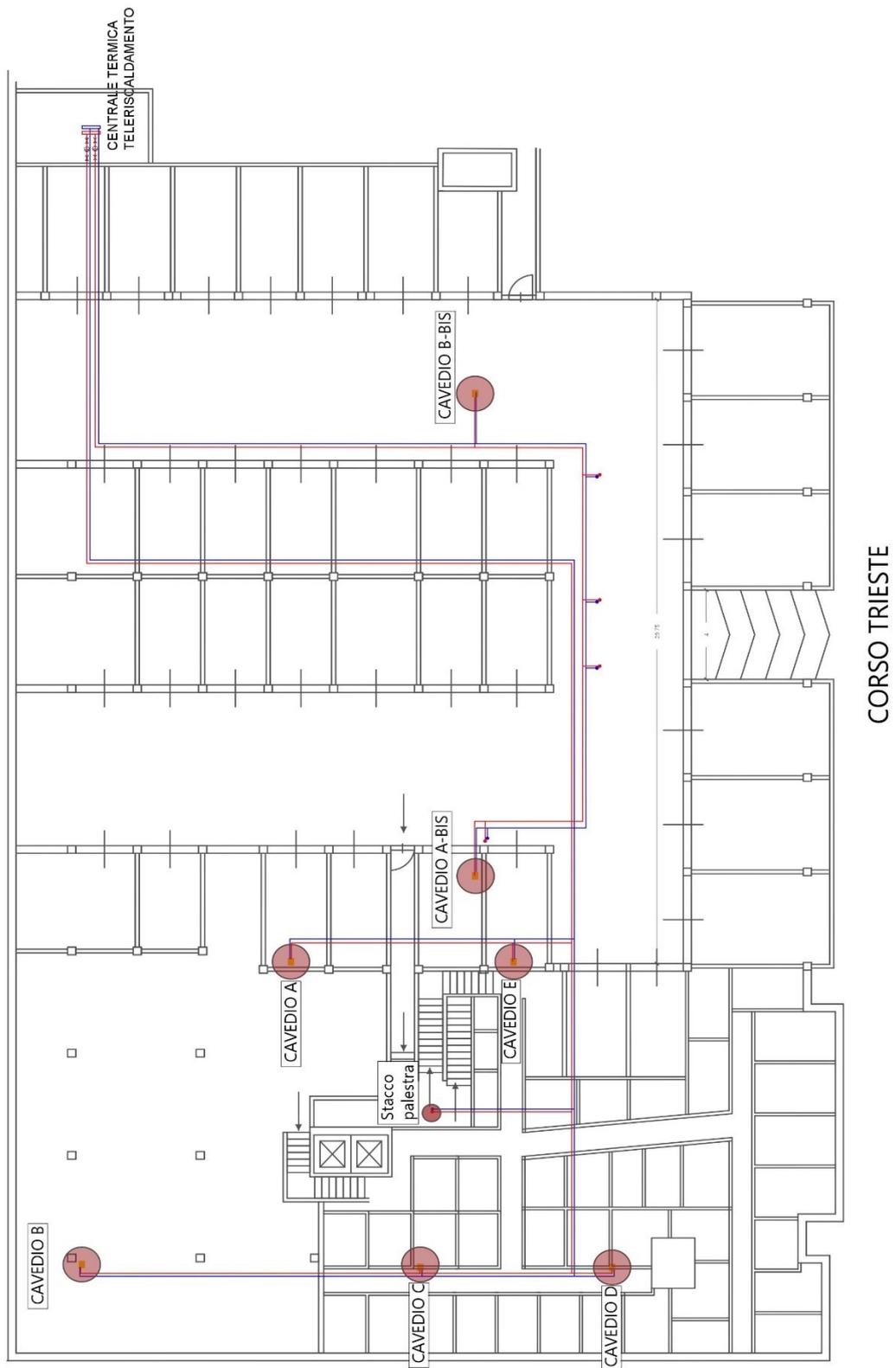


Figura 5.2 Nuova linea di distribuzione e posizione cavedi

5.4 Caratteristiche tubazioni nuova linea di distribuzione

Dalla centrale termica la nuova linea di distribuzione del 35-bis si svilupperà in autorimessa per poi alimentare i collettori presenti all'interno delle unità immobiliari attraverso 6 stacchi, 4 per i negozi e 2 per gli appartamenti al primo piano. Gli stacchi per i 4 negozi saranno in prossimità dalla zona di ingresso del garage, mentre gli stacchi dei 2 appartamenti sono previsti in prossimità dei cavedi del 35-bis.

La linea di distribuzione del 35 si svilupperà in autorimessa, sostituendo quella attuale e attraversando i garage centrali, per articolarsi successivamente nelle cantine e raggiungere infine, sempre all'interno del piano interrato, il punto di stacco dei 5 cavedi dell'edificio n.35.

Per le dorsali si prevede l'utilizzo di tubazioni in acciaio, secondo la norma EN 10255, ancorate con collari e staffe di sostegno isolate sul soffitto dell'autorimessa e comprensive di curve o derivazioni, valvole a sfera, giunzioni e saldature.

All'interno degli alloggi, si prevede l'utilizzo di tubazioni in multistrato metallico PEX-b/AL/PEX-b con coibentazione termica (Tipo Giacomini R999I). (31)

5.4.1 Coibentazione delle tubazioni

Le reti di distribuzione degli impianti di riscaldamento vanno isolate termicamente. Le coibentazioni delle tubazioni sono eseguite secondo l'allegato B del D.P.R. 412/93 e secondo legge 10/91, ove sono fissati gli spessori del materiale isolante a seconda del diametro esterno della tubazione da rivestire e della conduttività del materiale coibente, espressa in $W/(m^{\circ}C)$ alla temperatura di $40^{\circ}C$. (32)

La Figura 5.3 riporta le modalità di coibentazione delle tubazioni di distribuzione del calore, comprese quelle montanti in traccia o situate nelle intercapedini delle tamponature a cassetta, anche quando queste siano isolate termicamente. Le tubazioni di mandata e ritorno vanno coibentate separatamente.

GAMMA DEGLI SPESSORI CONFORMI ALLA LEGGE 10/91. TUBI LUNGHEZZA 2 m

Ø TUBAZIONI		CATEGORIA A - SPESSORE 100%		CATEGORIA B - SPESSORE 50%		CATEGORIA C - SPESSORE 30%	
Pollici	mm	Spessore x ø mm	mt x cartone	Spessore x ø mm	mt x cartone	Spessore x ø mm	mt x cartone
	6			9 x 6	352	6 x 6	496
	8			9 x 8	300	6 x 8	432
1/8"	10			9 x 10	266	6 x 10	364
	12			9 x 12	234	6 x 12	316
1/4"	14			9 x 14	192	6 x 14	266
	15-16	19 x 16	78	9 x 16	192	6 x 16	266
3/8"	18	19 x 18	72	9 x 18	166	6 x 18	220
1/2"	22	32 x 22	32	13 x 22	98	9 x 22	136
3/4"	28	32 x 28	24	13 x 28	78	9 x 28	98
1"	35	32 x 35	22	13 x 35	58	9 x 35	76
1,1/4"	42	40 x 42	16	19 x 42	32	13 x 42	48
1,1/2"	48	40 x 48	12	19 x 48	24	13 x 48	40
	54	40 x 54	10	19 x 54	24	13 x 54	34
	57	40 x 57	10	19 x 57	22	13 x 57	32
2"	60	50 x 60	8	25 x 60	12	19 x 60	22
2,1/2"	76	50 x 76	6	25 x 76	10	19 x 76	18
3"	89	55 x 89	4	25 x 90	8	19 x 90	14
4"	114	60 x 114	2	32 x 114	6	19 x 114	12

Categoria A: isolamento tubazioni esterne, cantine, garages, cunicoli, locali caldaia.

Categoria B: isolamento tubazioni correnti su pareti perimetrali di edifici posti verso l'interno del fabbricato.

Categoria C: isolamento tubazioni entro le strutture e non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati.

Figura 5.3 Isolamento tubazioni (fonte: Eurobatex)

5.5 Dimensionamento tubazioni n.35-bis

Nella Figura 5.4 si riporta la nuova linea di distribuzione del fluido termovettore con le indicazioni sui diametri nei vari tratti della dorsale principale, indicandone restringimenti e stacchi per i negozi e gli appartamenti situati al 35-bis.

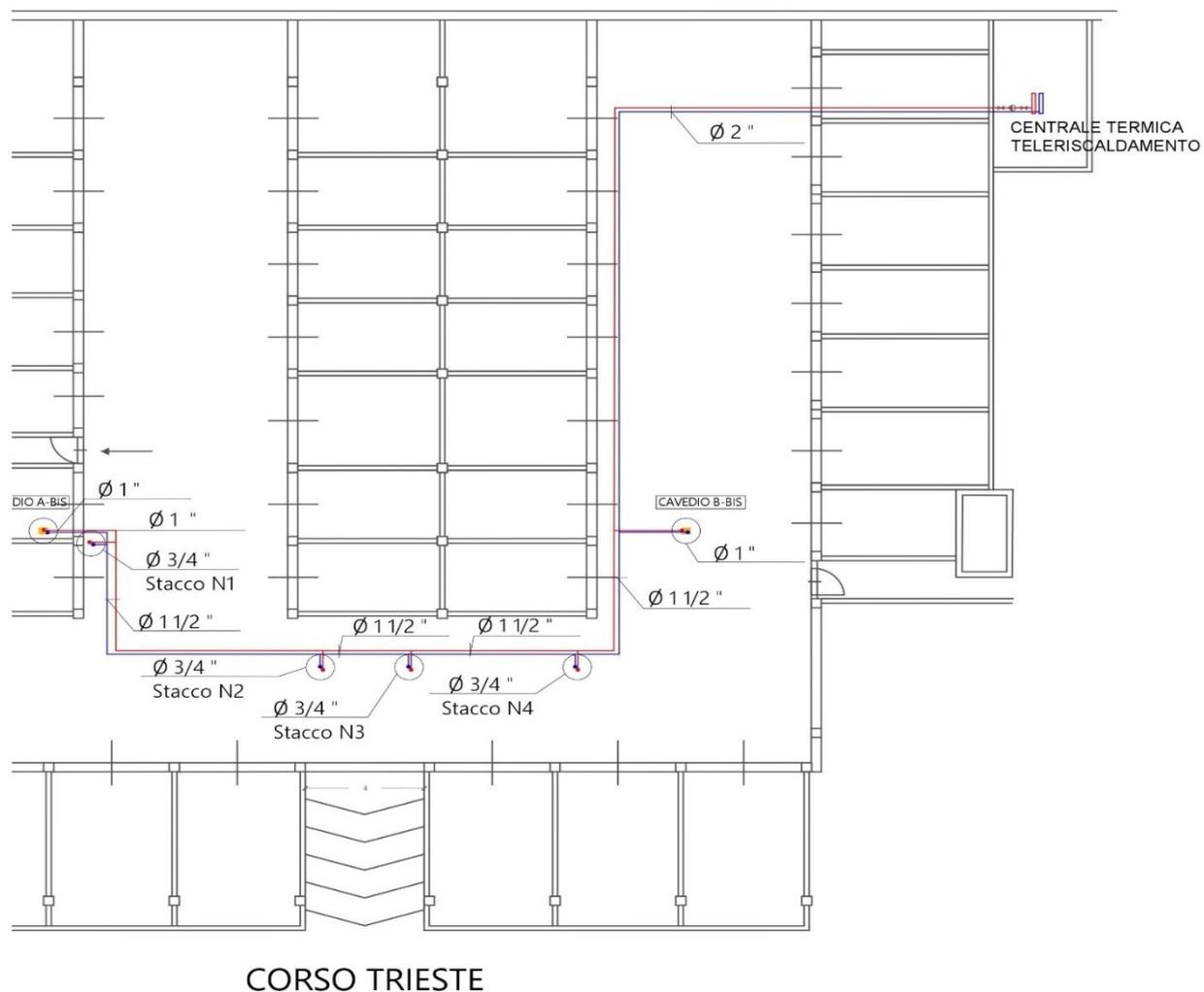


Figura 5.4 Nuova linea n.35-bis

Con il software "EdilClima EC700" sono stati ottenuti i valori di potenza in ogni zona. Il progetto prevede l'utilizzo di radiatori con salto termico di $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, visto che le temperature di progetto previste per il fluido termovettore sono $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ in ingresso e $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ in uscita dal terminale.

La scelta delle tubazioni è effettuata in base alla velocità del fluido e alle cadute di pressione, così da garantire all'interno di queste una velocità sempre accettabile del fluido termovettore.

Dimensionamento tubazioni linea 35-bis		
<i>Tratto</i>	<i>portata</i>	Φ_{int} <i>acciaio</i>
	<i>l/h</i>	<i>pollici</i> (")
Da centrale a stacco cavedio B-BIS	5131	2
stacco B-BIS	1217	1
Da Stacco B-BIS a N4	3914	1 1/2
stacco N4	817	3/4
Da stacco N4 a stacco N3	3097	1 1/2
stacco N3	595	3/4
Da stacco N3 a stacco N2	2502	1 1/2
stacco N2	595	3/4
Da stacco N2 a stacco N1	1907	1 1/2
stacco N1	816	3/4
Da stacco N1 a stacco Cavedio A-BIS	1090	1

Potenze n.35-bis		
<i>collettore</i>	<i>l/h</i>	<i>W</i>
N1	816	9490
N2	595	6920
N3	595	6920
N4	817	9500
A-BIS	1090	12680
B-BIS	1217	14150
TOTALE	5131	59660

Tabella 5.1 Dimensione tubazioni 35-bis

5.6 Dimensionamento pompa n.35-Bis

Per dimensionare le pompe di circolazione dei diversi circuiti che compongono l'impianto è necessario calcolare le perdite di carico continue e localizzate di tutti i circuiti che costituiscono l'impianto.

Le perdite di carico continue costituiscono le perdite che un fluido in moto subisce a causa delle resistenze continue, cioè per via degli attriti interni al fluido stesso e degli attriti dovuti alla rugosità del condotto.

Le perdite di carico localizzate sono le perdite che un fluido in moto, attraverso un condotto, subisce a causa delle resistenze accidentali come curve e valvole.

Le perdite di carico localizzate sono calcolate con la formula:

$$z = \frac{1}{2} * \xi * \rho * V^2$$

Dove:

Z sono le perdite di carico localizzate espresse in Pa;

ξ è un coefficiente adimensionale che dipende dalla forma della resistenza localizzata;

V è la velocità del fluido espressa in m/s;

Nel caso di perdite concentrate, si assume una velocità del fluido termovettore all'interno del circuito di 0,7 m/s.

Le tubazioni del circuito di riscaldamento sono state dimensionate con il metodo della caduta costante di pressione, imposta uguale a 11 mm c.a./m, perciò per determinare le perdite di carico continue è sufficiente moltiplicare questo valore per la lunghezza delle tubazioni. Il valore è ottenibile dal diagramma presente all'interno dei quaderni Caleffi: (33)

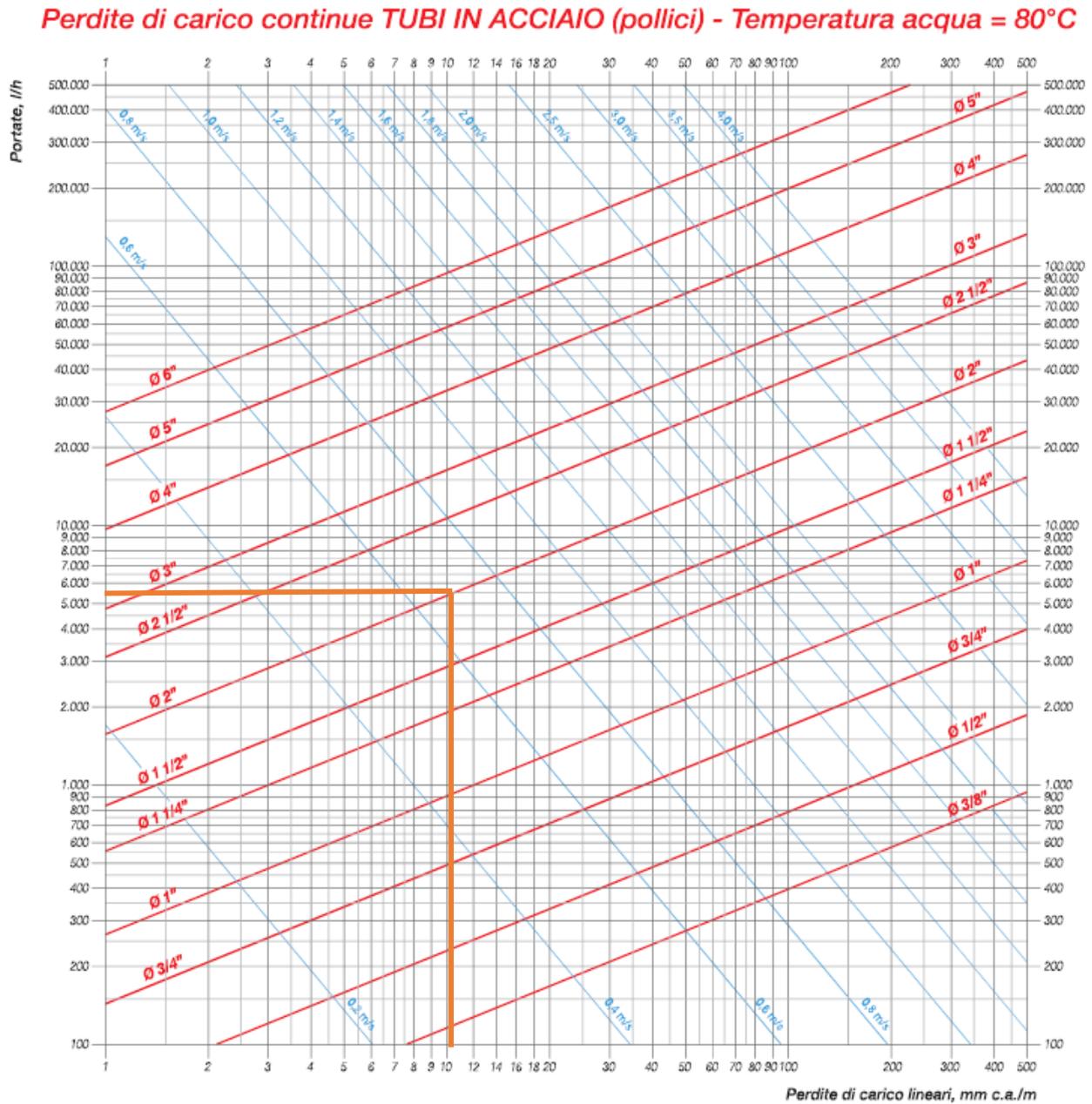


Figura 5.5 – Perdite di carico lineari (fonte: Caleffi)

In tabella sono riportate sia le perdite concentrate che le perdite continue dalla centrale al punto più svantaggiato dell'impianto, ovvero il collettore presente nell'appartamento A-BIS.

Cadute di pressione linea di distribuzione n.35-bis						
tratto	portata	Coeff	Dim.	Lung.	ΔP	ΔP
	l/h	ξ		m	mmca	Pa
Da centrale a stacco B-BIS	5131		2"	28	308	3080
curva		0,8		\	\	
stacco		1		\	\	
riduttore		0,5		\	\	
Da B-BIS a N4	3914		1 1/2"	2,8	30,8	308
stacco		1		\	\	
Da N4 a N3	3097		1 1/2"	3	33	330
curva		1		\	\	
stacco		1		\	\	
Da N3 a N2	2502		1 1/2"	13	143	1430
stacco		1		\	\	
riduttore		0,5		\	\	
Da N2 a N1	1907		1 1/2"	3	33	330
curva		1		\	\	
stacco		1		\	\	
riduttore		0,5		\	\	
Da N1 a A-BIS	1090		1"	5,5	60,5	605
curva		1,5		\	\	
salita a primo piano				\	100	1000
collettore A-BIS			1"	\	1500	15000
TOT ξ		10,8				
TOT perdite continue					708,3	7083

Tabella 5.2 Calcolo perdite di carico linea di distribuzione 35-bis

Le perdite concentrate saranno allora calcolate nel seguente modo:

$$z = \frac{1}{2} * \xi * \rho * V^2 = \frac{1}{2} * 10,8 * 1000 * 0,7^2 = 2646 Pa$$

La lunghezza totale della linea di distribuzione è di 110 m, comprensiva di mandata e ritorno. Nella Tabella 5.2 sopra sono state indicate le perdite continue (evidenziate in giallo) e concentrate relative alla sola mandata del circuito, queste dovranno quindi essere moltiplicate per due così da ottenere le perdite totali del circuito. Le perdite vengono quindi riassunte nella tabella seguente, utilizzando un fattore di sicurezza ipotizzato pari a 1,4.

La perdita al collettore è stata ipotizzata pari a 1500 mm c.a. in accordo con i dati forniti dal produttore dei collettori e con i calcoli suggeriti nella scheda tecnica.

Riassunto perdite di carico		
Perdite di carico continue	14166	Pa
Perdite di carico concentrate	20292	Pa
Totale perdite di carico (senza fattore di sicurezza)	34458	Pa
Totale perdite di carico (con fattore di sicurezza)	48241	Pa
Prevalenza Pompa di circolazione	4824	mmc.a.
Prevalenza Pompa di circolazione	4,8	mc.a.

Tabella 5.3 Riassunto perdite di carico 35-bis

La nuova linea di distribuzione del 35 bis dovrà essere alimentata da una elettropompa avente prevalenza di almeno 5 m e portata 5 m³/h. Si prevede quindi l'installazione di una pompa "Grundfos Magna 3 32-100" (P_{max}=180 W), adatta alle caratteristiche appena citate. (34)

5.7 Dimensionamento tubazioni n.35

In Figura 5.5 è rappresentato il percorso della linea di distribuzione del fluido termovettore per l'edificio n.35. Sono indicati i cavedi da cui poi partiranno gli stacchi per alimentare le unità presenti sulla rispettiva colonna.

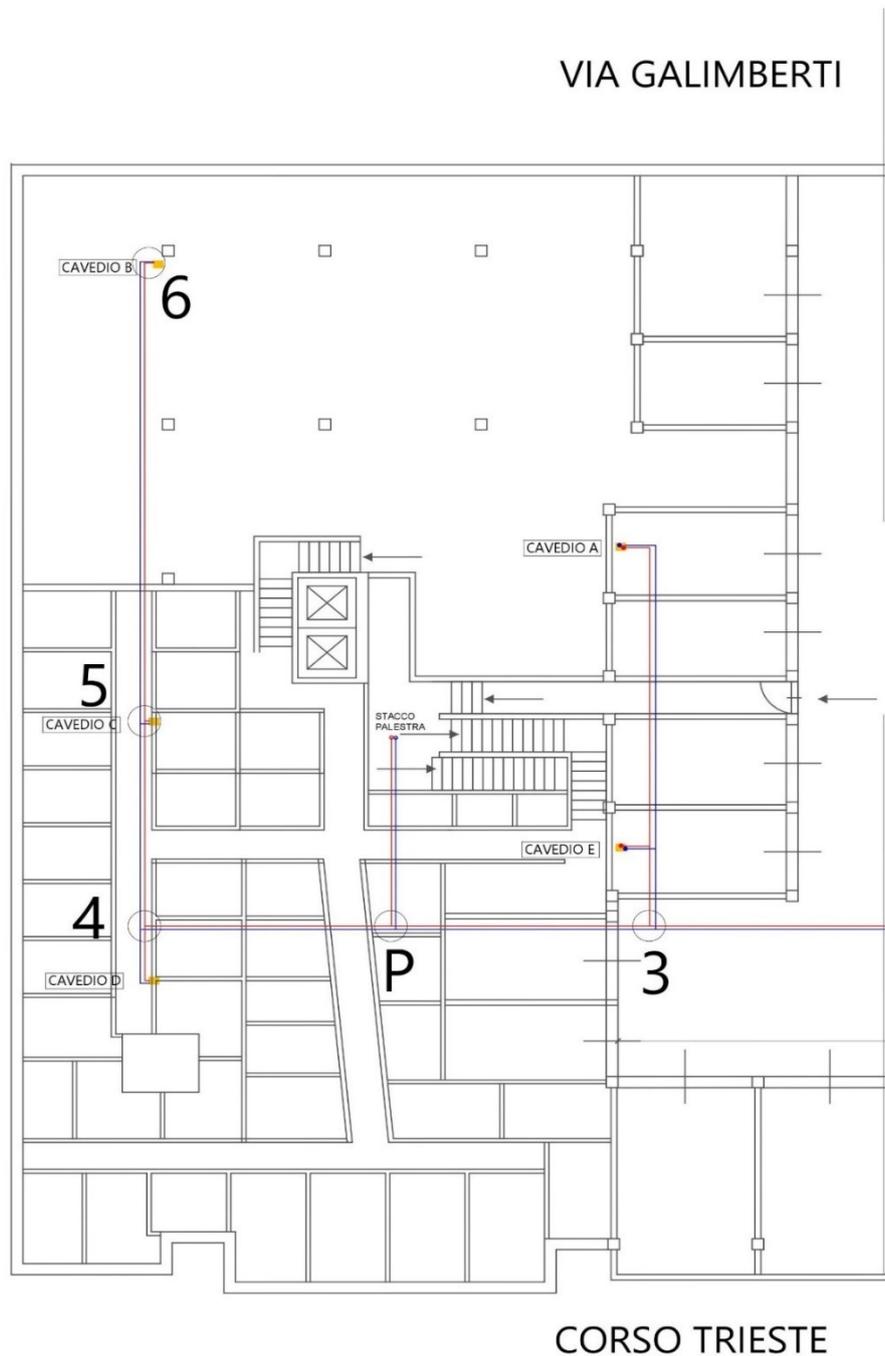


Figura 5.6 Pianta linea distribuzione n.35

COLONNA B

DIMENSIONE TUBAZIONI SULLA COLONNA B		
<i>Tratto</i>	<i>portata</i>	Φ int acciaio
	<i>l/h</i>	"
0-PT	5257	2
stacco PT	543	3/4
PT-1	4715	2
stacco 1	460	3/4
1-2	4254	1 1/2
stacco 2	504	3/4
2-3	3750	1 1/2
stacco 3	504	3/4
3-4	3247	1 1/2
stacco 4	444	3/4
4-5	2803	1 1/2
stacco 5	599	3/4
5-6	2203	1 1/4
stacco 6	599	3/4
6-7	1604	1 1/4
stacco 7	599	3/4
7-8	1004	1
stacco 8	1004	1

<i>collettore</i>	<i>l/h</i>	<i>W</i>
B-PT	543	6310
B1	460	5350
B2	504	5860
B3	504	5860
B4	444	5160
B5	599	6970
B6	599	6970
B7	599	6970
B8	1004	11680
TOTALE	5257	61130

Tabella 5.6 Dimensioni tubazioni e Potenze Colonna B

COLONNA C

DIMENSIONE TUBAZIONI SULLA COLONNA C		
<i>Tratto</i>	<i>portata</i>	Φ int acciaio
	<i>l/h</i>	"
0-PT	2473	1 1/4
stacco PT	0	0
PT-1	2473	1 1/4
stacco 1	477	3/4
1-2	1995	1 1/4
stacco 2	372	3/4
2-3	1623	1 1/4
stacco 3	370	3/4

<i>collettore</i>	<i>l/h</i>	<i>W</i>
C-PT		0
C1	477	5550
C2	372	4330
C3	370	4300
C4	336	3910
C5	297	3450
C6	372	4330
C7	248	2880
C8		0
TOTALE	2473	28750

3-4	1253	1
stacco 4	336	3/4
4-5	917	1
stacco 5	297	3/4
5-6	620	3/4
stacco 6	372	3/4
6-7	248	1/2
stacco 7	248	1/2
7-8	\	\
stacco 8	\	\

Tabella 5.7 Dimensioni tubazioni e Potenze Colonna C

COLONNA D		
DIMENSIONE TUBAZIONI SULLA COLONNA D		
<i>Tratto</i>	<i>portata</i>	Φ int acciaio
	<i>l/h</i>	"
0-PT	4803	1 1/2
stacco PT	0	0
PT-1	4803	1 1/2
stacco 1	747	3/4
1-2	4056	1 1/2
stacco 2	470	3/4
2-3	3585	1 1/2
stacco 3	313	1/2
3-4	3272	1 1/2
stacco 4	616	3/4
4-5	2657	1 1/2
stacco 5	569	3/4
5-6	2087	1 1/4
stacco 6	526	3/4
6-7	1561	1 1/4
stacco 7	430	3/4
7-8	1131	1
stacco 8	1131	1

<i>collettore</i>	<i>l/h</i>	<i>W</i>
D-PT	0	0
D1	747	8690
D2	470	5470
D3	313	3640
D4	616	7160
D5	569	6620
D6	526	6120
D7	430	5000
D8	1131	13150
TOTALE	4803	55850

Tabella 5.8 Dimensioni Tubazioni e Potenze Colonna D

COLONNA E

DIMENSIONE TUBAZIONI SULLA COLONNA E			<i>collettore</i>	<i>l/h</i>	<i>W</i>
<i>Tratto</i>	<i>portata</i>	Φ <i>int acciaio</i>	E-PT		0
	<i>l/h</i>	<i>"</i>	E1	775	9010
			E2	556	6460
0-PT	4920	1 1/2	E3	778	9050
stacco PT	0	0	E4	343	3990
PT-1	4920	1 1/2	E5	489	5690
stacco 1	775	3/4	E6	513	5960
1-2	4145	1 1/2	E7	617	7180
stacco 2	556	3/4	E8	849	9870
2-3	3590	1 1/2	TOTALE	4920	57210
stacco 3	778	3/4			
3-4	2811	1 1/2			
stacco 4	343	1/2			
4-5	2468	1 1/2			
stacco 5	489	3/4			
5-6	1979	1			
stacco 6	513	3/4			
6-7	1466	1			
stacco 7	617	3/4			
7-8	849	1			
stacco 8	849	1			

Tabella 5.9 Dimensioni tubazioni e Potenze Colonna E

<i>Collettore</i>	<i>l/h</i>	<i>W</i>
Palestra	1341	15594

Tabella 5.10 Potenze Palestra

5.8 Dimensionamento pompa n.35

Per il dimensionamento della pompa di circolazione si è seguito lo stesso procedimento eseguito per il dimensionamento della pompa del circuito 35-bis, con il calcolo delle perdite continue e concentrate.

Le tubazioni del circuito di riscaldamento sono state dimensionate con il metodo della caduta costante di pressione, imposta uguale a 11 mm c.a./m, perciò per determinare le perdite di carico continue è sufficiente moltiplicare questo valore per la lunghezza delle tubazioni.

In tabella sono riportate sia le perdite concentrate che le perdite continue (evidenziate in giallo) dalla centrale termica al punto più svantaggiato dell'impianto, ovvero il collettore presente all'ottavo piano del cavedio B.

La caduta di pressione piano per piano è stata posta uguale a 100 mm c.a., mentre la caduta di pressione al collettore, come per l'unità immobiliare presente al 35-bis è stata stabilita uguale a 1500 mm c.a.

Cadute di pressione linea di distribuzione n.35						
tratto	portata	Coeff	Dim.	Lung.	ΔP	ΔP
	l/h	ξ	"	m	mmca	Pa
0-3	22980		3"	55	880	8800
curva		0,8				
curva		0,8				
stacco		1				
riduttore		0,5				
3-P	13874		2 1/2"	7,5	120	1200
stacco		1				0
P-4	12533		2 1/2"	7,3	116,8	1168
doppia diramazione		3				
curva		0,8				
riduttore		0,5				
4-5	7730		2"	6,3	100,8	1008
stacco		1				
5-6	5257		2"	14	224	2240
salita a PT					100	1000
stacco PT		1				
salita a P8					800	8000
stacchi piano		8				
Collettore P8					1500	15000
TOT ξ		18,4				
TOT perdite continue					2241	22416

Tabella 5.11 Calcoli cadute di pressione pompa n.35

La lunghezza totale della dorsale di distribuzione del corpo n.35 è di 180 m, comprensiva di mandata e ritorno. Nella tabella sopra sono state indicate le perdite continue e concentrate relative alla sola mandata del circuito, queste dovranno quindi essere moltiplicate per due così da ottenere le perdite totali del circuito. Le perdite vengono quindi riassunte nella tabella seguente, utilizzando un fattore di sicurezza ipotizzato pari a 1,4.

Riassunto perdite di carico		
Perdite di carico continue	38832	Pa
Perdite di carico concentrate	24016	Pa
Totale perdite di carico (senza fattore di sicurezza)	62848	Pa
Totale perdite di carico (con fattore di sicurezza)	87987	Pa
Prevalenza Pompa di circolazione	8798,7	mmc.a.
Prevalenza Pompa di circolazione	8,8	mc.a.

Tabella 5.12 Riassunto perdite di carico

La linea di distribuzione del 35 dovrà essere alimentata da una elettropompa avente prevalenza di almeno 9 m e portata 23 m³/h. In questo caso può essere mantenuta una delle due pompe già installate nell'impianto, cioè la pompa "DAB EVOPLUS 120/340.65M" (23), in accordo con i calcoli appena svolti sulle cadute di pressione affinché il fluido termovettore raggiunga il punto più sfavorito dell'impianto.

5.9 Collettori

Si prevede l'installazione del collettore in prossimità del cavedio (collettore tipo "Caleffi serie 663" o similari), in ogni unità immobiliare. La posizione del collettore sarà valutata in sede di installazione.

Il collettore di distribuzione viene utilizzato per il controllo e la distribuzione del fluido termovettore, esso garantisce precisione nel controllo della regolazione della portata ai singoli circuiti, l'intercettazione degli stessi e ingombri ridotti. Il collettore avrà numero di derivazioni variabile a seconda dei terminali presenti nell'appartamento (il collettore può avere da 3 a 13 derivazioni). (35)

5.10 Sostituzione terminali

Nel progetto si prevede la sostituzione dei terminali presenti, ovvero termoconvettori ormai datati e poco efficienti, con dei termosifoni. Il modello di termosifone proposto è il “Zehnder Charleston Retrofit 5069” a 5 colonne. È stato scelto un terminale con caratteristiche geometriche adatte all’installazione all’interno degli appartamenti, infatti l’altezza del sottofinestra è di circa 90 cm, mentre il modello scelto è alto 68,5 cm. (36)

Il radiatore tubolare, in acciaio, ha potenza termica certificata secondo la normativa EN 442:

$$\Phi_s=111 \text{ W/elemento}$$

Le ipotesi di funzionamento dell’impianto, ovvero temperatura di mandata e ritorno del fluido termovettore, salto termico e potenza del singolo elemento sono proposte nella seguente tabella. Le temperature di progetto per il circuito secondario, quindi il salto termico su ogni termosifone, sono state imposte in accordo ai dati proposti dal distributore della rete di teleriscaldamento, ovvero una temperatura massima di funzionamento dell’impianto interno di 80 °C e una temperatura massima di ritorno di 65-68 °C. Tale prescrizione è legata all’esigenza di garantire una temperatura massima di ritorno sulla rete di teleriscaldamento di 70 °C. (21)

ZEHNDER CHARLESTON RETROFIT <i>Modello 5069</i> 5 COLONNE		
Temperatura di mandata	75	°C
Temperatura di ritorno	65	°C
Velocità massima fluido	0,7	m/s
ΔT acqua	10	°C
ΔT radiatore	50	°C
Potenza termica elemento Φ_s	111	W/elemento

Tabella 5.13 Condizioni di progetto terminale

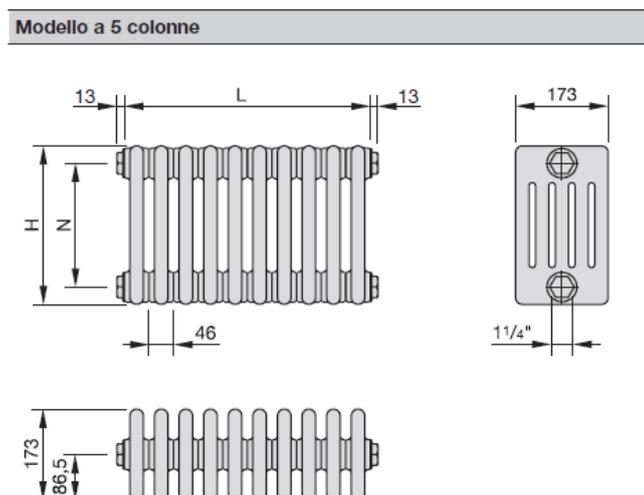


Figura 5.7 Caratteristiche geometriche terminale

In seguito all'analisi dell'edificio con "EdilClima EC700" si riportano le potenze necessarie in ogni stanza, il numero di terminali installati nel singolo ambiente, il numero di elementi e quindi la portata di fluido termovettore nelle condizioni di progetto, con salto termico di 10°C.

DIMENSIONAMENTO TERMINALI UNITA' 35-BIS						
	Dati Potenza			Radiatori		
	zona	Potenza <i>W</i>	Portata <i>l/h</i>	radiatori	elementi	larghezza radiatore <i>(cm)</i>
N1	ufficio	6140,0	528	3	19	90
	retro	1430,0	123	1	13	62
	bagno	1920,0	165	1	18	85
N2	ufficio	3730,0	321	1	34	159
	retro	1340,0	115	1	13	62
	bagno	1850,0	159	1	17	81
N3	ufficio	3730,0	321	1	34	159
	retro	1340,0	115	1	13	62
	bagno	1850,0	159	1	17	81
N4	ufficio	6140,0	528	3	19	90
	retro	1440,0	124	1	13	62
	bagno	1920,0	165	1	18	85
A-BIS	soggiorno	4000,0	344	2	19	90
	camera 1	2910,0	250	1	27	127
	bagno 1	720,0	62	1	7	35
	camera 2	1220,0	105	1	11	53
	bagno 2	810,0	70	1	8	39
	cucina	670,0	58	1	7	35
	tinello	810,0	70	1	8	39
	corridoio	670,0	58	1	7	35
	terrazzo	870,0	75	1	8	39
B-BIS	soggiorno	5130,0	441	2	24	113
	camera 1	2910,0	250	1	27	127
	bagno 1	850,0	73	1	8	39
	camera 2	1430,0	123	1	13	62
	bagno 2	810,0	70	1	8	39
	cucina	670,0	58	1	7	35
	tinello	810,0	70	1	8	39
	corridoio	670,0	58	1	7	35
	terrazzo	870,0	75	1	8	39

Tabella 5.14 Dimensionamento terminali 35-bis

DIMENSIONAMENTO TERMINALI COLONNA A 35						
	Dati Potenza			Radiatore		
	<i>zona</i>	<i>Potenza W</i>	<i>Portata l/h</i>	<i>radiatori</i>	<i>elementi</i>	<i>larghezza radiatore (cm)</i>
<i>A-PIANO TERRA</i>	cucina	2230	192	1	20	95
	bagno	780	67	1	7	35
	camera 1	1370	118	1	12	59
	corridoio	300	26	1	3	15
<i>A-PRIMO PIANO</i>	cucina	1760	151	1	16	76
	bagno	610	52	1	5	28
	camera 1	870	75	1	8	39
	camera 2	1690	145	1	15	73
	corridoio	240	21	1	2	13
<i>A-SECONDO PIANO</i>	cucina	880	76	1	8	39
	bagno	710	61	1	6	32
	camera 1	1180	101	1	11	52
	camera 2	1970	169	1	18	84
	corridoio	250	22	1	2	13
	tinello	1070	92	1	10	47
<i>A-TERZO PIANO</i>	cucina	880	76	1	8	39
	bagno	710	61	1	6	32
	camera 1	1180	101	1	11	52
	camera 2	1970	169	1	18	84
	corridoio	250	22	1	2	13
	tinello	1070	92	1	10	47
<i>A-QUARTO PIANO</i>	cucina	780	67	1	7	35
	bagno	650	56	1	6	30
	camera 1	990	85	1	9	44
	camera 2	1690	145	1	15	73
	corridoio	250	22	1	2	13
	tinello	960	83	1	9	42
<i>A-QUINTO PIANO</i>	cucina	880	76	1	8	39
	bagno	710	61	1	6	32
	camera 1	1180	101	1	11	52
	corridoio	250	22	1	2	13
	tinello	1070	92	1	10	47
<i>A-SESTO PIANO</i>	cucina	880	76	1	8	39
	bagno	710	61	1	6	32
	camera 1	1180	101	1	11	52
	corridoio	250	22	1	2	13
	tinello	1070	92	1	10	47
<i>A-SETTIMO PIANO</i>	cucina	880	76	1	8	39
	bagno	710	61	1	6	32
	camera 1	1180	101	1	11	52
	corridoio	250	22	1	2	13
	tinello	1070	92	1	10	47
<i>A-OTTAVO PIANO</i>	cucina	980	84	1	9	43
	bagno	980	84	1	9	43
	camera 1	1900	163	1	17	81
	camera 2	2590	223	1	23	110
	corridoio	850	73	1	8	38
	tinello	1820	157	1	16	78

Tabella 5.15 Dimensionamento terminali Colonna A

DIMENSIONAMENTO TERMINALI COLONNA B						
	Dati Potenza			Radiatore		
	zona	Potenza W	Portata l/h	radiatori	elementi	larghezza radiatore (cm)
<i>B-PIANO TERRA</i>	cucina	2440	210	1	22	104
	corridoio	440	38	1	4	21
	camera 1	1760	151	1	16	76
	bagno	680	58	1	6	31
	camera 2	990	85	1	9	44
<i>B-PRIMO PIANO</i>	cucina	550	47	1	5	25
	bagno	1240	107	1	11	54
	camera 1	1150	99	1	10	50
	camera 2	840	72	1	8	37
	corridoio	300	26	1	3	15
	soggiorno	1270	109	1	11	55
<i>B-SECONDO PIANO</i>	cucina	810	70	1	7	36
	tinello	1350	116	1	12	59
	bagno	770	66	1	7	35
	camera 1	1210	104	1	11	53
	camera 2	1470	126	1	13	64
	corridoio	250	22	1	2	13
<i>B-TERZO PIANO</i>	cucina	810	70	1	7	36
	tinello	1350	116	1	12	59
	bagno	770	66	1	7	35
	camera 1	1210	104	1	11	53
	camera 2	1470	126	1	13	64
	corridoio	250	22	1	2	13
<i>B-QUARTO PIANO</i>	cucina	750	65	1	7	34
	tinello	1150	99	1	10	50
	bagno	710	61	1	6	32
	camera 1	1010	87	1	9	44
	camera 2	1290	111	1	12	56
	corridoio	250	22	1	2	13
	cucina 2	740	64	1	7	33
	bagno 2	680	58	1	6	31
	tinello 2	620	53	1	6	28
	camera 3	1470	126	1	13	64
	corridoio 2	400	34	1	4	19
<i>B-QUINTO PIANO</i>	cucina	1460	126	1	13	63
	bagno 1	690	59	1	6	31
	studio	780	67	1	7	35
	bagno 2	610	52	1	5	28
	corridoio	330	28	1	3	16
	soggiorno	1380	119	1	12	60
	camera	1720	148	1	15	74
<i>B-SESTO PIANO</i>	cucina	1460	126	1	13	63
	bagno 1	690	59	1	6	31
	studio	780	67	1	7	35
	bagno 2	610	52	1	5	28
	corridoio	330	28	1	3	16
	soggiorno	1380	119	1	12	60
	camera	1720	148	1	15	74
<i>B-SETTIMO PIANO</i>	cucina	1460	126	1	13	63
	bagno 1	690	59	1	6	31
	studio	780	67	1	7	35

	bagno 2	610	52	1	5	28
	corridoio	330	28	1	3	16
	soggiorno	1380	119	1	12	60
	camera	1720	148	1	15	74
<i>B-OTTAVO PIANO</i>	cucina	980	84	1	9	43
	tinello	1970	169	1	18	84
	bagno	1120	96	1	10	49
	salotto	1920	165	1	17	82
	camera 2	2260	194	1	20	96
	corridoio	890	77	1	8	39
	camera 1	2540	218	1	23	108

Tabella 5.16 Dimensionamento terminali Colonna B

DIMENSIONAMENTO TERMINALI COLONNA C						
	Dati Potenza			Radiatore		
	<i>zona</i>	<i>Potenza W</i>	<i>Portata l/h</i>	<i>radiatori</i>	<i>elementi</i>	<i>larghezza radiatore (cm)</i>
<i>C-PRIMO PIANO</i>	cucina	1730	149	1	16	74
	bagno	620	53	1	6	28
	veranda	1810	156	1	16	78
	camera 1	1160	100	1	10	51
	corridoio	230	20	1	2	12
<i>C-SECONDO PIANO</i>	cucina	810	70	1	7	36
	bagno	740	64	1	7	33
	tinello	730	63	1	7	33
	camera 1	1650	142	1	15	71
	corridoio	400	34	1	4	19
<i>C-TERZO PIANO</i>	cucina	720	62	1	6	32
	tinello	570	49	1	5	26
	camera 1	600	52	1	5	27
	bagno 1	960	83	1	9	42
	studio	1440	124	1	13	62
	corridoio 1	500	43	1	5	23
	corridoio 2	260	22	1	2	13
	salotto	2090	180	1	19	89
<i>C-QUINTO PIANO</i>	cucina	1120	96	1	10	49
	bagno	650	56	1	6	30
	camera 1	1280	110	1	12	56
	corridoio	400	34	1	4	19
<i>C-SESTO PIANO</i>	cucina	810	70	1	7	36
	bagno	740	64	1	7	33
	tinello	730	63	1	7	33
	camera 1	1650	142	1	15	71
	corridoio	400	34	1	4	19
<i>C-SETTIMO PIANO</i>	cucina	1000	86	1	9	44
	camera 1	600	52	1	5	27
	bagno 1	1650	142	1	15	71
	bagno 2	720	62	1	6	32
	camera 2	1060	91	1	10	47
	salotto	2090	180	1	19	89
	corridoio 1	500	43	1	5	23
corridoio 2	260	22	1	2	13	

Tabella 5.17 Dimensionamento terminali colonna C

DIMENSIONAMENTO TERMINALI COLONNA D						
	Dati Potenza			Radiatore		
	<i>zona</i>	<i>Potenza W</i>	<i>Portata l/h</i>	<i>radiatori</i>	<i>elementi</i>	<i>larghezza radiatore (cm)</i>
<i>D-PRIMO PIANO</i>	cucina	1480	127	1	13	64
	bagno	670	58	1	6	30
	camera 1	2270	195	1	20	97
	camera 2	1840	158	1	17	79
	camera 3	2090	180	1	19	89
	corridoio	340	29	1	3	17
<i>D-SECONDO PIANO</i>	cucina	810	70	1	7	36
	tinello	580	50	1	5	27
	bagno	680	58	1	6	31
	camera 1	1660	143	1	15	71
	camera 2	1450	125	1	13	63
	corridoio	290	25	1	3	15
<i>D-QUARTO PIANO</i>	cucina	690	59	1	6	31
	tinello	580	50	1	5	27
	bagno	680	58	1	6	31
	camera 1	1700	146	1	15	73
	camera 2	1450	125	1	13	63
	corridoio	310	27	1	3	15
	camera 3	1750	151	1	16	75
<i>D-QUINTO PIANO</i>	lavanderia	1500	129	1	14	65
	cucina	1000	86	1	9	44
	bagno	680	58	1	6	31
	camera 1	1700	146	1	15	73
	camera 2	1450	125	1	13	63
	corridoio	290	25	1	3	15
<i>D-SESTO PIANO</i>	cucina	760	65	1	7	34
	tinello	690	59	1	6	31
	bagno	730	63	1	7	33
	camera 1	1930	166	1	17	83
	camera 2	1720	148	1	15	74
	corridoio	290	25	1	3	15
<i>D-OTTAVO PIANO</i>	camera 1	1850	159	1	17	79
	bagno 1	1920	165	1	17	82
	camera 2	2180	187	1	20	93
	bagno 2	1080	93	1	10	47
	salotto	6120	526	2	28	129
	studio	2340	201	1	21	100
	cucina	2880	248	1	26	122
	bagno 3	830	71	1	7	37
	camera 3	2460	212	1	22	105
	ingresso	1360	117	1	12	59

Tabella 5.18 Dimensionamento terminali colonna D

DIMENSIONAMENTO TERMINALI COLONNA E						
	Dati Potenza			Radiatore		
	zona	Potenza W	Portata l/h	radiatori	elementi	larghezza radiatore (cm)
<i>E-PRIMO PIANO</i>	cucina	610	52	1	5	28
	soggiorno	1850	159	1	17	79
	bagno	730	63	1	7	33
	camera 3	1000	86	1	9	44
	camera 2	1220	105	1	11	53
	camera 1	2550	219	1	23	108
	corridoio	1050	90	1	9	46
<i>E-SECONDO PIANO</i>	cucina	950	82	1	9	42
	tinello	1110	95	1	10	49
	bagno	780	67	1	7	35
	camera 1	1410	121	1	13	61
	camera 2	1930	166	1	17	83
	corridoio	280	24	1	3	14
<i>E-TERZO PIANO</i>	bagno 1	920	79	1	8	41
	camera 1	1110	95	1	10	49
	bagno 2	780	67	1	7	35
	cucina	2270	195	1	20	97
	camera 2	1930	166	1	17	83
	corridoio	270	23	1	2	14
	camera 3	1770	152	1	16	76
<i>E-QUARTO PIANO</i>	cucina	770	66	1	7	35
	tinello	1000	86	1	9	44
	bagno	720	62	1	6	32
	camera 1	1220	105	1	11	53
	corridoio	280	24	1	3	14
<i>E-QUINTO PIANO</i>	cucina	770	66	1	7	35
	tinello	1000	86	1	9	44
	bagno	720	62	1	6	32
	camera 1	1220	105	1	11	53
	camera 2	1700	146	1	15	73
	corridoio	280	24	1	3	14
<i>E-SESTO PIANO</i>	cucina	870	75	1	8	39
	tinello	1110	95	1	10	49
	bagno	780	67	1	7	35
	camera 1	1220	105	1	11	53
	camera 2	1700	146	1	15	73
	corridoio	280	24	1	3	14
<i>E-SETTIMO PIANO</i>	cucina	770	66	1	7	35
	tinello	1000	86	1	9	44
	bagno	720	62	1	6	32
	camera 1	1220	105	1	11	53
	camera 2	1700	146	1	15	73
	corridoio	280	24	1	3	14
	camera 3	1490	128	1	13	64

Tabella 5.19 Dimensionamento terminali colonna E

5.11 Contabilizzazione e termoregolazione riscaldamento nei singoli appartamenti

Sistema di contabilizzazione

Si prevede una contabilizzazione diretta per ogni alloggio secondo la Norma UNI 1434. Questa norma specifica le modalità di installazione, messa in servizio, controllo e manutenzione dei contatori di calore, cioè degli strumenti destinati alla misurazione del calore che, in un circuito di scambio termico, è assorbito o ceduto dal fluido termovettore.

I contatori diretti saranno posizionati in uscita dai cavedi, prima del collettore di ogni alloggio. Il contatore scelto, marca Caleffi, è il contatore “Conteca”, particolarmente indicato per la misurazione dei consumi termici in edifici adibiti ad uso civile. (37)

Installazione di contatori di calore dinamico, con Kit composto da:

- Unità di calcolo Sensonic II (o similare) dotato di microprocessore alimentato a batteria;
- Contatore volumetrico di adeguato diametro;
- Pozzetti, tronchetti per installazione termosonde;
- Coppia di termosonde;

Valvole termostatiche

Si dispone l'installazione di valvole termostatiche su ogni singolo radiatore. Questo sistema consente di regolare la temperatura nei singoli ambienti abitati o, perlomeno, di tutti gli ambienti dotati di radiatori con valvole termostatiche.

Una volta impostata la posizione di regolazione, la testa termostatica garantisce automaticamente il mantenimento del comfort ottimale. Ogni variazione di temperatura in ambiente determina il movimento del meccanismo interno con apertura o chiusura della valvola; in questo modo si può modulare costantemente la corretta portata d'acqua che deve entrare nel corpo scaldante, ottenendo contemporaneamente un elevato comfort e un sensibile risparmio energetico.

Ogni elemento radiante interno al fabbricato dovrà essere dotato di valvola termostatica a bassa inerzia termica secondo Norma UNI EN 215, come da D.lgs 311/2006 e D.M. 19/02/2007, (Caleffi, Giacomini, ecc.).

La regolazione sarà effettuata sulla singola valvola termostatica dall'utente, in maniera manuale.

Il sistema di termoregolazione con elementi radianti sarà composto da:

- corpo valvola opportunamente preregolata;
- testa termostatica;
- detentore.

Cronotermostato in ambiente

All'interno dell'alloggio si prevede l'installazione di un cronotermostato con sonda esterna, posizionato opportunamente in un ambiente non soggetto a elevati sbalzi termici, che rileva la temperatura e, confrontandola con il set point, valuta se disattivare o meno il flusso di fluido termovettore proveniente dall'impianto centralizzato. Il cronotermostato inoltre, essendo programmabile, si occupa della regolazione dell'impianto durante la giornata.

Si dispone l'installazione in ogni alloggio di:

- Valvola di regolazione di flusso
- Attuatore elettrotermico

Il cronotermostato ambiente andrà ad agire elettronicamente su un organo idraulico, ovvero una valvola a due vie, posizionata prima del collettore di mandata, che porterà all'interruzione della portata di fluido termovettore. Così, anche in assenza dell'utente, se la temperatura esterna rilevata è sufficientemente alta, verrà ridotto il flusso di fluido termovettore all'unità immobiliare, attraverso l'azionamento della valvola a due vie, portando a risparmi energetici sensibili.

La valvola a due vie, visto che l'impianto è a portata variabile, è costituita da un corpo, realizzato in materiale ferroso, e da un servomotore elettricamente comandato dal cronotermostato ambiente.

La valvola di zona scelta è una valvola di zona motorizzata modello "Caleffi serie 642".

Tramite l'intervento del cronotermostato, munito di sonda di temperatura esterna, il servocomando, alimentato elettricamente, sposta l'otturatore in posizione di apertura. La chiusura della valvola avviene invece mediante un meccanismo di ritorno a molla.

2 vie installata sulla mandata

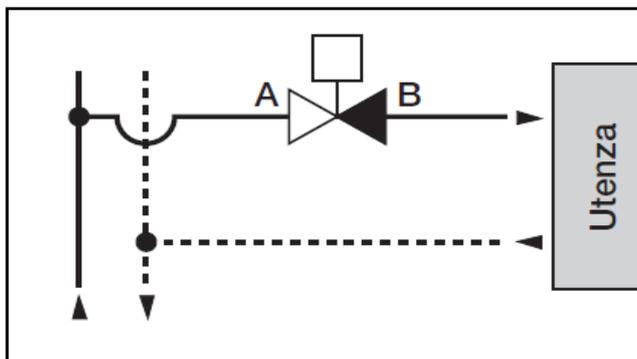


Figura 5.8 Installazione valvola a 2 vie



Figura 5.9 Valvola a 2 vie motorizzata

6 Analisi energetica interventi proposti

Nel capitolo precedente sono stati proposti interventi per migliorare l'efficienza energetica dell'edificio. In questo capitolo verranno valutati dal punto di vista energetico questi interventi, effettuati sull'impianto termico, senza andare però a modificare l'involucro.

Gli interventi proposti riguardano i seguenti aspetti:

- Sostituzione terminali, da termoconvettori a radiatori;
- Installazione di valvole termostatiche e cronotermostati in ambiente;
- Sostituzione vecchio impianto di distribuzione;
- Isolamento tubazioni impianto distribuzione;
- Sostituzione pompe di circolazione;

Per quanto riguarda la sottostazione di teleriscaldamento, questa non verrà sostituita o modificata poiché installata recentemente e adatta alla richiesta termica degli edifici analizzati.

6.1 Rendimenti impianto POST-INTERVENTO

		Valore PRE-INTERVENTO	Valore POST-INTERVENTO
Rendimenti sottosistemi		%	%
Rendimento di emissione	$\eta_{H,e}$	89 %	91,7 %
Rendimento di regolazione	$\eta_{H,rg}$	79,2 %	97 %
Rendimento di distribuzione	$\eta_{H,du}$	90 %	94 %
Rendimento di generazione	$\eta_{H,gn}$	99,4 %	99,4%
Rendimento del sistema	$\eta_{H,sys}$	63,0 %	83,1%
Rendimento globale medio stagionale	$\eta_{H,g}$	65,8 %	86,2%

Tabella 6.1 Confronto rendimenti del sistema

Nel dettaglio i rendimenti del caso POST-INTERVENTO sono i seguenti:

<i>Caratteristiche emissione</i>	
Tipo terminale	Radiatori su parete esterna non isolata
Potenza nominale corpi scaldanti	328 kW
Rendimento emissione	91,7%
<i>Caratteristiche regolazione</i>	
Tipologia di regolazione	Per singolo ambiente + climatica
Rendimento di regolazione	97 %

<i>Caratteristiche distribuzione</i>	
Tipo impianto	Centralizzato con montanti isolati
Isolamento tubazioni	Isolamento con spessori conformi alle prescrizioni del DPR n. 412/93
Rendimento distribuzione	94%

Tabella 6.2 Dettaglio rendimenti sistema POST-INTERVENTO

Con la contabilizzazione si utilizza un fattore correttivo del fabbisogno di energia termica utile in uscita dall'impianto ai fini di poter tenere conto della riduzione del consumo riconducibile al comportamento degli utenti.

Tale fattore, tipicamente pari a 0,9, è stato, per il servizio di riscaldamento, normato dalla UNI/TS 11300-2, punto 6.1.3. (27)

In questo punto della norma infatti si analizza il fabbisogno effettivo, diverso dal fabbisogno ideale netto che invece non tiene conto delle perdite determinate dalle caratteristiche dei sottosistemi di emissione e di regolazione, previsti o installati nella zona considerata. Per il calcolo del fabbisogno effettivo dell'edificio, ossia la quantità di energia termica utile che deve essere effettivamente immessa negli ambienti riscaldati dalla rete di distribuzione, si deve tenere conto di:

- Maggiori perdite dovute ad una imperfetta regolazione, all'eventuale mancato sfruttamento di apporti gratuiti conteggiati nel calcolo e ad una distribuzione non uniforme di temperatura dell'aria all'interno degli ambienti riscaldati (stratificazione);
- Riduzioni dei consumi determinata dall'intervento degli utenti, qualora sia installato un sistema di contabilizzazione dell'energia termica utile nelle singole unità immobiliari, utilizzando un fattore di riduzione pari a 0,9.

Il fattore di riduzione si utilizza limitatamente al caso di valutazione di tipo A3 (diagnosi energetica).

Mese	QH,sys,out	QH,sys,out,cont
	[kWh]	[kWh]
<i>gennaio</i>	93210	83889
<i>febbraio</i>	67374	60636
<i>marzo</i>	35770	32193
<i>aprile</i>	7949	7155
<i>maggio</i>	-	-
<i>giugno</i>	-	-
<i>luglio</i>	-	-
<i>agosto</i>	-	-
<i>settembre</i>	-	-
<i>ottobre</i>	13615	12254
<i>novembre</i>	56356	50720
<i>dicembre</i>	85708	77137
Totali	359982	323984

Tabella 6.3 Confronto fabbisogno energia dell'edificio con e senza contabilizzazione

Dove:

QH,sys,out: Fabbisogno di energia dell'edificio, privo quindi delle perdite dell'impianto (kWh);

QH,sys,out,cont: Fabbisogno di energia corretto per contabilizzazione (kWh).

6.2 Risultato calcolo mensile riscaldamento POST-INTERVENTO

mese	giorni	PRE-INTERVENTO		POST-INTERVENTO	
		QH,gen,out	QH,gen,in	QH,gen,out	QH,gen,in
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
gennaio	31	139611	140207	100582	101178
febbraio	28	105786	106312	72702	73228
marzo	31	63456	64002	38599	39145
aprile	15	15702	15954	8578	8830
maggio	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-
ottobre	17	24801	25084	14692	14975
novembre	30	88953	89492	60813	61351
dicembre	31	128854	129440	92487	93073
Totali	183	567164	570490	388452	391779

Tabella 6.4 Confronto energia termica al teleriscaldamento

Dove:

QH,gen,out: Energia termica fornita dal generatore per riscaldamento (kWh);

QH,gen,in: Energia termica in ingresso al generatore per riscaldamento (kWh);

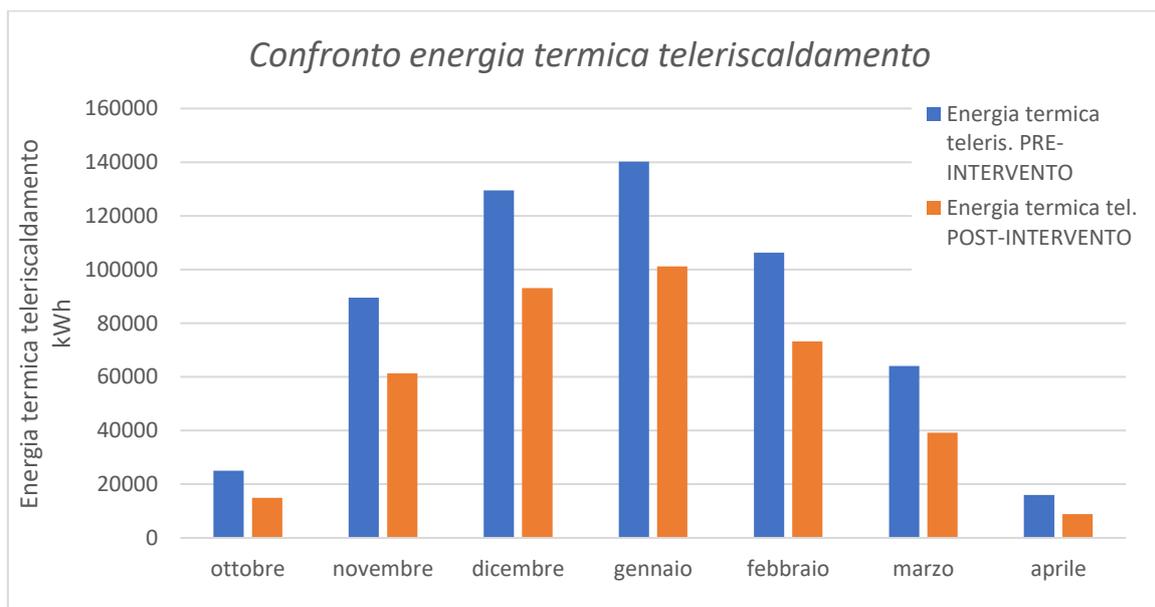


Figura 6.1 Energia termica teleriscaldamento PRE e POST intervento

6.3 Fabbisogno di energia primaria

mese	QH,sys,out [kWh]	PRE-INTERVENTO			POST-INTERVENTO		
		QH,gen,in [kWh]	QH,aux [kWh]	QH,p,tot [kWh]	QH,gen,in [kWh]	QH,aux [kWh]	QH,p,tot [kWh]
<i>gennaio</i>	83889	140207	561	133853	101178	446	96693
<i>febbraio</i>	60636	106312	507	101690	73228	403	70176
<i>marzo</i>	32193	64002	561	61839	39145	446	38072
<i>aprile</i>	7155	15954	271	15733	8830	216	8867
<i>maggio</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>giugno</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>luglio</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>agosto</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>settembre</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>ottobre</i>	12254	25084	308	24449	14975	245	14744
<i>novembre</i>	50720	89492	543	85883	61351	432	59022
<i>dicembre</i>	77137	129440	561	123678	93073	446	89034
Totali	323984	570490	3310	547125	391779	2635	376608

Tabella 6.5 Fabbisogni di energia primaria

Dove:

QH,sys,out: Fabbisogno di energia dell'edificio, privo quindi delle perdite dell'impianto (kWh);

QH,aux: Fabbisogno elettrico totale per il riscaldamento;

QH,p,nren: Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per il riscaldamento;

QH,p,tot: Fabbisogno di energia primaria totale per il riscaldamento.

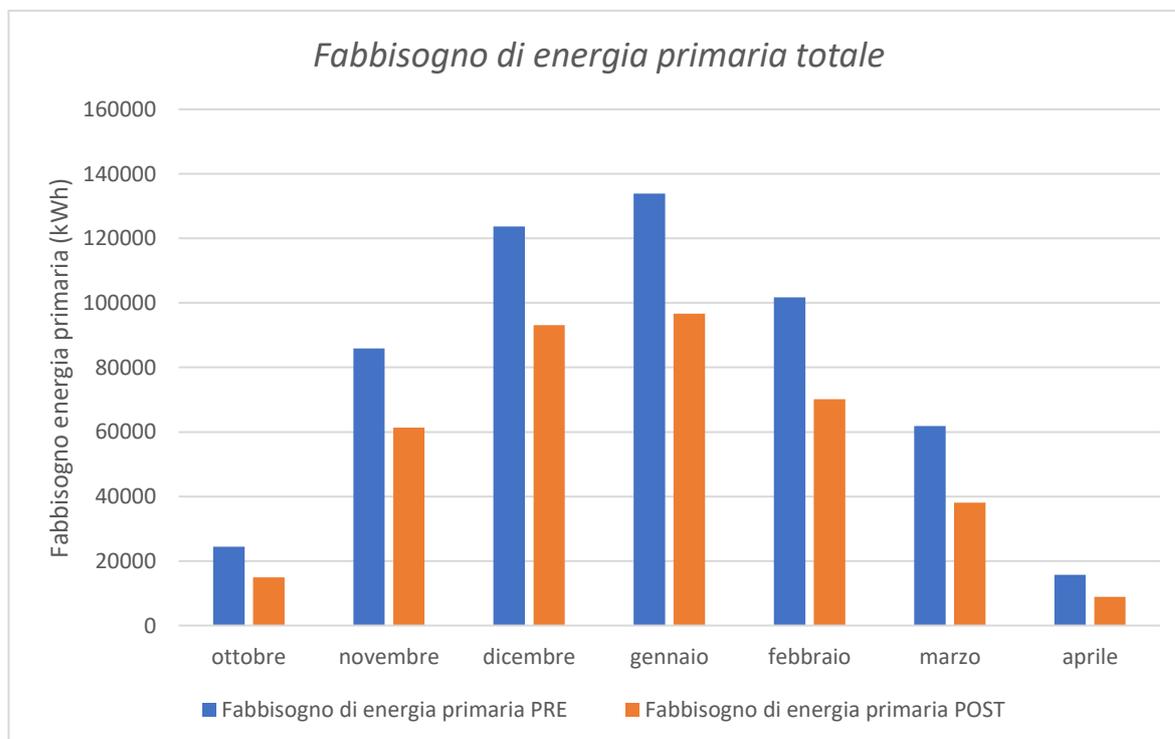


Tabella 6.6 Confronto Fabbisogno energia primaria totale

	PRE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO
<i>Fabbisogno di energia primaria annuale</i>	547125 kWh/anno	376608 kWh/anno
<i>Indice di prestazione energetica EP_{tot} (sup. netta=3659 m²)</i>	149,5 kWh/m ²	102,9 kWh/m ²
<i>Consumo vettore energetico</i>	570490 kWh _t /anno	391779 kWh _t /anno
<i>Consumo energia elettrica</i>	3310 kWh/anno	2635 kWh/anno
<i>Emissioni di CO₂</i>	172670 kg _{CO2}	118746 kg _{CO2}
<i>Spesa teleriscaldamento (costo unitario=0,08459 €/kWh)</i>	48258 €	33141 €
RISPARMIO ANNUO TELERISCALDAMENTO	15117 €	
RISPARMIO ANNUO ENERGIA PRIMARIA (%)	31,1%	

Tabella 6.7 Tabella riassuntiva consumi energetici

La spesa elettrica, che in questo caso riguarda il consumo dovuto alle pompe, ipotizzando un prezzo di 0,20 €/kWh (38), passerebbe da 662 € a 527 € di spesa annua, con un risparmio annuo di 135 €. Visto che questa voce è trascurabile rispetto al consumo del vettore energetico teleriscaldamento, in seguito verrà trascurata. Per il costo del kWh_t del teleriscaldamento di Torino si fa riferimento al prezzo per l'opzione monomia di 0,08459 €/kWh_t aggiornato al primo trimestre del 2019 (in vigore dal 1/1/2019). (39)

I risparmi ottenibili, in termini di energia primaria, sono molto rilevanti, come si poteva immaginare soprattutto alla luce del rendimento dell'impianto in seguito ai lavori di riqualificazione. L'usura dei terminali, della linea di distribuzione e la mancanza di un sistema opportuno di termoregolazione fanno sì che i risparmi annui si attestino intorno al 31%, portando ad un risparmio economico annuo di 15117 € sulla spesa dovuta al teleriscaldamento.

6.4 Analisi finanziaria

Ogni soluzione progettuale deve essere supportata sia da un'analisi di fattibilità tecnica che economica, per questo motivo, al termine dell'analisi tecnica, viene svolta l'analisi finanziaria per valutare la convenienza economica del progetto.

La procedura logica secondo cui si imposta un'analisi di convenienza economica consiste in un confronto tra il denaro attuale speso per l'investimento ed il denaro, o il generico beneficio monetizzato, che si presume venga "generato" dall'investimento stesso nell'arco della sua vita. Una volta quantificati i termini del confronto, se dovesse pesare di più il termine relativo ai benefici, le opere di riqualificazione andrebbero intraprese.

Investimento iniziale

È il costo complessivo sostenuto per gli interventi di riqualificazione energetica, comprende quindi:

- Sostituzione radiatori: sulla base dei cataloghi della tipologia di radiatore scelto, si evince un costo per elemento pari a 20 €.
- Installazione valvole termostatiche: sulla base dei risultati di un'indagine statistica con valenza nazionale e risalente al 2016, è stato assunto il valore di 78 € per valvola, comprensivo di valvola e installazione; (40)
- Sostituzione e isolamento delle nuove linee di distribuzione: sulla base di precedenti preventivi il costo è ipotizzato di 30000 €.
- Installazione termostati ambiente: sulla base di ricerche di mercato, negli edifici residenziali il prezzo per un termostato (regolazione di zona e climatica) può essere ipotizzato di 100 €.

INVESTIMENTI	
<i>Valvole termostatiche</i>	
costo valvola termostatica (€)	80
numero radiatori	268
Spesa totale €	21440
<i>Cronotermostati</i>	
costo cronotermostato (€)	100
Spesa totale €	4800
<i>Lavori tubazioni</i>	
sostituzione e rivestimento (€)	30000
<i>Radiatori</i>	
Costo elemento (€/elem)	20
Spesa radiatori €	60000
Investimento totale	
116240 €	

Tabella 6.8 Analisi economica interventi

Il risparmio annuo per il vettore energetico tra l'edificio nelle condizioni attuali e l'edificio con gli interventi di riqualificazione energetica proposti è di 15117 €, come descritto precedentemente.

Al risparmio annuo dovuto al teleriscaldamento vanno aggiunti anche gli incentivi del 50% sulle spese compiute. Le detrazioni del 50% vengono erogate in 10 rate annue, quindi per i primi 10 anni il flusso di cassa è dato dalla somma del risparmio di combustibile e dell'incentivo, dall'undicesimo anno in poi il flusso di cassa sarà costituito solamente dal risparmio di combustibile.

La vita dell'investimento è il numero di anni per i quali si presume che l'investimento produca reddito ed è determinato dalla tipologia di interventi effettuati e dalla durata dei componenti installati. Nel presente studio si assume un periodo di vita di 15 anni, periodo dopo il quale si prevede la sostituzione della sottostazione di calore, che si sottolinea, nel progetto appena esaminato non è stata sostituita poiché installata circa 5 anni fa.

Simple payback time

Il tempo di ritorno (o payback time) è definito dal rapporto tra l'importo dell'investimento ed il flusso di cassa previsto.

$$SPBT = \frac{I_0}{FC}$$

È l'indicatore economico forse più diffuso, ed in molti casi la sua determinazione è sufficiente per definire le redditività dell'iniziativa indagata.

Investimento	116240	€
Risparmio annuo teleriscaldamento	15117	€/anno
Rata annua incentivi	5812	€/anno
Flusso di cassa (FC)	20929	€/anno
SPBT	5,55	anni

Tabella 6.9 SPBT

Valore attuale netto

Il valore attuale netto (VAN) permette di definire il valore attuale di una serie di flussi di cassa, attualizzandoli sulla base del tasso di rendimento, che nel presente studio è stato ipotizzato del 5%. Il VAN tiene conto delle mancate entrate derivanti dall'uso alternativo delle risorse ed è definito nel seguente modo:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t}$$

Dove:

- t : scadenze temporali, espressa in anni;
- FC_t : flusso di cassa netto al tempo t ;
- r : tasso di rendimento;
- $\frac{1}{(1+r)^t}$: fattore di attualizzazione.

	Flusso di cassa netto	flusso attualizzato	VAN
anni	€	€	€
0	-116240	-116240	-116240
1	20929	19933	-96307
2	20929	18983	-77324
3	20929	18079	-59245
4	20929	17218	-42026
5	20929	16399	-25628
6	20929	15618	-10010
7	20929	14874	4864
8	20929	14166	19030
9	20929	13491	32521
10	20929	12849	45369
11	15117	8839	54208
12	15117	8418	62626
13	15117	8017	70643
14	15117	7635	78278
15	15117	7272	85550

Tabella 6.10 VAN annuale

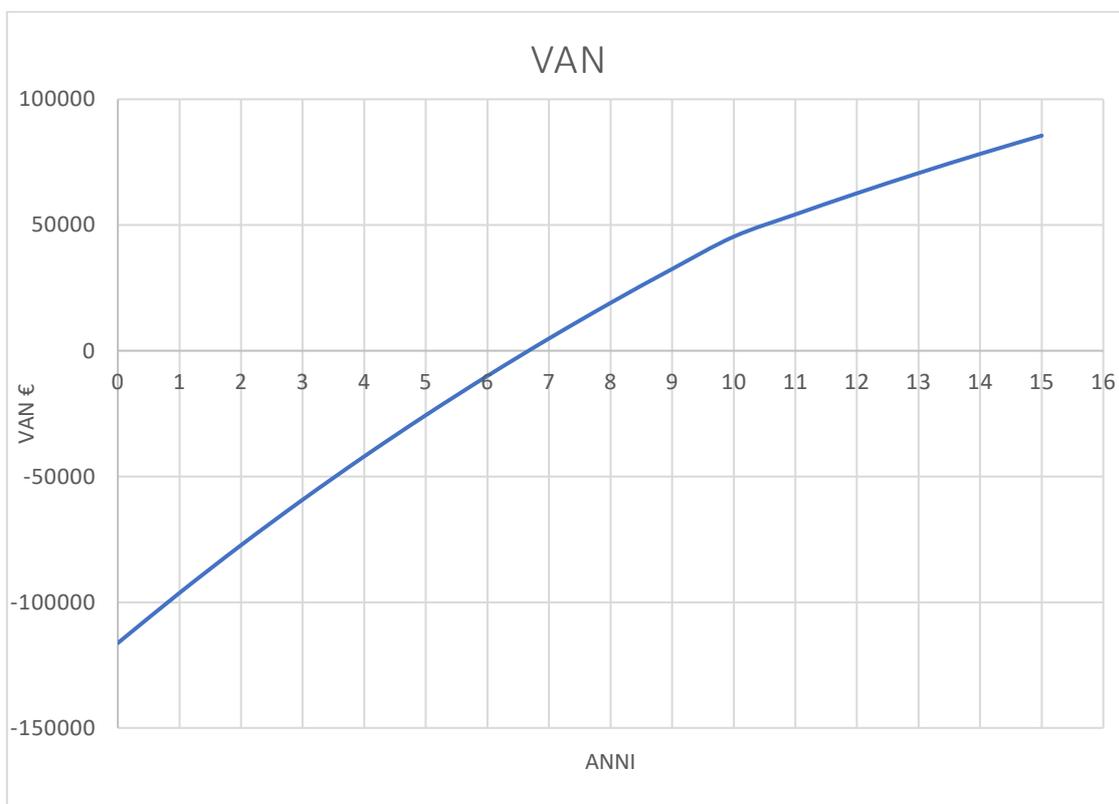


Figura 6.2 VAN con incentivo del 50%

Il VAN al quindicesimo anno è pari a 85550 €, si tratta quindi di un investimento che porta a profitti. Il tempo di ritorno attualizzato è pari a 7 anni.

Il SPBT di 5,5 anni può essere ritenuto accettabile visto la natura dell'investimento e la finalità degli interventi effettuati, volti al risparmio energetico attraverso la possibilità per ogni utente di regolare e contabilizzare i propri consumi. Senza incentivi il SPBT è di circa 7,8 anni. Questa esigenza è stata sottolineata più volte durante i sopralluoghi, ove si è potuto constatare direttamente il disagio per alcuni utenti, obbligati ad aprire le finestre perché senza possibilità di regolare i terminali presenti e altri, al contrario, obbligati ad installare ulteriori apparecchi, ancora più energivori come ad esempio stufette elettriche, per ovviare al problema di terminali completamente freddi.

7 Interventi aggiuntivi su edificio 35-bis

In aggiunta agli interventi proposti sul complesso residenziale composto dai corpi n.35 e n.35-bis, verranno di seguito analizzati ulteriori interventi solamente sul corpo 35-bis. Oltre alle migliori impiantistiche descritte nei capitoli precedenti, si andranno ad effettuare i seguenti lavori:

- Coibentazione della copertura calpestabile del corpo n.35-bis;
- Dimensionamento di un impianto VMC nelle unità immobiliari presenti al primo piano del corpo n.35.

Gli appartamenti in questione, visto i lavori già effettuati di sostituzione degli infissi e la futura coibentazione della copertura, necessitano l'inserimento di un impianto di ventilazione (VMC) capace di rinnovare l'aria presente. La ventilazione meccanica controllata permette infatti di effettuare l'aerazione della casa senza che l'utente debba aprire le finestre e soprattutto facendo in modo che l'aria di ricambio, proveniente dall'esterno, sia filtrata dagli inquinanti presenti, attraversando anche un recuperatore di calore. Tuttavia, occorre sottolineare che la VMC non è un sistema attivo di riscaldamento, raffreddamento o umidificazione.

In questo modo le dispersioni di calore sono ridotte al minimo e l'utente non deve occuparsi in prima persona di dover effettuare il ricambio d'aria all'interno di tutte le stanze. Il sistema garantisce infatti un continuo e controllato ricambio d'aria negli ambienti chiusi. Al contrario, il ricambio effettuato mediante l'apertura delle finestre si definisce areazione e non è, con tutta evidenza, né continuo né controllato. Anche il ricambio d'aria ottenuto mediante l'utilizzo di classici ventilatori di estrazione, di funzionamento intermittente (on/off), non è né continuo né controllato. Non è continuo poiché l'estrattore viene attivato solo quando serve il ricambio d'aria in locali circoscritti (vedi i bagni ciechi) e non è controllato in quanto questi estrattori non sono regolabili in velocità.

7.1 Coibentazione copertura

La coibentazione della copertura è una misura di efficientamento energetico sull'involucro. Si andranno a descrivere le nuove stratigrafie e i nuovi valori di trasmittanza della copertura, accompagnati dai risultati della diagnosi eseguita tramite il modello già sviluppato con il software "EdilClima EC700". Questo intervento è inoltre soggetto alle detrazioni fiscali del 65% previste per la riqualificazione energetica (Ecobonus) e per la ristrutturazione edilizia (Bonus Casa). (41)

L'intervento, poiché riguarda solamente una parte dell'involucro edilizio, deve essere effettuato rispettando i valori di trasmittanza imposti dal D.M. 26 Giugno 2015 (42). A seconda della zona climatica in questione, il Decreto prevede un valore limite di trasmittanza per l'elemento analizzato.

Nell'Appendice B (Allegato 1, Capitolo 4) sono riportati i valori dei parametri caratteristici degli elementi edilizi sottoposti a riqualificazione energetica.

In Tabella 7.1 sono elencati i valori di trasmittanza termica massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno soggette a riqualificazione.

Zona Climatica	U (W/m ² /K)	
	2015	2021
A e B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

Tabella 7.1 Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura

Per la riqualificazione della copertura calpestabile del corpo 35-bis è stato scelto come isolante il poliuretano espanso, marca "Isolit", in lastre, posto all'esterno.

La conducibilità del prodotto scelto è di 0,028 W/m/K e per rispettare il requisito di trasmittanza imposto dal D.M 26 Giugno 2015, è stato necessario applicare 9 cm di isolamento.

Il nuovo valore di trasmittanza risulta quindi di 0,248 W/(m²K), a fronte di un valore precedenti di 0,715 W/(m²K).

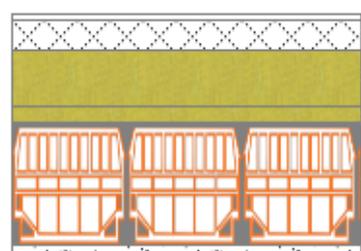


Figura 7.1 Stratigrafia copertura isolata

Dalla Tabella 7.2 si nota che l'energia utile per il riscaldamento invernale non varia per i negozi situati a piano terra poiché non interessate direttamente dalla copertura calpestabile. Varia invece notevolmente l'energia utile per gli appartamenti al primo piano, dove si registrano cali del 20% di energia utile, giustificati dal fatto che in questo caso la copertura ricopre un ruolo di fondamentale importanza dal punto di vista delle dispersioni.

Unità immobiliare	PRE	POST
	Qh,nd	Qh,nd
	[kWh]	[kWh]
N1	11114	11114
N2	8011	8011
N3	8011	8011
N4	11178	11178
A-BIS	21795	16835
B-BIS	24482	19132

Tabella 7.2 Energia utile per il riscaldamento invernale

Qh,nd Fabbisogno di energia termica utile del fabbricato (kWh)

Mese	PRE	POST
	QH,gen,in	QH,gen,in
	[kWh]	[kWh]
<i>gennaio</i>	23741	18825
<i>febbraio</i>	18232	14514
<i>marzo</i>	12112	9781
<i>aprile</i>	3798	3151
<i>maggio</i>	-	-
<i>giugno</i>	-	-
<i>luglio</i>	-	-
<i>agosto</i>	-	-
<i>settembre</i>	-	-
<i>ottobre</i>	5061	4080
<i>novembre</i>	15388	12211
<i>dicembre</i>	21970	17406
Totali	100303	79968
Risparmio energetico %	20,27 %	

Tabella 7.3 Energia in ingresso al generatore

QH,gen,in Fabbisogno in ingresso alla generazione – Teleriscaldamento (kWh)

ISOLAMENTO COPERTURA				
Superficie Copertura	costo per m2 di copertura	costo per cm di isolante	spessore isolante	investimento
m ²	€/ m ²	€/ m ² /cm	cm	€
281	15	5	9	16860

Tabella 7.4 Costi isolamento copertura

I costi relativi all'isolamento sono stati ipotizzati come in Tabella 7.4, sulla base di due voci: una dipendente dalla superficie della copertura, che comprende lavori e posa dell'isolante, e un'altra che invece dipende solamente dallo spessore (cm) dell'isolante scelto. (43)

In base al risparmio di energia in ingresso alla sottostazione di teleriscaldamento e utilizzando il prezzo del vettore energetico aggiornato al I° trimestre del 2019, si ottiene il risparmio annuo e si calcola il Simple Payback Time. Calcolandolo senza incentivi, si ottiene un SPBT di 9,8 anni, mentre con incentivi al 65% (41) sull'investimento iniziale, distribuiti in 10 rate annuali, il tempo di ritorno risulta di circa 6 anni.

<i>Prezzo teleriscaldamento</i>	€/kWh	0,08459
<i>risparmio energetico</i>	kWh	20335
<i>risparmio economico</i>	€/anno	1720,14
<i>incentivi annui (65%)</i>	€/anno	1095,9
<i>SPBT (no incentivi)</i>	anni	9,8
<i>SPBT (incentivi)</i>	anni	6,0

Tabella 7.5 Analisi Economica copertura 35-bis

7.2 Ventilazione Meccanica Controllata (VMC)

7.2.1 Il problema della qualità dell'aria indoor

La valutazione degli effetti nocivi dovuti agli inquinanti presenti nell'aria è oggi di primaria importanza in fase di progettazione di un nuovo impianto termico, soprattutto quando si vanno a operare interventi di riqualificazione sull'involucro che tendono a sigillare maggiormente l'edificio, azzerando le infiltrazioni di aria che prima invece erano presenti. Ne sono un esempio gli interventi di sostituzione degli infissi o l'isolamento delle pareti esterne tramite cappotto termico.

È necessario porre attenzione sulla qualità dell'aria interna (indoor), quindi sugli inquinanti prodotti dall'interno, ma anche sulla qualità dell'aria esterna (outdoor) che entra in ambiente, ovvero sulle particelle legate all'inquinamento atmosferico.

Il problema dell'esposizione indoor è dovuto a 2 motivi:

- le concentrazioni di inquinanti all'interno degli edifici sono di gran lunga maggiori rispetto a quelle outdoor (generalmente le concentrazioni indoor sono da 1 a 5 volte maggiori di quelle outdoor);
- Il tempo trascorso all'interno degli edifici è notevolmente maggiore rispetto all'esposizione outdoor;

Il controllo della presenza di inquinanti negli ambienti interni riveste per le persone che in essi soggiornano un ruolo di primaria importanza, sia ai fini del conseguimento di una sensazione di benessere, sia ai fini della tutela della loro salute.

Gli inquinanti indoor possono causare sull'utente diversi effetti indesiderati, dal semplice disagio avvertito a livello sensoriale fino a gravi alterazioni dello stato di salute. Non bisogna mai sottovalutare la qualità dell'aria interna, perché da una semplice percezione negativa di questa, causa di diminuzione del comfort, si può arrivare a malessere e addirittura problemi di salute. Per "Sick Building Syndrome", ovvero Sindrome da edificio malato, si intendono appunto quegli edifici in cui la maggioranza degli occupanti denuncia malessere.

Il documento del ministero della Sanità del 27 settembre 2001 "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati" fornisce un elenco delle condizioni che determina l'esposizione indoor sulla salute e i principali fattori di rischio legati ad una bassa qualità dell'aria interna.

La norma UNI 10339 con il termine "*qualità dell'aria*" intende la "caratteristica dell'aria trattata (in un impianto aeraulico) che risponde ai requisiti di purezza" specificati come segue: "*Essa non contiene contaminanti noti in concentrazioni tali da arrecare danno alla salute e causare condizioni di malessere per gli occupanti. I contaminanti, contenuti sia nell'aria di rinnovo sia in quella ricircolata sono gas, vapori, micro-organismi, fumo ed altre sostanze particolate*". (44)

Le principali sorgenti di inquinanti in un edificio sono dovute a:

- Occupanti e attività da essi svolte;
- Materiali presenti nell'edificio e prodotti chimici impiegati;
- Animali domestici;
- Sistemi impiantistici, soprattutto quelli non correttamente mantenuti;

Il contenimento o l'eliminazione degli inquinanti negli ambienti interni possono essere perseguiti mediante i seguenti approcci:

- Controllo delle sorgenti di inquinamento, vietando o eliminando attività o materiali che producono inquinanti (divieto di fumare);
- Diluizione degli inquinanti, ottenuta mediante la ventilazione degli ambienti, ricambiando l'aria ambiente con aria esterna;
- Rimozione degli inquinanti, con estrazione localizzata oppure mediante filtrazione;

La qualità dell'aria interna è controllata attraverso la diluizione generalizzata degli inquinanti con ventilazione naturale o artificiale mediante introduzione di aria esterna filtrata, eventualmente miscelata con aria di ricircolo.

7.2.2 Sistemi di Ventilazione Meccanica Controllata

Nell'ambito del settore impiantistico della ventilazione residenziale esistono diversi sistemi di ventilazione meccanica controllata (VMC) (45):

VMC canalizzata collettiva

La VMC canalizzata collettiva è quella "condominiale" e prevede l'installazione di un'unica unità di ventilazione in grado di servire diverse unità abitative. Può essere a singolo flusso o a doppio flusso con recupero di calore.

Unità a singolo flusso

Questa soluzione impiantistica prevede l'installazione di un potente ventilatore di estrazione capace di estrarre l'aria viziata dai locali di servizio, quali bagni e cucine, di ciascuna unità abitativa e l'installazione di ingressi aria nei locali nobili (camere da letto e soggiorno).

Le bocchette di estrazione e gli ingressi aria possono essere standard (tarabili manualmente), autoregolabili o igroregolabili.

Le bocchette di estrazione e gli ingressi autoregolabili permettono il passaggio di una precisa portata d'aria, indipendentemente dalla prevalenza. Quelle invece igroregolabili aumentano automaticamente la portata d'aria all'aumentare dell'umidità, ma necessitano per questo un estrattore che garantisca una pressione costante nel sistema di distribuzione.

Unità a doppio flusso

Questa soluzione prevede l'installazione di una unità di ventilazione a doppio flusso con recupero di calore. L'aria viziata estratta dai locali umidi e l'aria prelevata dall'esterno, opportunamente filtrata, vengono convogliate in un'unità di recupero di calore che assicura il preriscaldamento dell'aria di rinnovo evitando la contaminazione dei flussi. Si tratta di impianti caratterizzati dalla presenza di un doppio impianto di ventilazione, formato da canali di distribuzione separati. Un condotto controlla e regola l'immissione dell'aria mentre l'altro è dedicato all'aria estratta.

Il recuperatore può essere installato in ciascuna unità abitativa così da evitare che il calore recuperato da una unità abitativa contribuisca a preriscaldare l'aria di rinnovo di un'altra unità.

VMC canalizzata individuale

La VMC canalizzata individuale prevede l'installazione di una unità di ventilazione per ciascuna singola abitazione, sia nel caso di un appartamento che nel caso di abitazione individuale.

Unità a singolo flusso

Questa soluzione prevede un ricambio d'aria tramite l'estrazione dell'aria dai locali di servizio (bagni e cucine) mentre l'aria di rinnovo arriva da ingressi aria nei locali nobili.

Unità a doppio flusso

Una unità di ventilazione centralizzata a doppio flusso con recupero di calore provvede al ricambio d'aria dell'unità abitativa tramite l'estrazione dell'aria dai locali di servizio e l'immissione nei locali nobili dell'aria di rinnovo, filtrata e preriscaldata. Sono presenti due ventilatori, uno per l'aria estratta e uno per l'aria immessa, e uno scambiatore di calore a doppio flusso che può essere incrociato, controcorrente o rotativo. Il recupero di energia termica avviene grazie al passaggio dei due flussi all'interno di questo scambiatore, senza ovviamente che i due flussi si mescolino (Figura 7.2).

Le unità a doppio flusso hanno lo svantaggio di presentare un'articolata rete di canalizzazione non solo per l'immissione ma anche per l'estrazione dell'aria. Con questi sistemi però si riesce a recuperare fino a oltre il 90% del calore contenuto nell'aria estratta, trasferendolo all'aria in ingresso e riducendo quindi i consumi energetici. Anche il comfort nelle stanze di immissione viene migliorato visto che l'aria in ingresso non è semplicemente prelevata dall'esterno ma subisce un trattamento di preriscaldamento e filtrazione all'interno dello scambiatore.

Il recupero di energia termica attraverso questi sistemi non avviene solo in inverno, in presenza di riscaldamento, ma anche in estate, in presenza di climatizzazione estiva.

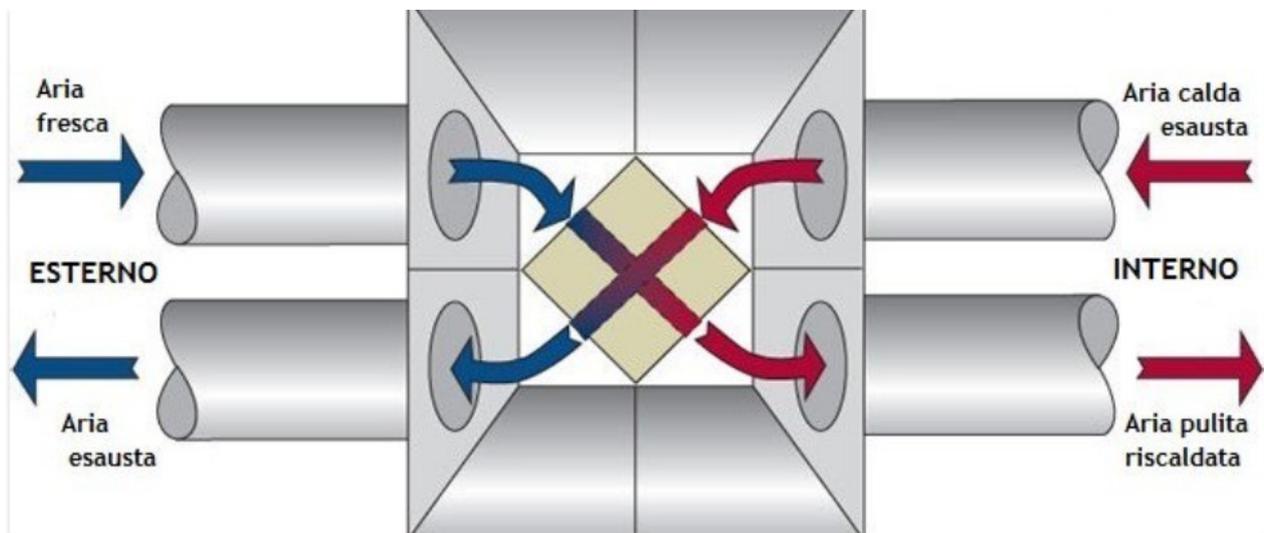


Figura 7.2 Recuperatore di calore VMC

VMC puntuale (o decentralata)

Quest'ultimo sistema, chiamato VMC puntuale o decentralizzata, prevede l'installazione di una unità di ventilazione o un ingresso aria in ciascun ambiente dell'abitazione. Le unità di ventilazione puntuali sono di varie tipologie:

- Singolo flusso;
- Singolo flusso alternato;
- Doppio flusso;
- Doppio flusso alternato;

Unità a singolo flusso

Le unità a singolo flusso sono sistemi composti da ventilatori funzionanti in continuo, per questo motivo devono avere bassissimo consumo, devono essere silenziosi e regolabili in velocità. La regolazione della velocità può avvenire tramite comandi dedicati attraverso sensori ambientali di umidità o CO₂.

Unità a singolo flusso alternato

Le unità a singolo flusso alternato, chiamate anche unità “*push-pull*”, sono dotate di un ventilatore assiale reversibile e di un elemento rigenerativo ad elevata capacità termica, come ad esempio pacchi ceramici. È comunque possibile comandare il funzionamento in una sola direzione per evitare il recupero termico quando indesiderato, ad esempio quando si vuole avere free cooling.

Il funzionamento del ventilatore è alternato, quindi per un certo periodo di tempo l'aria verrà estratta, grazie al ventilatore operante in un certo senso, e successivamente l'aria verrà immessa, quando il ventilatore girerà nell'altro senso, acquistando calore dal pacco ceramico. L'installazione di questi sistemi è consigliabile all'interno dei locali nobili.

Unità a doppio flusso

Queste unità, con recupero di calore, presentano due ventilatori rispettivamente per l'aria in immissione e per l'aria in estrazione. È inoltre presente uno scambiatore di calore a doppio flusso per il passaggio di energia tra un flusso e l'altro, senza che i due flussi si mescolino.

Non è prevista una rete di canalizzazione, per questo motivo sono generalmente installati in locali di ampie dimensioni. Le unità a doppio flusso alternato presentano al posto di uno scambiatore dei pacchi ceramici rigenerativi.

7.2.3 Determinazione delle portate di aria esterna (UNI 10339)

La portata di aria esterna è determinata attraverso un approccio prescrittivo in base a:

- Categoria dell'edificio;
- Funzione del locale;
- Persone presenti;

Le norme di riferimento per determinare le portate volumetriche di aria esterna sono:

- ASHRAE Standard 62-2001;
- Norma UNI 10339;
- Norma DIN 1946;

Le portate volumetriche suggerite dalle Norme Tecniche, quali la UNI 10339, sono frutto di esigenze tra loro contrastanti: assicurare una buona qualità dell'aria senza però avere consumi energetici e costi impiantistici troppo elevati.

I valori suggeriti dalle norme derivano da studi sperimentali effettuati in locali-campione e possono per questo motivo rivelarsi inadeguati per una corretta progettazione se sono presenti altre sorgenti endogene di inquinamento o se l'aria esterna impiegata per la ventilazione contiene dosi rilevanti di inquinanti.

Nei presenti sistemi di Ventilazione Meccanica Controllata ricoprono un ruolo fondamentale i filtri, capaci di bloccare le sostanze inquinanti presenti all'esterno dell'abitazione come i gas di scarico delle automobili e degli impianti di riscaldamento, le polveri e i pollini. Viene quindi garantita una qualità dell'aria eccellente, fatto importante soprattutto in aree urbane molto trafficate come quella in esame.

La norma UNI 10339/1995 fornisce le principali indicazioni per la classificazione e la definizione dei requisiti minimi degli impianti e dei valori delle grandezze di riferimento durante il loro funzionamento. La UNI prescrive che gli impianti, per garantire livelli di benessere accettabili per le persone, assicurino:

- Un'immissione di aria esterna almeno pari a determinati valori minimi in funzione della destinazione d'uso dei locali;
- Una filtrazione minima dell'aria;
- Una movimentazione dell'aria con velocità entro determinati limiti.

Categorie di edifici	Portata di aria esterna o di estrazione	Note
	Q_{op} ($10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ per persona)	
Edifici adibiti a residenza e assimilabili		
Residenze a carattere continuativo		
Soggiorni, camere da letto	11	
Cucina, bagni, servizi	estrazioni	Nei servizi 4 vol/h
Edifici per uffici e assimilabili		
Uffici singoli	11	
Uffici open space	11	
Locale riunione	10	
Centri elaborazione dati	7	
servizi	estrazioni	Nei servizi 8 vol/h
Attività commerciali o assimilabili		
Grandi magazzini: piano interrato	9	Verificare regolamenti
Grandi magazzini: piani superiori	6,5	
<i>Negozi o reparti di grandi magazzini:</i>		
barbieri, saloni di bellezza	14	
Abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	11,5	
Alimentari, lavasecco, farmacie	9	
Zone pubblico banche, quartieri fieristici	10	

Tabella 7.6 Estratto da prospetto III della norma UNI 10339

La norma definisce la posizione della presa d'aria esterna, questa infatti non deve essere collocata in prossimità di strade di grande traffico, in prossimità di una ribalta di carico/scarico automezzi, in prossimità di scarichi di fumi o prodotti della combustione, in punti vicini ad espulsioni industriali, di servizi igienici o comunque di aria viziata, oppure ad un'altezza minore di 4 m dal piano stradale più elevato di accesso all'edificio.

7.3 Impianto VMC alloggio A-BIS

Per il dimensionamento di un impianto VMC occorre prima di tutto calcolare le portate d'aria da immettere e da estrarre nelle diverse stanze. Per effettuare questo calcolo si ipotizza un numero di persone all'interno delle varie zone e quindi si fa riferimento alla norma UNI 10339 (44). Nel caso in esame, essendo la destinazione d'uso una residenza a carattere continuativo, si farà riferimento ai seguenti valori:

- Portata: $Q=39,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{pers}$;
- Ricambio orario: $n=4 \text{ vol}/\text{h}$;

L'appartamento, avente una superficie complessiva di $116,6 \text{ m}^2$, è composto da due bagni, una cucina, un soggiorno, due camere da letto e un tinello, oltre all'ingresso. Il numero di occupanti, stanza per stanza, è assunto in Tabella 7.7, mentre per i bagni e per la cucina si utilizza il ricambio orario di 4 vol/h.

VENTILAZIONE UNITA' A-BIS						
A-BIS	occupanti	Superficie	Q	ricambi orari estrazione	Portata immissione	Portata estrazione
		m^2	m^3/h	vol/h	m^3/h	m^3/h
soggiorno	2	31	79,2	\	79,2	\
camera 1	1	23	39,6	\	39,6	\
bagno 1	\	5,3	\	4	\	64
camera 2	1	16	39,6	\	39,6	\
bagno 2	\	8,5	\	4	\	102
cucina	\	3,1	\	4	\	37,2
tinello	2	14	79,2	\	79,2	\
ingresso	\	15,7	\	\	\	\
PORTATA D'ARIA TOTALE					237,6	203,2

Tabella 7.7 Portate d'aria unità immobiliare A-Bis

7.3.1 Dimensionamento condotti d'aria

Note le portate d'aria da immettere e da estrarre in ogni ambiente occorre valutare il percorso dei condotti d'aria sia di immissione che di estrazione, in modo da ottimizzarne la distribuzione e riuscire a effettuare il recupero termico all'interno del recuperatore.

I condotti dell'aria si articoleranno all'interno del controsoffitto, mentre la centrale di ventilazione sarà installata in prossimità del vano scala. Trattandosi di un appartamento all'ultimo piano, l'aria di rinnovo esterna è prelevata attraverso un condotto sul terrazzo, mentre l'espulsione dell'aria estratta dagli ambienti avviene tramite condotto, sempre nel terrazzo.

I condotti, circolari rugosi, sono stati dimensionati, attraverso il diagramma Caleffi (46), scegliendo diametri che assicurassero velocità nei condotti principali non oltre $4,5 \text{ m/s}$ e nei condotti secondari non oltre 3 m/s .

Poiché la portata d'aria totale è 237 m³/h, dal diagramma Caleffi si vede che il condotto tale per cui la velocità sia inferiore ai 4,5 m/s è di 160 mm di diametro.

Per questo valore di portata e di diametro la perdita di carico lineare è $\Delta P=1,6$ Pa/m.

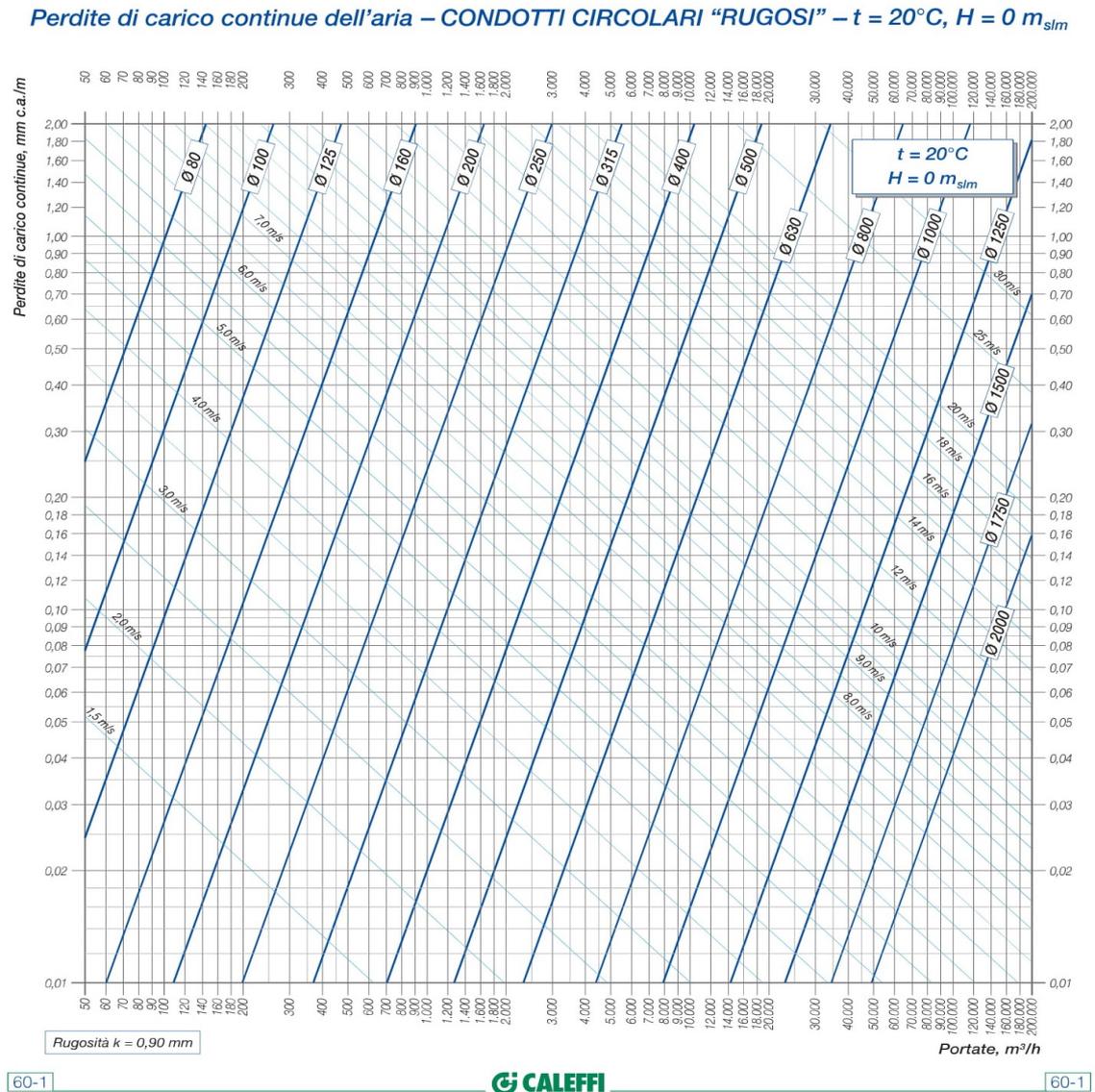


Figura 7.3 Diagramma Caleffi perdite di carico aria

DIMENSIONE CONDOTTI DI IMMISSIONE			
<i>canale primario</i>			
<i>tratto</i>	<i>portata</i>	<i>diametro</i>	<i>velocità</i>
	<i>m³/h</i>	<i>mm</i>	<i>m/s</i>
<i>0-1M</i>	237,6	160	3,28
<i>1M-2M</i>	79,2	100	2,80
<i>canali secondari</i>			
<i>tratto</i>	<i>portata</i>	<i>diametro</i>	<i>velocità</i>
	<i>m³/h</i>	<i>mm</i>	<i>m/s</i>
<i>Immissione tinello</i>	79,2	100	2,80
<i>Immissione soggiorno</i>	79,2	100	2,80
<i>Immissione camera 1</i>	39,6	80	2,19
<i>Immissione camera 2</i>	39,6	80	2,19

Tabella 7.8 Dimensionamento immissione aria

DIMENSIONE CONDOTTI DI ESTRAZIONE			
<i>canale primario</i>			
<i>tratto</i>	<i>portata</i>	<i>diametro</i>	<i>velocità</i>
	<i>m³/h</i>	<i>mm</i>	<i>m/s</i>
<i>0-1R</i>	203,2	160	2,81
<i>1R-2R</i>	166	160	2,29
<i>2R-3R</i>	64	100	2,26
<i>canali secondari</i>			
<i>tratto</i>	<i>portata</i>	<i>diametro</i>	<i>velocità</i>
	<i>m³/h</i>	<i>mm</i>	<i>m/s</i>
<i>Estrazione bagno 1</i>	64	100	2,26
<i>Estrazione bagno 2</i>	102	100	3,61
<i>Estrazione cucina</i>	37,2	80	2,06

Tabella 7.9 Dimensionamento estrazione aria

Si prevede l'installazione nei bagni e nella cucina di valvole di ripresa con cono centrale regolabile, Modello EVVRC 100 Ecoclima (47). Invece per quanto riguarda l'immissione, si installeranno diffusori circolari a cono regolabili, Modello EDRA 100 Ecoclima (48).

Dopo aver dimensionato i condotti occorre scegliere il ventilatore corretto in base a due criteri:

- La portata necessaria;
- La pressione che il ventilatore dovrà sviluppare per vincere le resistenze del circuito aeraulico;

La portata, come visto precedentemente, viene fissata in funzione della tipologia e della destinazione d'uso dell'ambiente da ventilare, mentre per il calcolo delle perdite di carico occorre valutare, oltre alla portata stessa, anche la presenza o meno di elementi come filtri e serrande nell'impianto.

Per stabilire la pressione statica che il ventilatore deve sviluppare per garantire la portata d'aria richiesta occorre considerare tutti gli elementi componenti il circuito aeraulico che causano riduzioni di pressione, tra questi ci sono:

- Perdite all'entrata del sistema;
- Perdite dovute all'attrito nei condotti;
- Perdite provocate da variazioni di sezione;
- Perdite per cambiamenti di direzione;
- Perdite causate dalla divisione del flusso in diversi rami;
- Perdite dovute ad ostruzioni griglie, diffusori;
- Perdite provocate dai filtri;
- Perdite all'uscita del sistema;
- Perdite di carico nei condotti.

Le perdite di carico nei condotti sono quelle causate dall'attrito tra l'aria in movimento e le pareti interne della canalizzazione. Le perdite di carico risultano tanto più elevate quanto più alta è la velocità dell'aria (proporzionalmente al quadrato della velocità) e quanto più rugose sono le superfici della canalizzazione. La perdita di carico lineare, come detto precedentemente, è assunta nel presente caso pari a $\Delta P=1,6$ Pa/m.

Di seguito vengono riportate le piante dell'unità A-BIS con la rete di distribuzione dell'aria e le caratteristiche dei singoli ambienti.

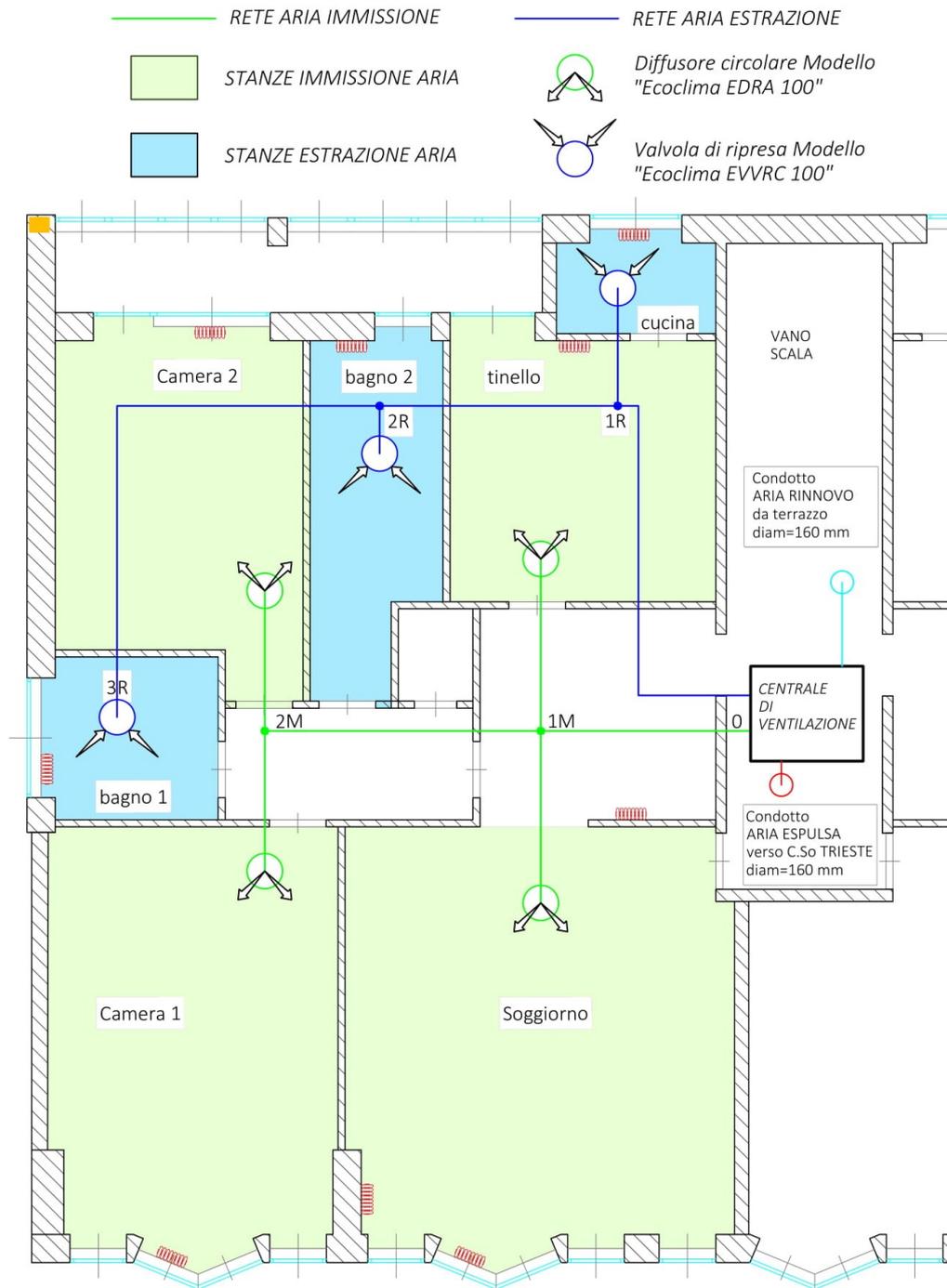


Figura 7.4 Schema condotti impianto aria

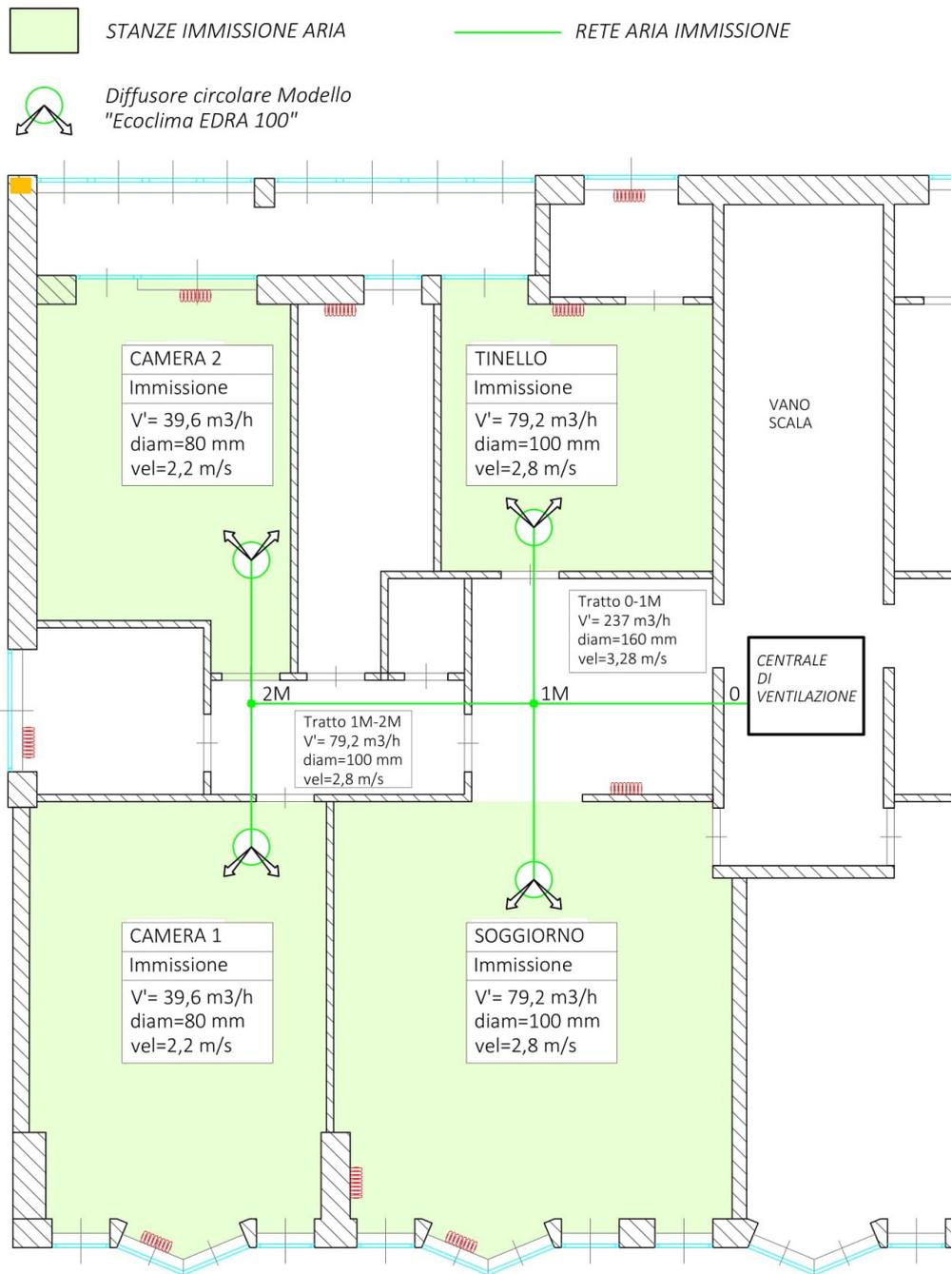


Figura 7.5 Dettagli condotti di immissione aria

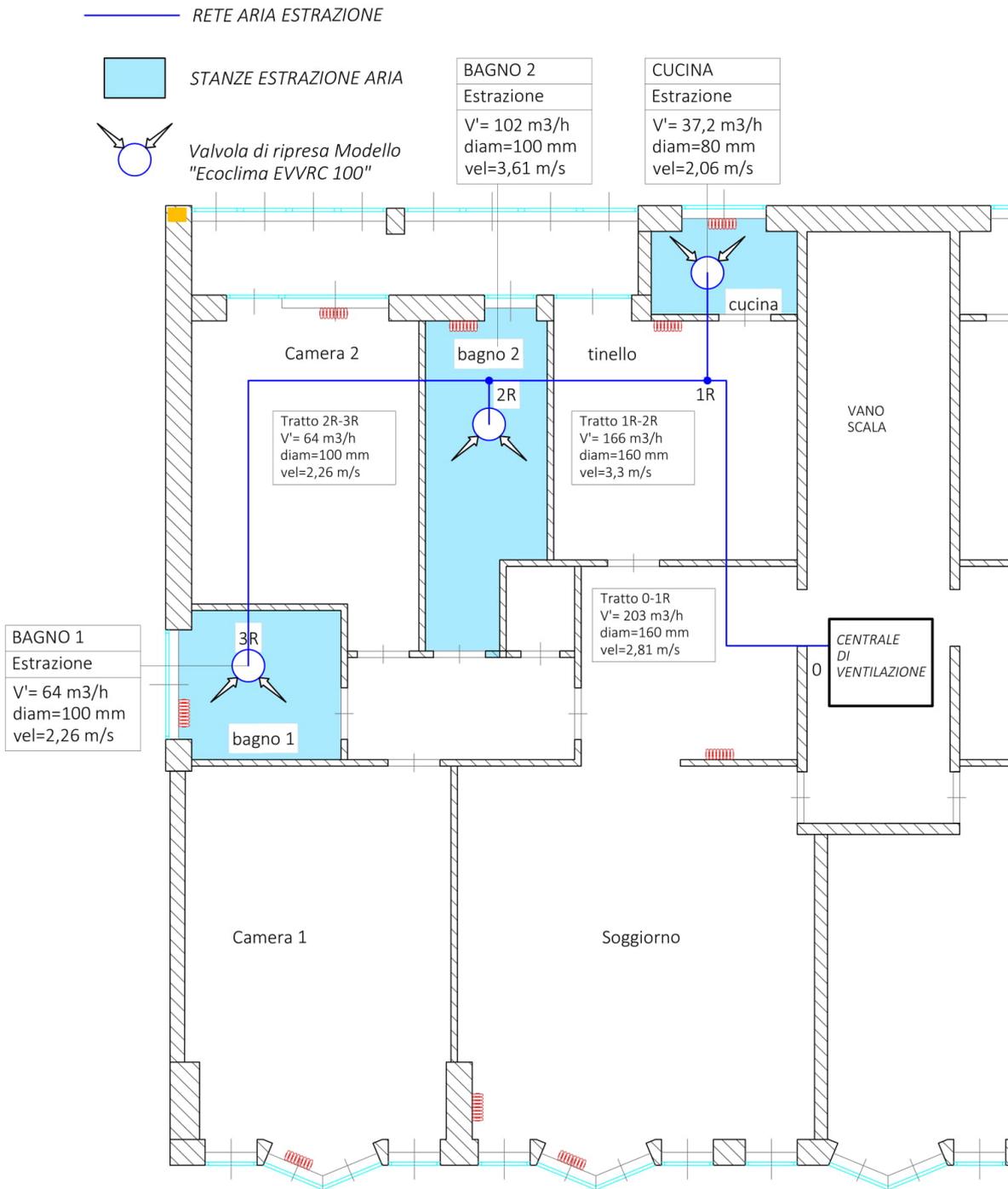


Figura 7.6 Dettagli condotti di Estrazione aria

7.3.2 Centrale di ventilazione e recupero calore

Nel progetto dell'impianto VMC è stata scelta l'installazione di un sistema di ventilazione a doppio flusso con recupero di calore ad alta efficienza adatto alle esigenze dell'appartamento, in accordo alle considerazioni di portata di immissione ed estrazione precedentemente analizzate. (49)

Il modello scelto è della serie "IRSAIR 350 HOR", ovvero una centrale di ventilazione e recupero di calore capace di lavorare con portate fino a 350 m³/h. Si tratta di una centrale a doppio flusso con recupero di calore statico ad elevato rendimento, adatta per alloggi con superfici fino a 150 m².

L'installazione delle condotte d'aria e della centrale avviene nel controsoffitto.

Caratteristiche scambiatore

Lo scambiatore è in controcorrente, in propilene, ad altissima efficienza, capace di raggiungere un recupero di calore sensibile oltre il 90%, in accordo alle prestazioni misurate secondo la norma UNI EN 308. Si tratta di un recuperatore statico a piastre, a flusso incrociato in cui le portate di aria espulsa e immessa attraversano gli strati piani e sono mantenute separate da apposite sigillature. L'unità presenta inoltre filtri F7, secondo EN779, che garantiscono la protezione del recuperatore di calore e un'ottimale filtrazione dell'aria nuova immessa nell'ambiente.

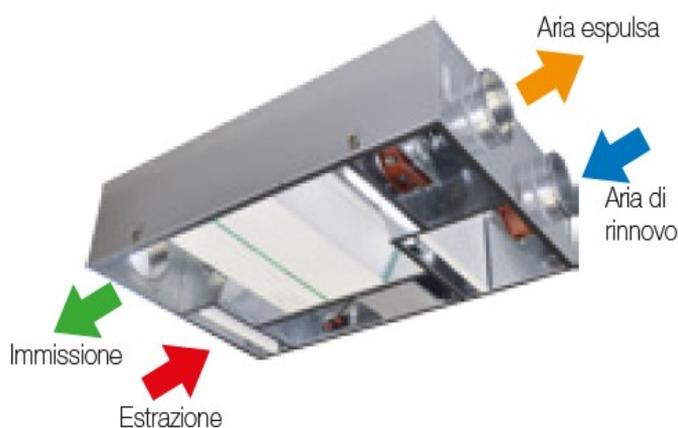


Figura 7.7 Schema configurazione flussi

Sistemi di comando e controllo

I ventilatori sono regolabili con 3 velocità, inoltre è possibile gestire il free-cooling estivo con bypass automatico. L'unità segnala quando i filtri del recuperatore sono troppo usurati e occlusi, in modo da provvedere alla sostituzione e manutenzione, ordinaria e straordinaria.

Caratteristiche ventilatori

Per il calcolo della potenza dei ventilatori di immissione e di estrazione occorre calcolare sia le perdite concentrate che quelle continue nei rispettivi tratti. Inoltre, dalle schede tecniche, si ricavano le cadute di pressione all'interno dello scambiatore, del diffusore e della valvola di estrazione. Per ragioni di sicurezza, si va a moltiplicare la caduta di pressione totale per un fattore correttivo, ipotizzato di 1,5 e quindi si ricava la potenza elettrica necessaria per ogni ventilatore.

Immissione			Estrazione		
Perdita di carico continua dell'aria	1,6	Pa/m	Perdita di carico continua dell'aria	1,6	Pa/m
ΔP scambiatore	150	Pa	ΔP scambiatore	150	Pa
ΔP diffusore	20	Pa	ΔP valvola estrazione	100	Pa
Tot perdite continue	14,88	Pa	Tot perdite continue	15,2	Pa
Tot perdite concentrate	20	Pa	Tot perdite concentrate	20	Pa
f,sicurezza	1,5	\	f,sicurezza	1,5	\
ΔP Totale	307,32	Pa	ΔP Totale	427,8	Pa
Portata	237,6	m³/h	Portata	203,2	m³/h
Potenza	25	W	Potenza	28,7	W

Tabella 7.10 Dimensionamento ventilatori VMC

I ventilatori installati nella centrale di ventilazione scelta sono dimensionati per una portata massima di 350 m³/h. Dalle curve aerauliche del modello scelto si ottengono i dati relativi a potenza e pressione statica del ventilatore alla portata di progetto di 240 m³/h.

Ventilatori EC, centrifughi a basso consumo con caratteristiche in tabella, da scheda tecnica della centrale di ventilazione "IRSAIR 350 HOR" (49):

Modello	Portata con velocità al 100%		Tipo motori	Potenza totale motori max
	m ³ /h	Pa utile		W
IRSAIR 350 HOR	352	100	EC	175
IRSAIR 350 HOR (condizioni di progetto)	240	270	EC	80

Tabella 7.11 Caratteristiche tecniche ventilatori "IRSAIR 350 HOR"

8 Ripartizione spesa energetica

In questo capitolo viene effettuata la ripartizione della spesa energetica per il complesso residenziale in esame. I dati sui millesimi di proprietà sono stati forniti dall'amministratore di condominio. Attualmente il criterio di ripartizione delle spese per il riscaldamento si basa sui millesimi di proprietà, ma in seguito, per adattarsi alla UNI 10200:2018 verrà svolto il calcolo previsionale della ripartizione delle spese in base ai millesimi di fabbisogno (13).

8.1 Calcolo millesimi di fabbisogno

Per il calcolo dei millesimi di fabbisogno si fa riferimento al fabbisogno ideale della singola unità immobiliare, considerata nelle condizioni originali. Per il calcolo delle condizioni originali, come prevede la norma, è stato considerato l'edificio originale, senza la sostituzione degli infissi negli appartamenti che hanno provveduto ad effettuarla (Modello - valutazione A2).

Vengono utilizzati i millesimi di fabbisogno, e non i millesimi di potenza, poiché nella norma 10200 è specificato che in caso di riscaldamento idronico, per impianti provvisti di termoregolazione, si adottano i millesimi di fabbisogno, visto che l'utente ha la possibilità di agire sulla potenza erogata dai corpi scaldanti. Se l'impianto fosse stato sprovvisto di termoregolazione si sarebbero adottati i millesimi di potenza, dal momento che l'uso potenziale del servizio è rappresentato dalla potenza termica installata.

La norma UNI 10200 prevede anche che i due corpi del n.35 e n.35-Bis vengano considerati separatamente per le spese di ripartizione. A questo proposito si calcolano i millesimi di proprietà e i millesimi di fabbisogno per i due edifici, considerati separatamente.

	fabbisogno ideale	millesimi di fabbisogno	millesimi di proprietà
	kWh	-	-
Colonna A			
<i>A-PT</i>	5715	19,7	15,81
<i>A1</i>	5398	18,6	24,03
<i>A2</i>	5823	20,1	23,39
<i>A3</i>	5822	20,1	23,39
<i>A4</i>	5822	20,1	23,39
<i>A5</i>	3882	13,4	17,70
<i>A6</i>	3882	13,4	17,70
<i>A7</i>	3882	13,4	17,70
<i>A8</i>	13974	48,3	23,39
Colonna B			
<i>B-PT</i>	8173	28,2	22,76
<i>B1</i>	3874	13,4	24,34
<i>B2</i>	3819	13,2	24,66
<i>B3</i>	3819	13,2	24,66
<i>B4</i>	8456	29,2	42,68
<i>B5</i>	5807	20,1	30,03

<i>B6</i>	5807	20,1	30,03
<i>B7</i>	5807	20,1	30,03
<i>B8</i>	15782	54,5	30,98
Colonna C			
<i>C-PT</i>	17212	59,4	31,72
<i>C1</i>	4982	17,2	17,70
<i>C2</i>	3327	11,5	18,02
<i>C3</i>	8388	29,0	36,99
<i>C5</i>	2210	7,6	17,70
<i>C6</i>	3327	11,5	18,02
<i>C7</i>	7839	27,1	36,99
Colonna D			
<i>D1</i>	9852	34,0	29,40
<i>D2</i>	5764	19,9	22,76
<i>D4</i>	8091	27,9	29,72
<i>D5</i>	6710	23,2	23,08
<i>D6</i>	5402	18,7	22,76
<i>D8</i>	34306	118,5	62,28
Colonna E			
<i>E1</i>	13641	47,1	28,77
<i>E2</i>	6981	24,1	25,29
<i>E3</i>	9187	31,7	31,93
<i>E4</i>	4335	15,0	18,02
<i>E5</i>	6806	23,5	24,97
<i>E6</i>	6806	23,5	25,29
<i>E7</i>	8883	30,7	31,93
35-BIS			
<i>N1</i>	11114	135,6	151,94
<i>N2</i>	8011	97,8	107,77
<i>N3</i>	8011	97,8	107,77
<i>N4</i>	11178	136,4	150,18
<i>A-BIS</i>	20494	250,1	233,22
<i>B-BIS</i>	23124	282,2	249,12

Tabella 8.1 Millesimi di proprietà e di fabbisogno

8.2 Procedura di calcolo per la formulazione del prospetto previsionale

Per la compilazione del prospetto previsionale si va prima di tutto a valutare il consumo totale di energia termica, ottenibile dal modello, e successivamente si determina la frazione di consumo involontario a pieno utilizzo per ottenere la quota di consumo involontario. Per differenza si ottiene infine la quota volontaria per ciascuno dei due corpi. Non essendoci parti in comune riscaldate, non è necessaria la ripartizione delle spese energetiche di queste tramite millesimi di proprietà.

Nell'analisi svolta verrà poi fatto un confronto tra la spesa ottenuta con l'attuale criterio di ripartizione, ovvero i millesimi di proprietà, e la spesa applicando invece la norma 10200-2018.

Si assume inoltre una spesa gestionale annua di 500 € per l'edificio n.35 e di 200 € per l'edificio n.35.

Le frazioni di consumo involontario a pieno utilizzo, con l'installazione di collettori e contabilizzatori diretti per ogni alloggio, sono le seguenti:

<i>C.SO TRIESTE 35</i>	$f_{H,inv}=0,10$	Impianto con satelliti di utenza con valvole a due vie modulanti
<i>C.SO TRIESTE 35-BIS</i>	$f_{H,inv}=0,10$	Impianto con satelliti di utenza con valvole a due vie modulanti

Tabella 8.2 frazione di consumo involontario per i corpi di C.So Trieste 35 e 35-bis

Si riportano nella Tabella 8.3 i consumi di energia termica per i due edifici analizzati, cioè il corpo n.35 e il corpo n.35-bis, in seguito alle opere di riqualificazione energetica eseguite sull'impianto termico. Il costo dell'energia fa riferimento al prezzo unitario del teleriscaldamento fornito da "Iren Energia S.p.a" al primo trimestre del 2019. Per le spese di energia elettrica, dovuta agli ausiliari, è stato preso come riferimento il prezzo di 0,24 €/kWh_{el}. (50)

CORSO TRIESTE 35							
Q_{tot}	$f_{x,inv}$	$Q_{x,inv}$	$Q_{x,vol}$	costo telerisc.	$Q_{el,aux}$	Spesa energetica	Spesa gestionale
kWh _t	-	kWh _t	kWh _t	€/kWh _t	kWh _{el}	€	€
291047	0,1	29104,7	261942,3	0,08459	1482	24975,35	500
CORSO TRIESTE 35-BIS							
Q_{tot}	$f_{x,inv}$	$Q_{x,inv}$	$Q_{x,vol}$	costo telerisc.	$Q_{el,aux}$	Spesa energetica	Spesa gestionale
kWh _t	-	kWh _t	kWh _t	€/kWh _t	kWh _{el}	€	€
87023	0,1	8702,3	78320,7	0,08459	356	7446,71	200

Tabella 8.3 Consumi volontari e involontari C.so Trieste 35 e 35-bis

	$Q_{x,vol,j}$	$Q_{x,inv,j}$	spesa con 10200	Spesa con millesimi di proprietà	Δ Spesa
unità	kWh	kWh	€	€	€
BIS PIANO TERRA					
<i>N1</i>	10624,1	1180,5	1037,3	1161,87	-124,60
<i>N2</i>	7657,9	850,9	747,7	824,12	-76,45
<i>N3</i>	7657,9	850,9	747,7	824,12	-76,45
<i>N4</i>	10685,3	1187,3	1043,2	1148,36	-105,12
BIS PRIMO PIANO					
<i>A-BIS</i>	19590,7	2176,7	1912,7	1783,33	129,37
<i>B-BIS</i>	22104,8	2456,1	2158,2	1904,92	253,24

Tabella 8.4 Prospetto previsionale ripartizione spese corpo n.35-bis

	$Q_{x,vol,j}$	$Q_{x,inv,j}$	spesa con 10200	Spesa con millesimi di proprietà	Δ Spesa
unità	kWh	kWh	€	€	€
Colonna A					
<i>A-PT</i>	5169,3	574,4	502,7	402,67	100,08
<i>A1</i>	4882,6	542,5	474,9	612,05	-137,19
<i>A2</i>	5267,0	585,2	512,2	595,95	-83,70
<i>A3</i>	5266,1	585,1	512,2	595,95	-83,79
<i>A4</i>	5266,1	585,1	512,2	595,95	-83,79
<i>A5</i>	3511,3	390,1	341,5	450,99	-109,49
<i>A6</i>	3511,3	390,1	341,5	450,99	-109,49
<i>A7</i>	3511,3	390,1	341,5	450,99	-109,49
<i>A8</i>	12639,7	1404,4	1229,3	595,95	633,34
Colonna B					
<i>B-PT</i>	7392,6	821,4	719,0	579,84	139,14
<i>B1</i>	3504,1	389,3	340,8	620,11	-279,31
<i>B2</i>	3454,4	383,8	336,0	628,16	-292,20
<i>B3</i>	3454,4	383,8	336,0	628,16	-292,20
<i>B4</i>	7648,6	849,8	743,9	1087,20	-343,33
<i>B5</i>	5252,5	583,6	510,8	765,07	-254,23
<i>B6</i>	5252,5	583,6	510,8	765,07	-254,23
<i>B7</i>	5252,5	583,6	510,8	765,07	-254,23
<i>B8</i>	14275,1	1586,1	1388,3	789,23	599,11
Colonna C					
<i>Palestra</i>	15568,6	1729,8	1514,1	808,02	706,11
<i>C1</i>	4506,3	500,7	438,3	450,99	-12,72
<i>C2</i>	3009,3	334,4	292,7	459,04	-166,36
<i>C3</i>	7587,1	843,0	737,9	942,24	-204,35
<i>C5</i>	1999,0	222,1	194,4	450,99	-256,57
<i>C6</i>	3009,3	334,4	292,7	459,04	-166,36
<i>C7</i>	7090,5	787,8	689,6	942,24	-252,65
Colonna D					
<i>D1</i>	8911,3	990,1	866,7	748,96	117,72
<i>D2</i>	5213,6	579,3	507,1	579,84	-72,78
<i>D4</i>	7318,5	813,2	711,8	757,01	-45,25
<i>D5</i>	6069,3	674,4	590,3	587,89	2,38
<i>D6</i>	4886,2	542,9	475,2	579,84	-104,63
<i>D8</i>	31030,4	3447,8	3017,9	1586,50	1431,38
Colonna E					
<i>E1</i>	12338,5	1370,9	1200,0	732,85	467,14
<i>E2</i>	6314,4	701,6	614,1	644,27	-30,15
<i>E3</i>	8309,8	923,3	808,2	813,39	-5,21
<i>E4</i>	3921,1	435,7	381,3	459,04	-77,69
<i>E5</i>	6156,2	684,0	598,7	636,21	-37,49
<i>E6</i>	6156,2	684,0	598,7	644,27	-45,55
<i>E7</i>	8034,8	892,8	781,4	813,39	-31,95

Tabella 8.5 Prospetto previsionale ripartizione spese corpo n.35

Con la formulazione del prospetto previsionale, applicando la 10200, si ottengono aumenti di spesa energetica per gli appartamenti posti al piano terra e soprattutto all'ultimo piano. Ciò è dovuto alle elevate dispersioni di calore per gli appartamenti posizionati nei punti più svantaggiati del condominio, ultimo piano e piano terra, visto che non hanno appartamenti limitrofi che contribuiscono a diminuire gli scambi termici. Inoltre, occorre sottolineare come l'esposizione dell'appartamento influisca sui millesimi di fabbisogno calcolati, infatti le unità sulla colonna B e C, con esposizioni verso sud, hanno millesimi di fabbisogno più bassi rispetto alle unità con esposizione verso Nord.

Facendo il confronto con il metodo attualmente applicato, ovvero la ripartizione in base ai millesimi di proprietà, si nota come per gli appartamenti posizionati nei piani intermedi ci sia tendenzialmente un notevole risparmio sulla spesa energetica. Il prospetto è applicato solo al primo anno, dal successivo si pagherà in base ai consumi rilevati dai contatori di calore e quindi la spesa per la quota volontaria dipenderà dal comportamento dell'utente, mentre per la quota involontaria, ovvero tutte le perdite del sistema, si utilizzeranno i millesimi di fabbisogno già calcolati.

Non essendoci zone comuni riscaldate la spesa relativa al consumo energetico di queste non viene ripartita, altrimenti si sarebbe dovuto utilizzare il criterio basato sui millesimi di proprietà.

9 Conclusioni

Si definiscono sostenibili tutte quelle azioni che non comportano un danneggiamento o una perdita di risorse naturali e che quindi si svolgono nel pieno rispetto dell'ambiente. Il risparmio energetico rientra a pieno titolo tra queste azioni, ogni volta che si riesce ad usare meno energia sia attraverso migliorie tecnologiche che attraverso l'eliminazione di sprechi, si ottiene sia un risparmio economico che un beneficio a livello ambientale. Risparmiare energia è di per sé una fonte di energia, la più pulita ed economica che ci possa essere.

La questione energetica e la questione ambientale sono argomenti al centro delle politiche sia dei Paesi maggiormente industrializzati che di quelli in via di sviluppo. Una soluzione per risolvere le seguenti problematiche è l'uso razionale dell'energia attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica dei sistemi di produzione, distribuzione e degli utilizzatori finali.

Il patrimonio edilizio italiano è molto datato e comincia a presentare i segni del tempo attraverso problematiche dal punto di vista estetico, strutturale e impiantistico. Molti edifici infatti sono ancora troppo poco sostenibili e presentano per questa ragione margini di miglioramento energetico ampissimi, spesso non sfruttati. Il caso in esame ha dimostrato come con interventi mirati di sostituzione dei sistemi di emissione e distribuzione, associati alla termoregolazione e alla contabilizzazione delle zone soggette a riscaldamento, sia possibile risparmiare circa il 30% dell'energia primaria. Troppe volte ci si concentra solamente sullo stato dell'involucro senza dare la giusta attenzione invece agli aspetti impiantistici, spesso fatiscenti e degradati a causa di manutenzioni carenti o di incuria da parte degli utenti.

Lo studio effettuato su una realtà condominiale, tipica di una città come Torino densamente edificata, evidenzia l'importanza di alcune misure di risparmio energetico atte a responsabilizzare l'utente consentendogli di avere autonomia termica senza dover rinunciare però al comfort. Solo attraverso un'analisi attenta del sistema installato e delle esigenze degli utenti è stato possibile svolgere il lavoro di progettazione descritto in questa tesi.

Gli utenti infatti, insoddisfatti dei terminali presenti nell'edificio, ovvero termoconvettori, denunciavano situazioni di discomfort termico, dovuto a temperature troppo elevate, negli appartamenti ai piani centrali e con esposizione verso sud, o troppo basse, nelle unità all'ultimo piano e in alcune stanze esposte a Nord. L'insoddisfazione, legata al fatto di non poter regolare opportunamente la temperatura all'interno degli appartamenti attraverso termostati o valvole termostatiche, si traduceva in comportamenti energeticamente dannosi. Dai sopralluoghi e dalle interviste si è potuto constatare come alcune persone fossero obbligate a spalancare le finestre in pieno inverno per ovviare a temperature troppo elevate all'interno dell'unità, oppure a munirsi di apparecchi elettrici per far fronte ad ambienti troppo freddi, gesti contrari ai principi di risparmio energetico finora esposti. L'unica strada per permettere agli utenti di evitare inutili sprechi energetici prevede quindi l'attuazione degli interventi di contabilizzazione e termoregolazione proposti nel lavoro di tesi svolto. Si otterranno benefici non solo in termini economici, con una spesa energetica proporzionale al reale consumo, e quindi alle reali esigenze dell'utente, ma soprattutto benefici di comfort, senza dover più obbligare l'utente né ad aumentare le dispersioni termiche, aprendo le finestre, né ad installare ulteriori dispositivi, comportamenti dal punto di vista energetico ingiustificabili.

In conclusione, si può sottolineare come la riqualificazione dell'impianto termico rappresenti un ottimo strumento per il risparmio energetico, soprattutto in quelle realtà, come la nostra, caratterizzate da edifici datati e per questo motivo molto energivori. Un edificio reso efficiente è solo il primo passo verso l'obiettivo ambizioso di ottenere edifici "a consumi zero". Le sfide nel settore edilizio, riguardanti nuovi materiali, componenti, fonti energetiche e sistemi di Home Building Automation sono quantomai aperte e si prefigurano di primaria importanza al fine di garantire uno sviluppo sostenibile alla nostra società.

10 Bibliografia e sitografia

1. Portale4E. http://www.portale4e.it/pa_guide_dettaglio.aspx?ID=1.
2. Arpa Piemonte. <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/energia/impianti-termici-domande-e-risposte/scheda-6-termoregolazione-e-contabilizzazione>.
3. Legge 10/91. *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*. 1991.
4. D.P.R. 412/93.
5. D.P.R. 74/2013.
6. D.P.R. 551/99.
7. D.P.R. 59/2009. 2009.
8. D.Lgs. 4 Luglio 2014, n.102.
9. Tasse-Fisco. <http://www.tasse-fisco.com/dichiarazione-dei-redditi-730-o-unico/detrazione-contabilizzatori-calore-termosifoni-valvole-termostatiche-installazione/28739/>.
10. Caleffi. 39-Idraulica: Autonomia termica e ripartizione delle spese. 2010.
11. Caleffi. 34-Idraulica: Il bilanciamento degli impianti a valvole termostatiche. 2008.
12. Caleffi. 48-Idraulica: Il bilanciamento degli impianti. 2015.
13. Norma UNI 10200. *Criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale, estiva e produzione di acqua calda sanitaria*. 2018.
14. Pierangelo Andreini, Franco Soma. *Climatizzazione degli edifici*. Hoepli, 2014.
15. Norma UNI EN 834. *Ripartitori dei costi di riscaldamento per la determinazione del consumo dei radiatori*. 2013.
16. Nuova UNI 10200: cambia la ripartizione spese impianti centralizzati. <https://blog.blumatica.it/nuova-uni-10200-come-cambia-la-ripartizione-spese-impianti-centralizzati/>.
17. Norma UNI 10349. *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici*. 2016.
18. V. Corrado, I. Ballarini e P. S. Corgnati. *Building Typology Brouchure - Italy, Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana*. Torino, 2014.
19. Norma UNI/TR 11552. *Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici*. 2014.
20. DHS-Amarc Torino. <https://www.amarcdhs.it/docs/DHS-TORINO.pdf>.
21. Iren Energia - Informazioni commerciali. <https://www.gruppoiren.it/teleriscaldamento-informazioni-commerciali>.
22. DHS-Amarc regolazione. <https://www.amarcdhs.it/docs/DHS-AVD500.pdf>.
23. Evoplus San - Dab Pumps. https://www.dabpumps.com/sites/default/files/2016-03/EVOPLUS_EVOPPLUS%20SAN_TS_ITA.pdf.

24. Elbi-Termoidraulica. scheda tecnica vaso espansione ERCE.
25. Edilclima. Manuale d'uso: EC700 Calcolo prestazioni energetiche dell'edificio. 2015.
26. Norma UNI/TS 11300 - Parte 1. *Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*. 2014.
27. Norma UNI/TS 11300 - Parte 2. *Determinazione del fabbisogno di energia primaria dell'edificio e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria*. 2014.
28. Norma 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*. 2016.
29. ARPA. Banca Dati metereologica Piemonte.
https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/accesso-ai-dati/annali_meteoidrologici/annali-meteo-idro/banca-dati-meteorologica.html.
30. Iren Energia - Fattore di conversione.
<https://www.gruppouiren.it/documents/21402/69847/PEF+2018+-+Torino.pdf/4bc7fbb3-2748-4319-bfa3-44530f3559ba>.
31. Scheda Tecnica PEX (Giacomini).
32. Scheda tecnica Eurobatex. http://www.unionfoam.it/brochure/EUROBATEX_ita.pdf.
33. Doninelli, Mario. Quaderno 1: Le reti di distribuzione. Quaderni Caleffi, 2007.
34. Scheda tecnica Grundfos Magna. <https://www.schede-tecniche.it/schede-tecniche-pompe/GRUNDFOS-scheda-tecnica-circolatori-MAGNA-3.pdf>.
35. Scheda Tecnica collettore (Caleffi).
36. Scheda Tecnica radiatore (Zehnder).
37. Scheda Tecnica contabilizzatore (Conteca - Caleffi).
38. Sorgenia. *Prezzo kWh elettrico medio*. <https://www.sorgenia.it/guida-energia/elettricit/costo-del-kwh-in-italia-e-europa>.
39. Iren Energia - Prezzo teleriscaldamento.
<https://www.irenlucegas.it/documents/66424/360788/TORINO+tariffe+tele+I°+trim+2019.pdf/af2d6de4-69e7-4b90-b4b4-660f1418c30e>.
40. Prezzo Installazione valvola termostatica. <https://www.ediltecnico.it/37973/valvole-termostatiche-obbligatorie-i-prezzi-in-italia/>.
41. ENEA. Coordinamento Gestione Meccanismo Detrazioni Fiscali. <http://www.acs.enea.it/>.
42. D.M. 26 Giugno 2015.
43. V.Corrado. Slides corso "Energy Audit and Certification of Buildings - Energy Efficiency measures". anno accademico 2017/2018.
44. Norma UNI 10339. *Impianti aeraulici al fine di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura*. 1995.

45. ExpoClima. *Dossier tecnico - La VMC puntuale e gli altri sistemi di Ventilazione Meccanica Controllata*.
http://www.expoclima.net/dossier/64/i_diversi_sistemi_di_ventilazione_meccanica_ccontrollata.htm.
46. Doninelli, Marco e Mario. Tabelle e diagrammi perdite di carico aria.
47. Scheda tecnica EVVRC Valvola di ventilazione per l'estrazione dell'aria. *Ecoclima*.
<https://www.ecoclima.com/catalogo-generale/diffusione~1/diffusori~2/evvrc-valvole-di-ventilazione-per-l-estrazione-dell-aria~1785.html>.
48. Scheda tecnica diffusore EDRA. *Ecoclima*. <https://www.ecoclima.com/catalogo-generale/diffusione~1/diffusori~2/edra-diffusori-circolari-a-coni-regolabili~3.html>.
49. IRSAP. *Scheda tecnica IRSAIR 350 HOR*. <https://www.irsap.it/it/vmc/p/40-irsair-350-hor>.
50. Prezzo energia elettrica kWh. <https://www.irenlucegas.it/risparmio-energetico/energia-elettrica-e-gas/costo-energia-elettrica>.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare tutte le persone che in questi anni hanno contribuito, in modo diverso, al raggiungimento di questo importante traguardo.

Un ringraziamento speciale va al relatore Prof. Masoero per la sua disponibilità e per i preziosi consigli durante il percorso di tesi.

Inoltre, vorrei ringraziare Dino, Pasquale e Valeria per avermi dato l'opportunità di introdurmi in una realtà professionale come la "Nosmet Ingegneria S.r.l", aiutandomi e mostrandosi sempre disponibili durante tutta la fase di progetto.

Desidero ringraziare tutti i miei amici, sia compagni di corso, di squadra o di casa che hanno condiviso con me momenti di gioia e di sconforto e che, vicini o lontani, ci sono sempre stati, senza mai farmi sentire solo. Ringrazio inoltre Arianna per la sua vicinanza e il sostegno in questi mesi così delicati.

In questo giorno importante, un pensiero va ai miei nonni, Gino e Pierina, e a Gianni, che sicuramente, da lassù saranno fieri di me.

Un ringraziamento speciale va a tutta la mia famiglia, per i sacrifici, soprattutto economici, che hanno compiuto per farmi arrivare a questo importante obiettivo, rincorandomi in ogni occasione e dandomi sempre tranquillità. In particolare, con questo lavoro spero di poter ripagare almeno in parte tutti i sacrifici che mio papà ha fatto per permettermi di arrivare fino a qui, accompagnandomi ogni giorno dai tempi della materna fino ad oggi. Un grazie speciale anche a mia Zia Giuliana, a cui sono molto legato.