



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica

APPLICAZIONE DI UN CONTRATTO E.P.C. AL RETROFIT DI UN CONDOMINIO RESIDENZIALE

Relatore:

Prof. Arturo Lorenzoni

Correlatore:

Ing. Francesco Visentin

Laureando:

Enrico Adami

n° matricola

1085632

Anno Accademico 2015/2016

Sommario

1.	Prefazione	6
1.1	L'efficienza energetica nell'edilizia italiana.....	10
2.	Normativa italiana ed europea	14
2.1	Legge 373/1976	14
2.2	Legge 10/1991	14
2.3	D.P.R. 26 agosto 1993, n°412.....	15
2.4	Anni '90 e la nascita dell'Europa: le direttive EU e il Protocollo di Kyoto.	16
2.5	Direttiva europea 2002/91 – EPBD	16
2.6	Decreti legislativi 16 agosto 2005 n°192 – 29 dicembre 2006 n°311.....	17
2.7	Direttiva europea 2006/32/CE – Decreto legislativo 30 maggio 2008 n° 115.....	18
2.8	Direttiva europea 23 aprile 2009 – Pacchetto 20–20–20	19
2.9	D.P.R. 2 aprile 2009 n°59.....	19
2.10	Decreto interministeriale 26 giugno 2009 - Linee Guida Nazionali ACE.....	20
2.11	Direttiva Europea n°28 del 2009 – Decreto legislativo 3 marzo 2011 n° 28.....	21
2.12	Decreto interministeriale 22 novembre 2012.....	22
2.13	Direttiva europea n°31 del 2010 – D.L. 4 giugno 2013 n°63	22
2.14	Direttiva europea n°27 del 2012 – Decreto legislativo 4 luglio 2014 n°102.....	23
2.15	Decreti interministeriali del 26 giugno 2015	24
2.15.1	Decreto “Requisiti minimi”	24
2.15.2	Decreto “Linee guida APE 2015”.....	24
2.15.3	Decreto “Relazione tecnica di progetto”	25
3.	Cosa sono le E.S.Co.	26
3.1	Il contratto E.P.C.....	27
4.	L'edificio caso studio: condominio Vital & Carobolante	30
4.1	Descrizione generale.....	30
4.1.1	Analisi Termografica.....	33
4.1.2	Sopralluogo Centrale Termica	35
4.1.3	Sopralluogo nelle unità abitative	36
4.2	Analisi Bollette energetiche e calcolo della Baseline di riferimento	37
4.3	Modellazione energetica	38
4.3.1	Dati strutturali edificio	41
4.3.2	Precisazione sui valori dei coefficienti liminari	46
4.3.3	Risultati della simulazione energetica.....	48
4.3.4	Calcolo rendimento medio stagionale sottosistemi d'impianto.....	49
4.3.5	Calcolo del fabbisogno lordo e confronto con la baseline	53

5.	Contabilizzazione e ripartizione nei condomini centralizzati.....	54
5.1	Contabilizzazione diretta.....	55
5.2	Contabilizzazione indiretta.....	55
6.	Struttura del contratto E.P.C. Proposto.....	57
6.1	Definizione del canone.....	57
6.2	Aliquota I.V.A.....	60
7.	Proposte di intervento.....	61
7.1	Offerta Galletti con Stille	62
7.1.1	Configurazione impiantistica	63
7.1.2	Calcolo COP medio stagionale.....	64
7.1.3	Calcolo nuovi rendimenti sottosistemi di impianto	67
7.1.4	Calcolo fabbisogno energetico netto e lordo.....	68
7.1.5	Dimensionamento potenza macchina	69
7.1.6	Riforma delle tariffe elettriche: impatti sulle bollette.....	69
7.1.7	Aspetti economici e flussi di cassa lato E.S.Co.....	72
7.1.8	Aspetti economici e flussi di cassa lato condominio	75
7.1.9	Osservazioni finali	78
7.2	Offerta con pompa di calore ad assorbimento	78
7.2.1	Configurazione impiantistica	79
7.2.2	Impianto di termoregolazione e contabilizzazione del calore	81
7.2.3	Calcolo COP medio stagionale.....	83
7.2.4	Calcolo nuovi rendimenti sottosistemi di impianto	83
7.2.5	Calcolo fabbisogno energetico netto e lordo.....	86
7.2.6	Dimensionamento potenza macchina	87
7.3	Ipotesi alternativa: coibentazione del sottotetto	87
7.3.1	Calcolo fabbisogno energetico netto e lordo.....	89
7.3.2	Dimensionamento potenza macchina	90
7.3.3	Aspetti economici e flussi di cassa lato E.S.Co.....	91
7.3.4	Aspetti economici e flussi di cassa lato condominio	97
7.3.5	Osservazioni finali	99
8.	Pompa di calore a gas: una macchina poco conosciuta.....	99
9.	Perché un contratto E.P.C.	101
10.	Bibliografia e Sitografia	103

1. Prefazione

Sin dalla prima rivoluzione industriale, il progresso e il benessere economico dell'umanità intera è stato possibile grazie alla crescita dei consumi di energia. Tale forma di energia veniva prima prodotta mediante il lavoro di esseri umani e di animali e solo da allora grazie alla diffusione di macchine motrici.

Fu l'Inghilterra la patria della prima rivoluzione energetica dove la vasta disponibilità di combustibili legnosi e fossili incontrò la bravura dei primi pionieri in ambito ingegneristico quali James Watt e ciò rese possibile iniziare lo sfruttamento di queste riserve energetiche, ancora oggi massicciamente utilizzate in tutto il mondo.

Con la scoperta di nuovi giacimenti di idrocarburi e gli studi termodinamici condotti durante il XVIII e XIX sec. L'energia meccanica è entrata prepotentemente nel settore industriale e in quello dei trasporti, soppiantando velocemente le metodologie di lavoro tradizionale.

Successivamente l'avanzamento della ricerca nei materiali e gli studi di Edison e Tesla hanno permesso, a partire dagli anni '80 dell'800, la produzione e successiva trasmissione di un nuovo tipo di energia non disponibile in natura e mai prima d'ora utilizzato, dando un ulteriore impulso allo sviluppo economico mondiale: l'energia elettrica.

Fino alla fine del XIX secolo l'elettricità era confinata ai soli usi industriali, successivamente l'elettrificazione iniziò a coinvolgere anche le aree urbane di grandi città e in seguito di centri cittadini via via sempre più piccoli sino ad oggi, dove la totalità della popolazione occidentale ha accesso a tale vettore energetico.

Se da un lato l'uso indiscriminato di energia e la sua quasi totale produzione da fonti fossili grazie alla loro abbondanza ed economicità sta permettendo una impetuosa crescita della popolazione e della ricchezza, dall'altro lato ha aumentato e sta aumentando considerevolmente gli inquinanti prodotti dalla combustione e le emissioni in atmosfera di un sottoprodotto di tale processo che per natura non può essere evitato: l'anidride carbonica.

Fino agli anni '70 non ci fu interesse alcuno a limitare gli sprechi in fase sia di produzione che di consumo di energia. I limitati incrementi di efficienza negli usi di energia ottenuti sino ad ora perseguirono semplici logiche di tipo economico e ciò si tradusse in migliorie di tipo prettamente impiantistico alle macchine motrici produttrici di energia e quasi mai tale miglioramento coinvolse il suo uso finale.

Da allora, in seguito alla prima crisi petrolifera del 1973, si iniziò a parlare sempre più intensamente di politiche energetiche volte a incrementare l'efficienza con cui tale energia veniva non solo prodotta, ma anche consumata e a perseguire l'obiettivo di produrre quota via via crescenti di energia partendo da fonti non fossili, limitatamente per contenere le importazioni da paesi politicamente instabili e tutto ciò che tale sudditanza comporta.

Se da un lato quindi l'obiettivo cardine delle misure di efficienza era squisitamente di carattere economico volto a contenere le fatture energetiche dei singoli paesi, dall'altro emerse sempre di più nei governi del mondo, a partire dagli anni '90 con la nascita dell'UNFCCC, la necessità di contenere anche emissioni clima-alteranti ed inquinanti e ciò comportò il susseguirsi di ambiziosi programmi di contenimento dei consumi energetici, molto più incisivi di quanto fatto

sino ad allora. Si iniziò a parlare e discutere di costi esterni associati alla produzione di energia, politiche incentivanti sostenute dagli stati ai fini di ridurre l'uso di energia fossile e obiettivi vincolanti di riduzione di emissioni di gas ad effetto serra^[1].

La crescita dei consumi energetici avvenuta nel recente passato è di seguito riportata in fig. 1, in Milioni di tonnellate di petrolio equivalenti (Mtep): è possibile vedere in questo grafico come sia cresciuta la richiesta di energia dagli anni '70 ad oggi e come questa sia ripartita tra le varie fonti. Si può facilmente riscontrare come la maggior parte dei consumi mondiali sia ancora oggi soddisfatto da gas, petrolio e carbone ad eccezione della fascia arancione che rappresenta principalmente il consumo di biomassa nei paesi sottosviluppati. Il ruolo delle moderne tecnologie rinnovabili non idroelettriche è ad oggi, purtroppo, ancora marginale (in fascia rossa con etichetta "Other").

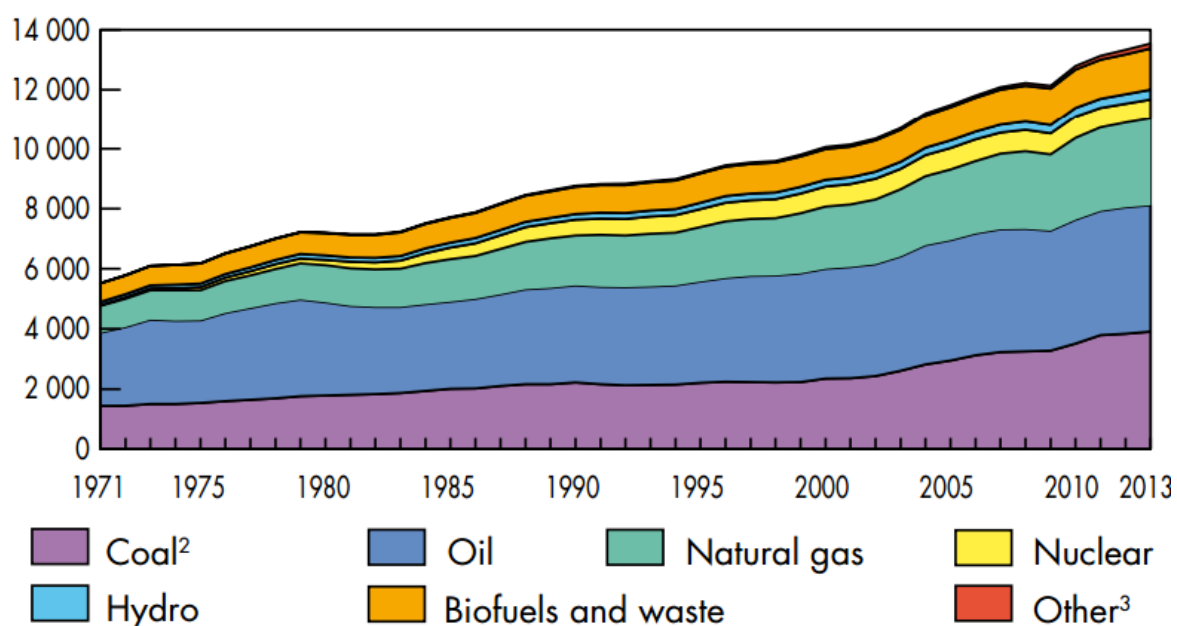


Figura 1: Fabbisogno energetico primario mondiale per fonte di energia, fonte: IEA.

Come riportato precedentemente in questo paragrafo, il progresso tecnologico avvenuto nel corso degli anni e le politiche di contrasto ai cambiamenti climatici hanno permesso di impiegare sempre meno energia a parità di servizio energetico reso. Nella successiva fig. 2 è possibile vedere la quantità di energia risparmiata a seguito di misure introdotte in efficienza energetica. Tale valore, raffigurato in banda verde scuro, viene calcolato come differenza tra i consumi di energia effettivi e quelli che si sarebbero verificati ipotizzando per tutti gli anni una intensità energetica pari a quella registrata nel 1971. Si segnala per completezza che i dati visionati riguardano i consumi europei^[2].

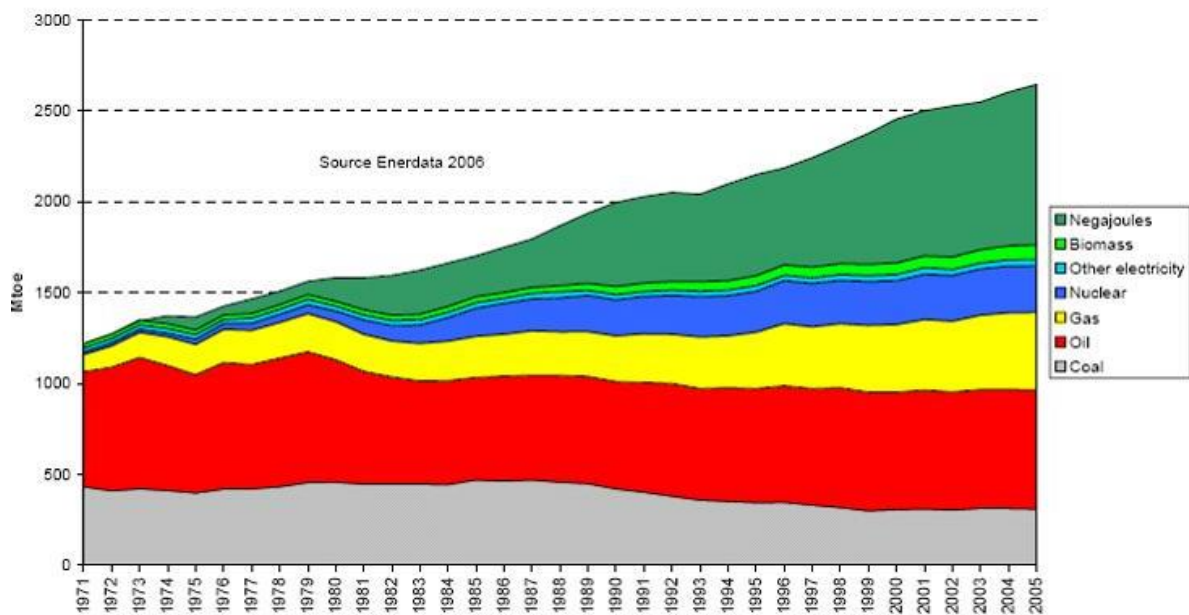


Figura 2: rappresentazione storica dei consumi di energia europei per fonte e il risparmio conseguito a seguito di misure di efficienza energetica, fonte Enerdata.

Si può vedere come l'energia risparmiata sia considerevole, persino superiore alla prima fonte di energia fossile (il petrolio, facendo riferimento ai dati aggiornati al 2005) e che quindi sostenere che l'efficienza energetica rappresenti virtualmente il più grande giacimento di energia disponibile sia sensato.

Da studi condotti sul clima^[3] a partire dai primi anni '90 si è convenuto considerare come imperativo limitare l'innalzamento della temperatura a non più di due gradi rispetto ai valore registrati prima della rivoluzione industriale per evitare pericolose derive climatiche. Tali studi sono tutt'ora la base delle programmazioni energetiche della quasi totalità dei paesi del mondo. Periodicamente le principali agenzie e compagnie energetiche del mondo emettono dei bollettini che analizzano lo status quo del panorama energetico e delineano scenari futuri sulla base delle presenti politiche energetiche a livello sia regionale che mondiale, e in alcuni casi a tali rapporti allegano interventi necessari da sostenere in ogni settore energetico ai fini di perseguire questi obiettivi.

Nella seguenti figure è possibile vedere secondo la International Energy Agency (IEA) quali siano gli sforzi da intraprendere in termini di riduzione di emissioni di CO₂. In dettaglio:

- In fig. 3 è possibile vedere l'attuale trend in termini di emissioni di gas serra a seguito delle ultime decisioni intraprese in efficienza energetica e il trend che sarebbe necessario tenere per salvaguardare il clima secondo l'IPCC (scenario 450). Si può vedere come gli sforzi in termini di riduzione di emissioni da fare siano molto notevoli,
- In fig. 4 si mostra come siano suddivisi percentualmente tali sforzi per settore energetico, riferiti all'anno 2035: si noti come quasi la metà della riduzione delle emissioni debba realizzarsi attraverso interventi di efficienza energetica, di cui il 15% del totale agendo solo sui consumi termici residenziali,
- Nella fig. 5 sono suddivisi per settore energetico i contributi che ciascuna fonte può dare in termini assoluti, con orizzonte temporale 2050.

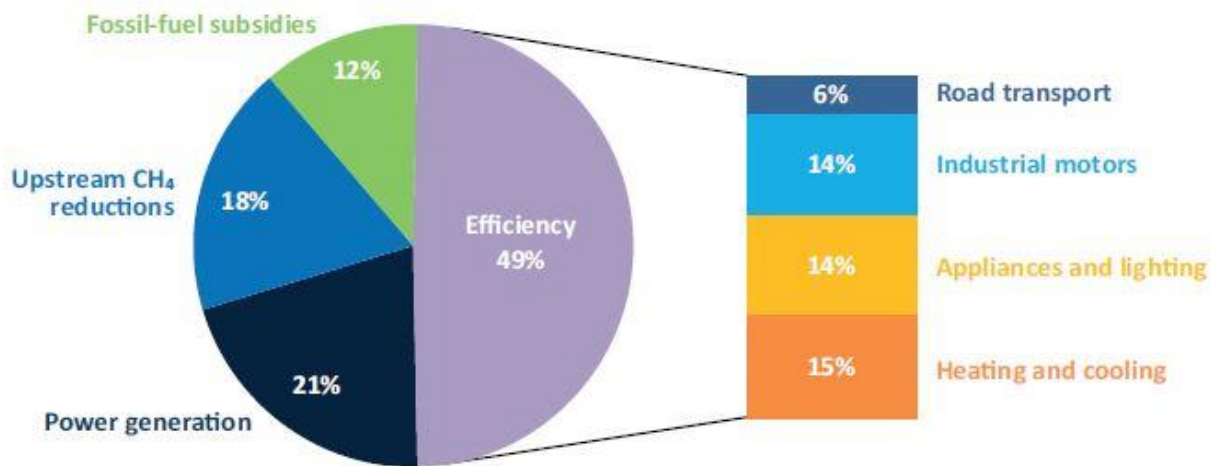


Figura 3: Percentuale di emissioni risparmiate per settore energetico nell'ipotesi di scenario 450 rispetto allo status quo, nell'anno 2035 (fonte: IEA).

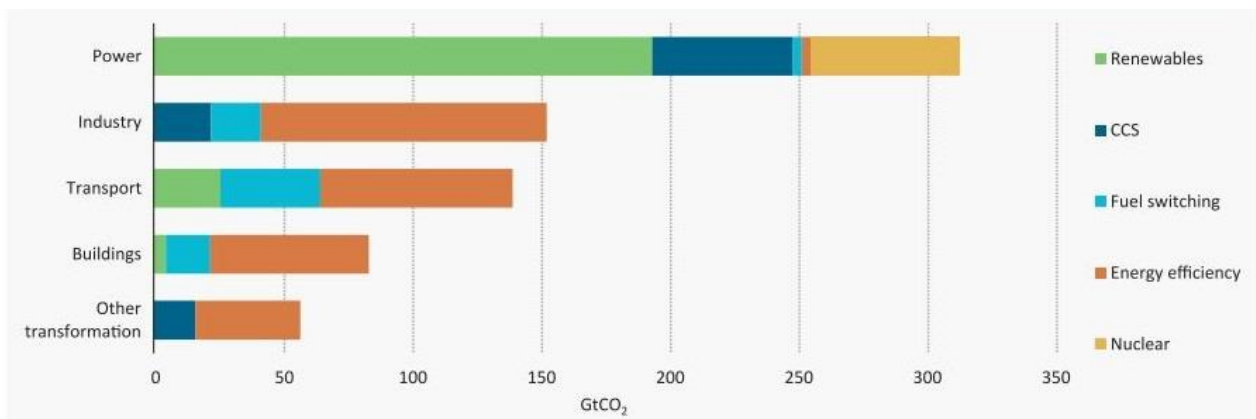


Figura 4: Valore cumulato di emissioni evitate all'anno 2050 suddiviso per settore energetico confrontato con uno scenario di riferimento business as usual (fonte: IEA).

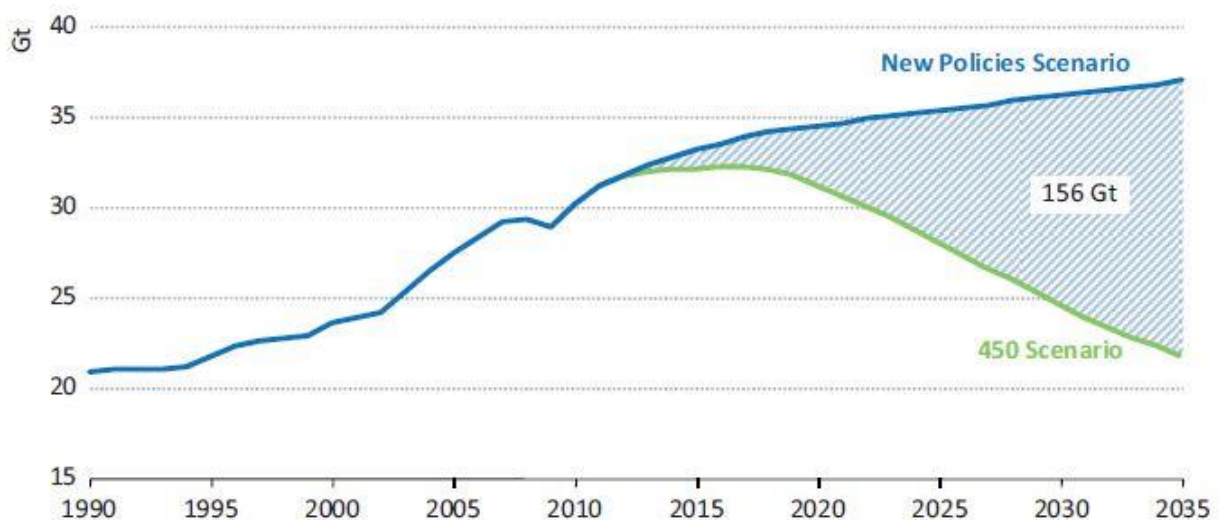


Figura 5: Emissioni annuali di gas ad effetto serra convertite in CO₂-eq e stima delle emissioni nel caso di scenario 450 e di scenario business as usual. Si noti la drastica diminuzione di emissioni che deve essere

compiuta sin da subito per evitare stravolgimenti climatici importanti (fonte: IEA).

Nonostante gli sforzi fatti sino ad ora per il contrasto ai cambiamenti climatici e le innumerevoli conferenze tenute dall'ONU (a Parigi nel 2015 si è tenuta la 21esima COP) la riduzione delle emissioni clima-alteranti dovrà essere molto più incisiva nell'immediato futuro. Si dovrà ridisegnare completamente il paradigma energetico a livello mondiale e arrivare ad un totale azzeramento dei consumi di energia fossile tra il 2050 e il 2100.

Da come risulta visibile in fig. 4, il principale driver per poter ottenere questi importantissimi risultati risulta essere la riduzione degli usi finali di energia, e all'interno di questo macro-settore un ruolo di primo piano giocherà l'efficienza energetica nell'edilizia.

1.1 L'efficienza energetica nell'edilizia italiana

In questo paragrafo si presenta una fotografia del patrimonio edilizio italiano e la sua prestazione energetica, in base al periodo di costruzione dei fabbricati.

A partire dagli anni '60 il nostro paese si trasformò completamente, passando da una nazione devastata dalla guerra ad una delle principali potenze economiche mondiali. Noto agli storici come "il miracolo economico", questo periodo storico ha dato un notevole impulso all'economia del paese, permettendo anche al settore edile una crescita impetuosa.

In quei decenni presero infatti forma la maggior parte degli agglomerati urbani, costruiti principalmente con struttura portante in calcestruzzo e muratura di tamponamento in laterizio. Il risultato di questo boom edilizio lo si può analizzare in fig. 7: il 65% circa delle strutture edilizie residenziali è stato costruito prima del 1976, ovvero prima della pubblicazione della legge del 30 aprile, n°373 che fu la prima legislazione a regolamentare i consumi energetici nelle abitazioni.

Pertanto alla richiesta di alloggi da parte di una popolazione sempre più numerosa si contrappose una qualità dei fabbricati costruiti del tutto discutibile e una prestazione energetica per nulla soddisfacente con le attuali esigenze di contenimento dei consumi energetici.

Epoca di costruzione	Materiale di costruzione			
	Muratura portante e/o strutture miste	Calcestruzzo armato	Altro	Totale
Prima del 1919	2.026.538	0	123.721	2.150.259
Dal 1919 al 1945	1.183.869	83.413	116.533	1.383.815
Dal 1946 al 1961	1.166.107	288.784	204.938	1.659.829
Dal 1962 al 1971	1.056.383	591.702	319.872	1.967.957
Dal 1972 al 1981	823.523	789.163	370.520	1.983.206
Dal 1982 al 1991	418.914	620.698	250.890	1.290.502
Dopo il 1992	228.648	394.445	167.934	791.027
Totale	6.903.982	2.768.205	1.554.408	11.226.595

Figura 6: Suddivisione dell'edilizia residenziale per anno di costruzione e per tipologia di involucro in Italia. Da notare nel riquadro rosso le costruzioni erette senza alcun isolamento termico.

L'assenza di materiale isolante utilizzato nelle superfici disperdenti e la totale assenza di termoregolazione negli impianti di riscaldamento degli edifici costruiti durante quel boom rappresenta la principale difficoltà al contenimento dei consumi energetici nel settore civile: la vera sfida in ambito energetico riguarderà infatti la riqualificazione del patrimonio esistente, coerentemente con gli scenari europei che prevede una riduzione dell'80% entro il 2050 delle emissioni di anidride carbonica^{[4][5]}. Un risultato che, oltre agli obiettivi climatici consentirà di aumentare la sicurezza energetica del continente. In figura 7 si possono apprezzare gli effetti di una politica di una auspicabile riqualificazione energetica del parco edilizio europeo sui consumi di gas e sulla dipendenza dall'estero^[6].

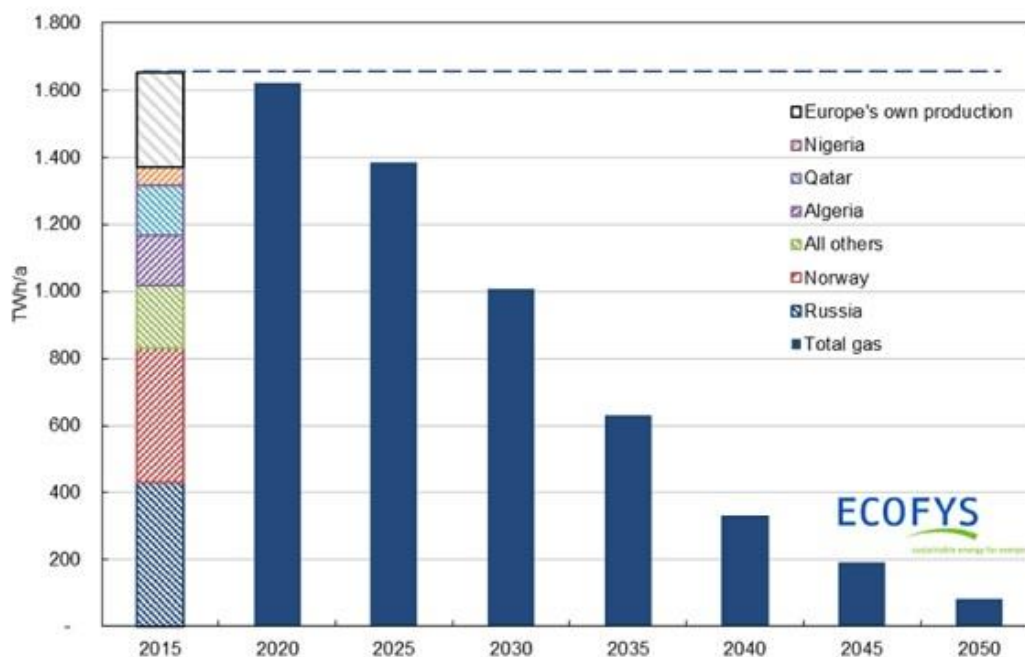


Figura 7: consumo di gas naturale in Europa e sua progressiva riduzione, fonte: Ecofys

Per ottenere questi risultati, occorrerà adottare massicciamente interventi di riqualifica globale degli involucri edilizi. Oggi, infatti, ogni anno viene riqualificata una superficie pari all'1% del totale, con miglioramenti energetici dell'ordine del 15-25%, generalmente su singoli appartamenti. Nell'immediato futuro sarà necessario imporre un'accelerazione sia del numero di interventi, che dovranno più che raddoppiare, che della loro incisività: dalle singole misure (finestre, caldaia, isolamento, ecc.) si dovrà passare alla "deep renovation", cioè alla riqualificazione spinta di interi edifici, con risparmi dell'ordine del 60-80%.

Nel giro di un paio di decenni bisognerà dunque progressivamente aumentare di 2-3 volte le superfici da risanare e triplicare i risparmi specifici di energia^[7].

In figura 8 vengono riassunte le prestazioni energetiche degli edifici sulla base degli anni di costruzione. Solitamente un edificio costruito senza alcun accorgimento in materia energetica ha dei consumi specifici che possono superare i $200 \text{ kWh}/\text{m}^2$ all'anno. Per confronto un edificio costruito con lo standard NZEB può richiedere anche meno di $20 \text{ kWh}/\text{m}^2$, un indice dieci volte inferiore.

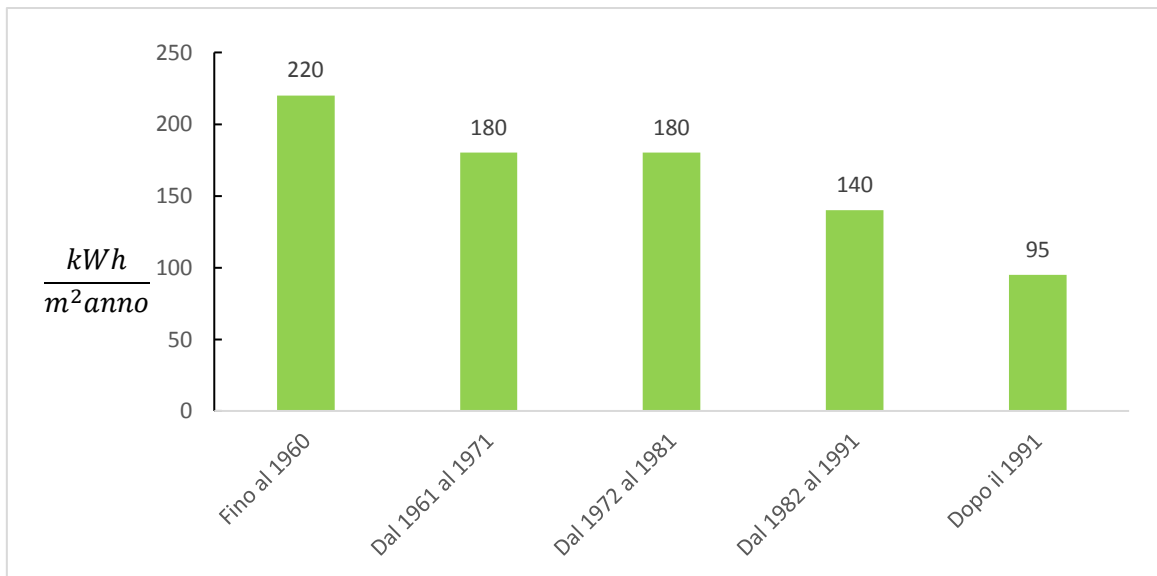


Figura 8: Fabbisogno energetico specifico annuo degli immobili residenziali per anno di costruzione presente in fig.6, relativo alla quota riscaldamento più produzione acqua calda sanitaria.

Focalizzando l'attenzione sui consumi energetici di un edificio ad uso residenziale, è possibile notare in figura 9^[8] come la quota maggioritaria sia da ascrivere ai consumi dell'impianto di riscaldamento, motivo per cui una politica di forte riduzione dei consumi energetici debba necessariamente considerare una coibentazione di tutte le superfici disperdenti degli edifici.

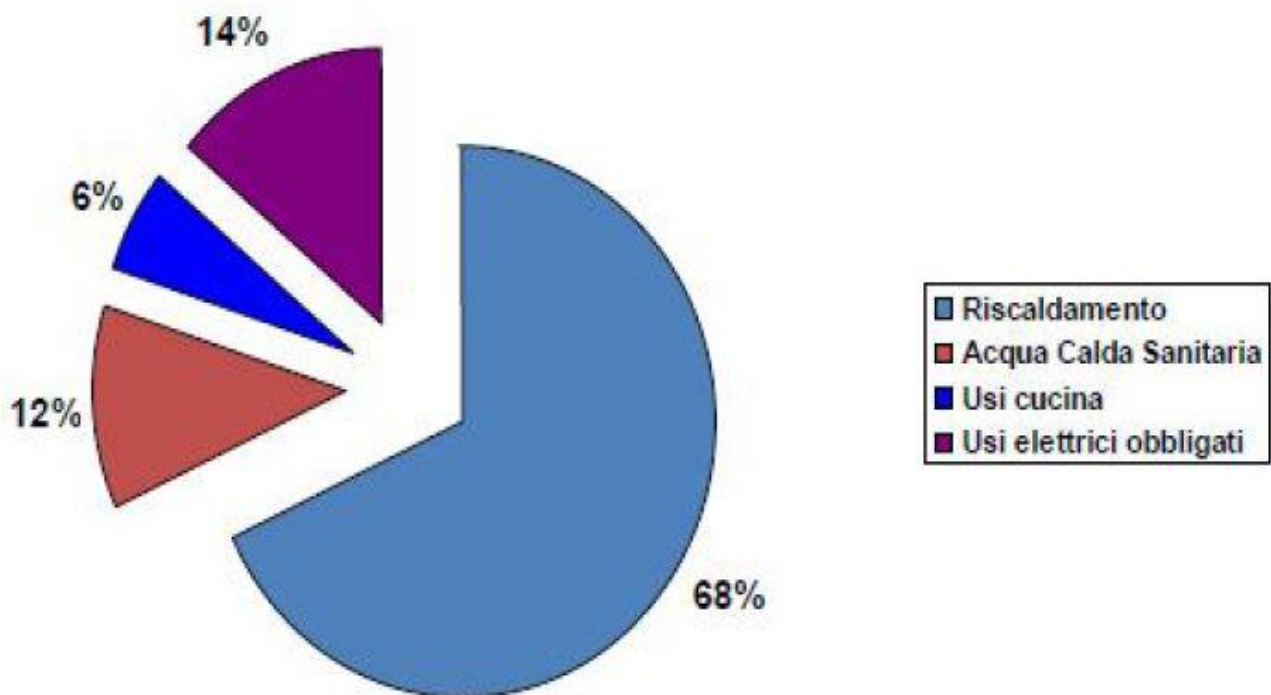


Figura 9: Ripartizione dei consumi energetici nel settore residenziale, fonte: ENEA

2. Normativa italiana ed europea

Dal punto di vista legislativo il percorso che è stato fatto in passato per la promozione della efficienza energetica in tutti i settori sia in Italia che a livello europeo è stato molto articolato e ha visto costanti aggiornamenti normativi, in particolare dagli anni '90 in poi.

Si presenta in questo capitolo la storia normativa che ha regolamentato la diffusione del concetto di efficienza energetica in Italia, andando a richiamare anche eventuali direttive europee che sono state recepite dai vari stati membri dell'unione^{[9][10][11]}.

2.1 Legge 373/1976

E' il primo riferimento normativo italiano che prenda in considerazione i consumi energetici degli edifici e cerchi di attuare delle politiche finalizzate alla loro riduzione.

Prima del 30/04/1976, data di emanazione della Legge 373, non sussisteva obbligo alcuno di costruire predisponendo materiali isolanti nell'edilizia. Ad oggi le abitazioni costruite senza alcuna attenzione al contenimento dei consumi energetici risultano essere circa il 65% circa del parco edilizio, rappresentando un elevato contributo ai consumi energetici complessivi: Il fatto che la promulgazione di questa legge sia avvenuta a boom edilizio abbondantemente avviato ha infatti permesso alla maggior parte degli edifici presenti in Italia di avere fabbisogni energetici fino a 10 volte superiori rispetto ai moderni standard richiesti dalle attuali normative.

Nello specifico, la legge 373 del 1976 era costituita da 3 parti: la prima riguardava gli impianti di produzione del calore e gli annessi sistemi di termoregolazione, la seconda trattava l'isolamento termico degli edifici e la terza le sanzioni previste per la mancata osservanza della Legge.

Nel tempo la Legge 373 è stata integrata da tre documenti: il DPR 1052/77 che definiva i criteri di applicazione della Legge e i termini di presentazione della Relazione Tecnica, il DM 10/3/1977 che stabiliva le zone climatiche e i valori del coefficiente di dispersione del calore negli edifici e il DM 30/7/1986 che aggiornava il coefficiente di dispersione termica Cd, sulla base del rapporto di forma S/V (superficie disperdente/volume lordo riscaldato) dell'edificio e della fascia climatica di ubicazione.

2.2 Legge 10/1991

La Legge 9 Gennaio 1991 n°10 è attuativa del Piano Energetico Nazionale ed è la prima legge quadro che regola le modalità progettuali e la gestione del sistema edificio/impianto in edilizia. Toccando brevemente i punti salienti si elencano gli articoli di maggiore interesse:

- l'articolo 4 e il DPR 26 agosto 1993 n. 412 trattano le norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.
- l'articolo 11 si riferisce al risparmio dell'energia e l'utilizzazione di fonti rinnovabili di energia o assimilate
- l'articolo 18 è una relazione tecnica sul rispetto delle prescrizioni

- l'articolo 30 introduce per la prima volta il concetto di certificazione energetica degli edifici, anche se sarà necessario attendere il D.Lgs. 192 del 2005 per averne una definizione dettagliata.

La legge 10 fu una legge assolutamente innovativa per l'epoca: infatti al suo interno si parla di integrazione di fonti rinnovabili negli edifici promuovendo incentivi in conto capitale per la loro installazione, aspetti completamente innovativi per quel periodo. Inoltre per la prima volta si chiese la stesura di una dettagliata relazione tecnica sulla prestazioni tecnico impiantistiche di ogni nuovo immobile, pena il pagamento di pesanti sanzioni.

2.3 D.P.R. 26 agosto 1993, n°412

Tale provvedimento normativo è il decreto di attuazione della precedente legge 10, definito come "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia."

Il DPR 412/1993 introduce per la prima volta il concetto di Gradi Giorno, parametro importantissimo ai fini di determinare e confrontare i fabbisogni energetici di diversi immobili. Esso permette infatti di ottenere un valore numerico che sia proporzionale alla rigidità del clima invernale di una determinata località, rendendo possibile definire un indice di consumo di un edificio indipendentemente da ogni singola stagione: ogni comune italiano ha pertanto associato un valore di Gradi giorno che ne determina il clima medio in condizioni standard.

Sfruttando questa definizione, il decreto divide il territorio italiano in fasce climatiche: ad ogni fascia sono associati i comuni con valori di gradi giorno entro un preciso intervallo e sono concesse determinate ore/giorno di riscaldamento degli ambienti.



Figure 10 e 11: Suddivisione del territorio in fasce climatiche

2.4 Anni '90 e la nascita dell'Unione europea: le direttive EU e il Protocollo di Kyoto.

Durante gli anni '90 la lotta ai cambiamenti climatici di origine antropica causati dalle emissioni di gas serra viene sempre più considerata prioritaria dai governi a livello internazionale: è infatti del 1992 la stipula della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) a Rio de Janeiro, in Brasile.

Tale trattato ha come obiettivo la stabilizzazione della concentrazione in atmosfera di gas ad effetto serra ai fini di contenere l'innalzamento medio della temperatura mondiale a valori tali da prevenire interferenze antropogeniche dannose per il sistema climatico.

Lo strumento più influente promosso da UNFCCC a livello mondiale contro i cambiamenti climatici è datato 1997: il Protocollo di Kyoto. Esso contiene gli impegni dei paesi industrializzati a ridurre le emissioni di alcuni gas ad effetto serra, responsabili del riscaldamento del pianeta nella misura del 5 % nel periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990. I gas serra oggetto del procollo sono sei^[12]:

- biossido di carbonio (CO₂);
- metano (CH₄);
- protossido di azoto (N₂O);
- idrofluorocarburi (HFC);
- perfluorocarburi (PFC);
- esafluoro di zolfo (SF₆).

Tale protocollo a cui anche l'Italia ha aderito, insieme alla stipula del trattato UNFCCC, avrà importanti implicazioni sul successivo panorama tecnico – legislativo di tutti i paesi firmatari. In particolare a livello di Unione Europea si hanno numerose direttive emanate:

- Decisione 91/565/CEE del Consiglio: Programma SAVE inteso a migliorare l'efficienza energetica tramite maggiore coscienza del consumo energetico, formazione, etichettatura degli elettrodomestici, forme di incentivazione, etc.
- Direttiva 96/57/CE-requisiti di rendimento energetico di frigoriferi, congelatori e loro combinazioni.
- Direttiva 92/42/CEE: requisiti di rendimento per le nuove caldaie ad acqua calda alimentate con combustibili liquidi o gassosi.
- Direttiva 93/76/CEE: limitare le emissioni di CO₂ migliorando l'efficienza energetica (SAVE) tramite programmi riguardanti: certificazione energetica degli edifici, diagnosi energetiche presso le imprese, climatizzazione ed acqua calda sanitaria, finanziamento tramite terzi degli investimenti di efficienza energetica nel settore pubblico, isolamento termico dei nuovi edifici, verifica e controllo periodico delle caldaie.

2.5 Direttiva europea 2002/91 – EPBD

Il 16 dicembre 2002 viene emanata dal parlamento europeo la direttiva 2002/91/CE, nota anche come Direttiva EPBD – Energy Performance Buildings Directives

Essa definisce gli orientamenti comunitari in tema di prestazioni energetiche nell'edilizia. Si considerano tutti i consumi energetici interessanti l'edilizia: Riscaldamento e Raffrescamento, produzione di Acqua Calda ed Usi Elettrici. La Direttiva EPBD, in particolare, prevede che gli stati membri:

- Definiscano una metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici.
- Impongano il rispetto di requisiti minimi di efficienza energetica per gli edifici di nuova costruzione e per gli edifici in via di ristrutturazione (solo se di metratura superiore a 1000 mq).
- Svilupmino un sistema di certificazione del rendimento energetico degli edifici.
- Assicurino lo svolgimento di regolari ispezioni di caldaie ed impianti di condizionamento dell'aria; in sede di svolgimento delle ispezioni, devono essere rese disponibili consulenze in merito ai possibili miglioramenti dell'efficienza dell'impianto e ad alla sua possibile sostituzione.

Si definisce inoltre il ruolo delle E.S.Co. (Energy Services Companies) e si stabilisce anche che gli Edifici Pubblici debbano essere un esempio virtuoso, assoggettandosi alla certificazione energetica ad intervalli regolari e dimostrando maggiore attenzione anche a livello progettuale. Per la prima volta compare nel panorama legislativo il concetto di società che ha come core business la diffusione della efficienza energetica nel patrimonio edilizio esistente.

2.6 Decreti legislativi 16 agosto 2005 n°192 – 29 dicembre 2006 n°311

Il D.Lgs. 192/2005 è il decreto attuativo della direttiva europea EPBD del 2002. Per la prima volta si introducono dei limiti all'indice di prestazione energetico negli edifici di nuova costruzione e si definisce il concetto di "Certificazione energetica" degli edifici, disciplinando in particolare:

- la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
- i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni degli impianti;
- la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore;
- la promozione dell'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore.

A seguire, ad integrazione del D.Lgs 192/2005, viene emanato il D.Lgs 311/2006 che integra e modifica alcuni aspetti del decreto precedente. Nel dettaglio:

- gli edifici immessi nel mercato immobiliare dovessero dichiarare il proprio consumo energetico (certificazione energetica dell'edificio).
- le Regioni, in accordo con gli enti locali, predisponessero (entro il 31 Dicembre 2008) un programma di sensibilizzazione dei cittadini e di riqualificazione energetica del parco immobiliare territoriale.
- Ha reso più severo l'obbligo di avere determinati livelli di prestazione energetica e isolamento su tutti gli edifici nuovi e su quelli ristrutturati di determinate dimensioni e determinati livelli di isolamento su tutte le parti ristrutturate di quelli esistenti (pareti, tetti, pavimenti).
- Ha imposto che l'acqua calda sanitaria venga prodotta con energia rinnovabile nei nuovi edifici o in occasione di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici esistenti, per una frazione almeno del 50% del fabbisogno di acqua calda.
- Ha introdotto l'obbligo di "protezioni solari" (passive) esterne per i nuovi palazzi, riducendo il ricorso a condizionatori.
- Ha introdotto nella pianificazione del territorio il parametro energetico.
- Ha anticipato al 1° Gennaio 2008 i livelli di isolamento termico previsti per il 1° Gennaio 2009, introducendo un livello di isolamento molto più incisivo dal 1° Gennaio 2010 che avrebbe garantito l'ulteriore riduzione dei fabbisogni termici dei nuovi edifici del 20-25% rispetto ad allora.

2.7 Direttiva europea 2006/32/CE – Decreto legislativo 30 maggio 2008 n° 115

Il 5 aprile 2006 viene promulgata la direttiva europea n°32 del 2006. Si inserisce nel quadro delle politiche e delle misure concrete da applicare per la realizzazione degli obiettivi degli accordi internazionali e del Protocollo di Kyoto in materia di lotta al cambiamento climatico e di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

L'intento della direttiva consiste nel controllarne la domanda orientando possibilmente il mercato verso l'impiego di energie rinnovabili nel tentativo di ridurre la dipendenza dell'Italia dalle importazioni energetiche.

Il 30 maggio 2008 viene emanato il suo decreto legislativo di recepimento, il n°115.

Il decreto legislativo affronta diversi argomenti tra cui assumono particolare rilevanza:

- In attesa dei decreti attuativi, in materia di diagnosi energetica e di certificazione energetica valgono le norme tecniche nazionali UNI TS 11300. Questo per le Regioni che ancora non abbiano adottato un loro regolamento specifico e fino a che non saranno pubblicati di decreti di cui al D.Lgs 192/05, art.4.
- Viene assegnato all'ENEA il compito di Agenzia per l'Energia, con funzioni di supporto al Ministero dello Sviluppo Economico, di monitoraggio, di rafforzamento dell'azione del Legislatore.
- Vengono definite chiaramente le ESCO, come società che forniscono servizi energetici ovvero altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accettando un certo margine di rischio finanziario.

- Vengono definiti il contratto servizio energia ed il contratto servizio energia plus introdotto dal DPR 412/93, e si specifica l'importanza per il settore pubblico di individuare una controparte.
- Vengono definiti quali sono i soggetti abilitati alla certificazione energetica, ovvero tecnici operanti in veste di dipendenti di enti, organismi pubblici società di servizi pubblico o privata, professionisti liberi o associati, iscritti ai relativi ordini e collegi ed abilitati.

2.8 Direttiva europea 23 aprile 2009 – Pacchetto 20-20-20

Con la direttiva 2009/29/CE, vengono deciso a livello comunitario le politiche da intraprendere per il periodo successivo al termine del protocollo di Kyoto. Noto ai più con la sigla di 20-20-20, questo pacchetto contiene una serie di misure da attuarsi entro il 2020:

- Un impegno a ridurre del 20% le emissioni di anidride carbonica in atmosfera
- Un impegno a produrre almeno il 20% di energia da fonti rinnovabili sul totale dei consumi.
- Incrementare del 20% l'efficienza energetica negli usi finali di energia.

All'interno dell'unione questa direttiva impone obiettivi specifici per ogni paese membro sulla base dei progressi che sono stati fatti sino a quel momento. Per l'Italia, questo si traduce in:

- Riduzione del 13% nelle emissioni di anidride carbonica in atmosfera, rispetto ai valori del 1990
- Raggiungimento del 17% della produzione energetica da fonti rinnovabili al 2020 (obiettivo superato già nel corso del 2015).

2.9 D.P.R. 2 aprile 2009 n°59

Tale decreto è attuativo del D.Lgs. 192/2005, che introduce il nuovo quadro di disposizioni obbligatorie che sostituiscono le indicazioni "transitorie" dell'Allegato 1 del D.Lgs 311/06. Di seguito la sintesi delle principali novità introdotte.

- All'Art. 2 vengono introdotte nuove definizioni:
 - Sistemi Filtranti delle superfici trasparenti
 - Trasmittanza Termica Periodica (Yie)
 - Copertura a "Tetto Verde".
- Vengono adottate (Art. 3) le norme tecniche nazionali ad oggi disponibili ed in particolare le UNI TS 11300-1 e le UNI TS 11300-2
 - la UNI TS 11300-1 riguarda la determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.
 - la UNI TS 11300-2 riguarda la determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione dell'acqua calda sanitaria (ACS).

Non essendo quindi possibile determinare il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva, per tale aspetto il decreto fissa solo i valori limite di fabbisogno termico invernale e acqua calda sanitaria.

- Gli strumenti di calcolo applicativi delle metodologie di cui sopra (software commerciali), devono garantire che i valori degli indici di prestazione energetica calcolati abbiano uno scostamento massimo di +/-il 5% rispetto ai corrispondenti parametri determinati con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento predisposto dal CTI.
- Per tutte le categorie di edifici (Art. 3 DPR 412/93), nel caso di edifici di nuova costruzione e nei casi di ristrutturazione di edifici esistenti si procede in sede progettuale alla determinazione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPI), e alla verifica che lo stesso risulti inferiore ai valori limite riportati nell'Allegato C del D.Lgs. 192/2005 e s.m.i.
- Vengono introdotti nuovi limiti di legge per quanto riguarda la prestazione energetica per la climatizzazione estiva dell'edificio e la trasmittanza periodica (Yie) per il controllo dell'inerzia termica dell'involucro.
- All'Art. 4 Comma 9, viene indicata la preferenza, al mantenimento di impianti termici centralizzati, se già esistenti, per edifici con un numero di unità abitative superiore a 4, di categoria E1 o E2, con potenze nominali superiori a 100 kW.
- Come già disposto dal D.Lgs 192/2005, la relazione tecnica deve essere depositata in Comune in doppia copia contestualmente alla Denuncia Inizio Lavori (DIA).

2.10 Decreto interministeriale 26 giugno 2009 - Linee Guida Nazionali ACE

Il Decreto, pubblicato in G.U. nel Luglio 2009, introduce le regole nazionali sulla certificazione energetica degli edifici. Vediamo in sintesi i punti principali:

- Le disposizioni contenute nelle LLG si applicano per le Regioni e Province Autonome che non abbiano ancora provveduto ad adottare propri strumenti di certificazione energetica degli edifici in applicazione della Direttiva 2002/91/CE e comunque sino alla data di entrata in vigore dei predetti strumenti regionali di certificazione energetica degli edifici. Si chiede solo che le regole tecniche emanate dalle Regioni (Norme Tecniche di riferimento), siano conformi a quelle sviluppate in ambito Europeo e Nazionale;
- L'attestato di certificazione energetica deve contenere indicazioni sull'efficienza energetica dell'edificio, i valori di riferimento a norma di legge e le classi prestazionali, oltre ad indicazioni economicamente sostenibili per interventi di riqualificazione energetica.
- Nell'Art. 6 viene definita la validità dell'Attestato di Certificazione Energetica in 10 anni, purché siano rispettate le prescrizioni normative vigenti per le operazioni di controllo di efficienza energetica, compreso le eventuali conseguenze di adeguamento, degli impianti di climatizzazione asserviti agli edifici, ai sensi dell'Art. 7, Comma 1, del D. Lgs. 192/2005. Nel caso di mancato rispetto delle predette disposizioni l'ACE decade il 31 Dicembre dell'anno successivo a quello in cui è prevista la prima scadenza non rispettata

per le predette operazioni di controllo di efficienza energetica. L'attestato è aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione, edilizio e impiantistico, che modifica la prestazione energetica dell'edificio.

- La prestazione energetica complessiva dell'edificio è espressa attraverso l'indice di prestazione energetica globale EP_{gl} , dato dalla somma dei seguenti termini:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

dove:

- EP_i = indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;
- EP_{acs} = indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria;
- EP_e = indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;
- EP_{ill} = indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale.

Nella fase di avvio dell'applicazione delle Linee Guida vengono considerati i soli contributi per la climatizzazione invernale, la produzione di acqua calda sanitaria, mentre per l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva è prevista per ora solo una valutazione qualitativa dell'involucro.

2.11 Direttiva Europea n°28 del 2009 – Decreto legislativo 3 marzo 2011 n° 28

Il decreto legislativo del 3 marzo 2011 n°28 attua la direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili nell'edilizia. In particolare definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi fino al 2020 in materia di quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e di quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti.

Le più interessanti novità definite sono la definizione degli obblighi di utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e sottoposti a ristrutturazioni importanti e l'introduzione dell'obbligo, in sede di compravendita e locazione di un edificio, di allegare l'attestato di certificazione energetica al contratto.

Nel dettaglio all'allegato 3 comma 1 si sancisce che gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e delle seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento:

- a) il 20 per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
- b) il 35 per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
- c) il 50 per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è rilasciato dal 1° gennaio 2017.

Nell'allegato 3 comma 3 si obbliga la installazione di impianti a fonti rinnovabili con potenza misurata in kW pari a:

$$P = \frac{S}{K}$$

Dove S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m², e K è un coefficiente (m²/kW) che assume i seguenti valori:

- a) K = 80, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
- b) K = 65, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
- c) K = 50, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2017.

Nello stesso art. 13 si introduce dal 1 Gennaio 2012 l'obbligo per tutti gli annunci commerciali di vendita di riportare l'indice di prestazione energetica contenuto nel certificato energetico dell'edificio.

2.12 Decreto interministeriale 22 novembre 2012

Il Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 22 Novembre 2012, modifica il precedente Decreto 26 Giugno 2009, recante "Linee Guida per la Certificazione Energetica degli Edifici", in particolare esso annulla la possibilità di autocertificare che l'edificio sia in Classe G. Decade quindi la possibilità di aggirare l'obbligo di certificazione energetica auto dichiarando che l'edificio sia certificato nella peggiore classe energetica, ampiamente utilizzato sin ora dai proprietari di immobili in maniera quasi sistematica^[13]

2.13 Direttiva europea n°31 del 2010 – D.L. 4 giugno 2013 n°63

Con il Decreto Legge n°63 del 4 Giugno 2013 viene recepita la Direttiva Europea 31/2010/UE nota come direttiva EPBD 2 (Energy Performance Building Directive n°2), che impone a tutti i paesi membri le nuove costruzioni di tipo NZEB a partire dal 2019 per quanto riguarda gli immobili pubblici e a partire da 2021 relativamente a tutti gli altri immobili. Si attua così l'Art. 3 del D.Lgs. 192/2005 che prevede la stesura di un piano per la promozione di edifici ad energia quasi nulla (NZEB). La direttiva europea lascia ampia autonomia ai singoli stati permettendo che ognuno di essi definisca i requisiti che tale edificio dovrà avere.

Nello stesso tempo il decreto supera l'attestato di certificazione energetica andando a definire l'attestato di prestazione energetica (APE)

Rispetto all'ACE, che si limitava a descrivere le caratteristiche energetiche di un edificio fornendone un solo quadro di insieme, l'APE si distingue dal precedente certificato per i contenuti più completi e per la quantità di informazione più ampia. Lo stesso decreto legge la definisce come la quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede

possa essere necessaria per soddisfare, con un uso standard dell'immobile, i vari bisogni energetici dell'edificio:

- La climatizzazione invernale e estiva;
- La preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari;
- La ventilazione e, per il settore terziario;
- L'illuminazione;
- Gli impianti ascensori e scale mobili.

Tale quantità di energia viene espressa da uno o più descrittori che tengono conto del livello di isolamento dell'edificio e delle caratteristiche tecniche e di installazione degli impianti tecnici. La prestazione energetica può essere espressa in energia primaria non rinnovabile, rinnovabile, o totale come somma delle precedenti.

2.14 Direttiva europea n°27 del 2012 – Decreto legislativo 4 luglio 2014 n°102

Nel dettaglio, Il presente decreto, in attuazione della direttiva 2012/27/UE e nel rispetto dei criteri fissati dalla legge 6 agosto 2013, n. 96, stabilisce un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza energetica che concorrono al conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico indicato all'articolo 3. Il presente decreto, inoltre, detta norme finalizzate a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia e a superare le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e negli usi finali dell'energia.

Nel dettaglio gli aspetti più importanti

- Si introduce il concetto di diagnosi energetica e si sancisce l'obbligo per le grandi imprese energivore di sottoporsi ad una diagnosi energetica, condotta da società di servizi energetici, esperti in gestione dell'energia o auditor energetici e da ISPRA relativamente allo schema volontario EMAS, nei siti produttivi localizzati sul territorio nazionale entro il 5 dicembre 2015 e successivamente ogni 4 anni,
- Si impone l'obbligo di installare sistemi di contabilizzazione e termoregolazione del calore presso i condomini residenziali dotati di impianti di riscaldamento centralizzato, entro il 1 gennaio 2017,
- Vengono definite le linee guida del "contratto di prestazione energetica – EPC" contratto precedentemente citato nel D.Lgs. 115/2008. Prende così forma il principale strumento contrattuale per diffondere l'efficienza energetica e fare del risparmio energetico un servizio vendibile sul mercato.
- Viene imposto all'articolo 5 una percentuale di riqualifica annua di almeno il 3% della superficie utile relativa agli edifici di proprietà della pubblica amministrazione centrale.

E' ad oggi il principale decreto legislativo che regola le politiche di incentivazione e le rispettive linee guida sulla efficienza energetica in Italia.

2.15 Decreti interministeriali del 26 giugno 2015

Publicati come adeguamento del precedente decreto interministeriale del 26 giugno 2009, questi tre decreti interministeriali rappresentano il completamento del quadro normativo in materia di efficienza energetica negli edifici in Italia. Nel dettaglio sono:

- Decreto “Requisiti Minimi”, ovvero l’applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici;
- Decreto “Linee guida nuovo APE”, che rappresenta un sostanziale aggiornamento del decreto interministeriale del 26 giugno 2009 sulle linee guida per il calcolo degli attestati di prestazione energetica degli edifici;
- Decreto “Relazione tecnica di progetto”, ovvero schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica ai fini della applicazione delle prescrizioni introdotte nei decreti sopracitati.

2.15.1 Decreto “Requisiti minimi”

Facendo riferimento al precedente D.L. 63/2013 e in attuazione di quanto previsto dalla direttiva europea n°31 del 2010 vengono definiti i requisiti di un edificio ad energia quasi zero (NZEB) cioè qualsiasi edificio, sia esso di nuova costruzione o esistente, per cui sono contemporaneamente rispettati:

- Tutti i requisiti previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3, determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici;
- Gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all’Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.

Inoltre, modificando parzialmente quanto previsto dal D.Lgs. n°192 del 2005 sono definite nuove metodologie di calcolo e nuovi requisiti minimi in materia di prestazione energetica. Ciò va a sostituire completamente quanto riportato nel D.P.R. n°59 del 2009.

2.15.2 Decreto “Linee guida APE 2015”

Vengono definite nuove regole per la redazione dell’APE e prende forma il database nazionale degli attestati di prestazione energetica (SIAPE). Sono inoltre introdotte nuove classi energetiche, in vigore dal 1 ottobre 2015 che sovrascrivono quelle precedenti usate nella ACE: A4, A3, A2, A1, B, C, D, E, F, G. La scala delle classi è definita sulla base dell’indice di prestazione energetica non rinnovabile.

Cambia completamente la metodologia di assegnazione delle classi energetiche agli immobili: non più su un valore predeterminato dell’indice di prestazione energetico ma basandosi su una simulazione di un edificio di riferimento. Concetto completamente nuovo, questo edificio è identico in forma e dimensioni all’edificio oggetto di analisi ma presenta caratteristiche termiche e parametri energetici univoci: sulla base della conformazione della struttura due

edifici potranno avere classi energetiche diverse pur presentando il medesimo indice di prestazione.

La determinazione della classe avviene quindi valutando il rapporto tra l'indice di prestazione effettivo dell'immobile e l'indice di prestazione che presenta l'edificio di riferimento, e le classi vengono assegnate come da fig. 12^[14]

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,40 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,60 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,80 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,00 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,20 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,50 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$2,00 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$2,60 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$

Figura 12: Determinazione della classe energetica di un edificio come previsto da D.M. 26 giugno 2015

La differenza sostanziale rispetto alla situazione pre - D.M. 26/6/2015 sta nel fatto che la classe energetica viene ora determinata unicamente sulle prestazioni energetiche della struttura e non è più influenzata dalla località sito dell'immobile o dalla conformazione dello stesso: due edifici identici avranno la medesima classe energetica anche se sono in località aventi clima molto differente e se hanno differenti superfici finestrate esposte a sud, beneficiando quindi di differenti apporti solari.

2.15.3 Decreto "Relazione tecnica di progetto"

Con il presente decreto vengono definiti tre nuovi schemi di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto in funzione delle tipologie di interventi da realizzare:

- Nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti di primo livello ed edifici NZEB;
- Riqualficazione energetiche dell'intero edificio e ristrutturazioni importanti di secondo livello;
- Riqualfica energetica del solo impianto termico.

3. Cosa sono le E.S.Co.

Le E.S.Co. sono società che offrono servizi integrati volti al raggiungimento di un determinato target di efficienza energetica, offrendo allo stesso tempo garanzie che tali prestazioni vengano raggiunte. Per servizi integrati si intendono differenti forme di intervento che seguono tutto il ciclo di vita dell'intervento con campi applicativi che spaziano da quelli di natura puramente tecnica realizzativa a quelli di carattere manageriale e finanziario, tra gli altri:

- La progettazione tecnica e l'installazione di tecnologia energeticamente efficiente;
- Studi di razionalizzazione nell'uso dell'energia;
- La fornitura di energia;
- Studi di misura e verifica dei risultati;
- La gestione e la manutenzione della tecnologia.

Queste società si sono sviluppate solo durante gli anni '70 negli Stati Uniti, come soluzione per affrontare il problema energetico. Infatti l'instabilità politica dei paesi dell'Asia sub-occidentale, che spinge i prezzi del petrolio verso picchi storici, e gli alti tassi di inflazione sperimentati dagli Usa creano la necessità di investire in risparmio energetico.

Le prime Società di servizi energetici sono state semplici società che forniscono servizi di consulenza per minimizzare i consumi di energia, ossia Energy Service Provider Company (E.S.P.Co), e spesso erano appendici di società produttrici di sistemi di controllo e regolazione energetica o produttrici e fornitrici di energia o società che sviluppano soluzioni tecnologiche e operative. Un ulteriore stimolo alla loro evoluzione arriva dalle politiche attuate per la liberalizzazione del mercato del gas e di quello elettrico.

Oggi non esiste una nozione giuridica per le E.S.Co. né una definizione specifica, ma queste società sono chiaramente riconoscibili grazie al tipo di servizi resi. Come le E.S.P.Co., le Energy Service Company offrono al cliente soluzioni per l'efficientamento energetico: una gamma di servizi integrati per conseguire risparmio e migliorare gli standard produttivi.

In Europa le E.S.Co. sono promosse dalla Comunità Europea per la prima volta con Raccomandazione ai paesi membri del 29.03.1988 che le propone come valido strumento per il raggiungimento degli obiettivi in termini di risparmio energetico e salvaguardia ambientale.

Nel tempo, in ogni direttiva per il risparmio energetico, la Commissione Europea ha inserito articoli diretti allo sviluppo delle E.S.Co.. Nella direttiva europea n. 32 del 2006 viene fornita una prima definizione di E.S.Co.:

“persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici e/o altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabili.”

A livello nazionale pertanto il termine E.S.Co. si affaccia per la prima volta sul panorama normativo italiano con il decreto legislativo n° 115/2008 che recepisce la direttiva europea 32/2006.

Si noti come le E.S.Co. non sono semplicemente società di consulenza che implementano interventi per un cliente, infatti operano con il cliente collocandosi nella demand-side management, condividendo gli obiettivi e rispondendo alla necessità di redditività e carenza di fondi del sistema. L'offerta e l'attuazione del miglior intervento significano maggiori guadagni sia per l'utente che per la E.S.Co.: per il primo in termini di efficienza energetica e risparmio, per la seconda perché la sua remunerazione dipende dal risparmio conseguito e perché si assume i rischi commerciali e l'onere finanziario dell'operazione.

Le E.S.Co. sono caratterizzate da quel particolare meccanismo di funzionamento che le rende particolarmente adatte alla diffusione dell'efficienza energetica, ossia:

1. Dall'assunzione dei rischi commerciali che garantiscono al cliente il conseguimento dei risparmi;
2. Dalla possibilità di svolgere il ruolo di finanziatore diretto dell'intervento;
3. Da una remunerazione legata al risparmio conseguito.

Queste caratterizzazioni hanno infatti la capacità di sopperire alle lacune del mercato che non permettono l'espansione dell'efficienza energetica. Infatti l'opportunità di compiere un intervento dipende dal rendimento atteso di tutti gli altri possibili investimenti e da quello dello stesso. La mancanza di informazione sulla reale possibilità di risparmio derivante dall'efficientamento energetico rende basse le aspettative di redditività e sconsiglia l'investimento. Le E.S.Co. hanno strumenti e cultura per dare esatta misura del risparmio e capacità di attuazione tale da stipulare con il cliente un contratto in cui si fanno garanti per il conseguimento di tale risparmio; l'investimento in tecnologie energeticamente efficienti comporta costi elevati che precludono ai soggetti poco bancabili e con risorse scarse la conversione ad una gestione sostenibile. Le E.S.Co. possono finanziare in prima persona il progetto o comunque concorrere nella formazione del collaterale necessarie per la concessione di un prestito^[15].

A seguito di una diagnosi energetica accurata, le E.S.Co. sottoscrivono con il cliente un Energy Performance Contract: questo lega la remunerazione della E.S.Co. alle performance in termini di risparmio che l'intervento sarà capace di produrre.

Lo stesso dopo aver indicato tutti gli oneri delle parti, quantifica i risultati attesi di tutti gli scenari possibili di cui la E.S.Co. si fa garante.

3.1 Il contratto E.P.C.

Acronimo di Energy Performance Contract, rappresenta il principale strumento attraverso cui prende corpo e assume valenza giuridica il risparmio energetico: ha infatti come suo obiettivo il garantimento di un determinato risparmio energetico riducendo i consumi di energia primaria utilizzata a parità di servizi energetici resi.

L'EPC è il modello contrattuale che meglio rappresenta l'attività di una Energy Service Company (E.S.Co.): a seguito di una fase preliminare di studio ed analisi del sistema energetico, la società individua l'intervento più opportuno per conseguire l'efficienza energetica e conseguentemente un certo margine di risparmio economico. Tale rapporto contrattuale identifica nella E.S.Co. il soggetto responsabile al coordinamento di tutte le attività volte alla progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione dell'intervento individuato attraverso l'assunzione su di se del rischio tecnico e di quello finanziario. Questa assicurazione sposta i rischi commerciali dal cliente alle società: se i risparmi conseguiti saranno minori a quelli attesi saranno le E.S.Co. a coprire la differenza.

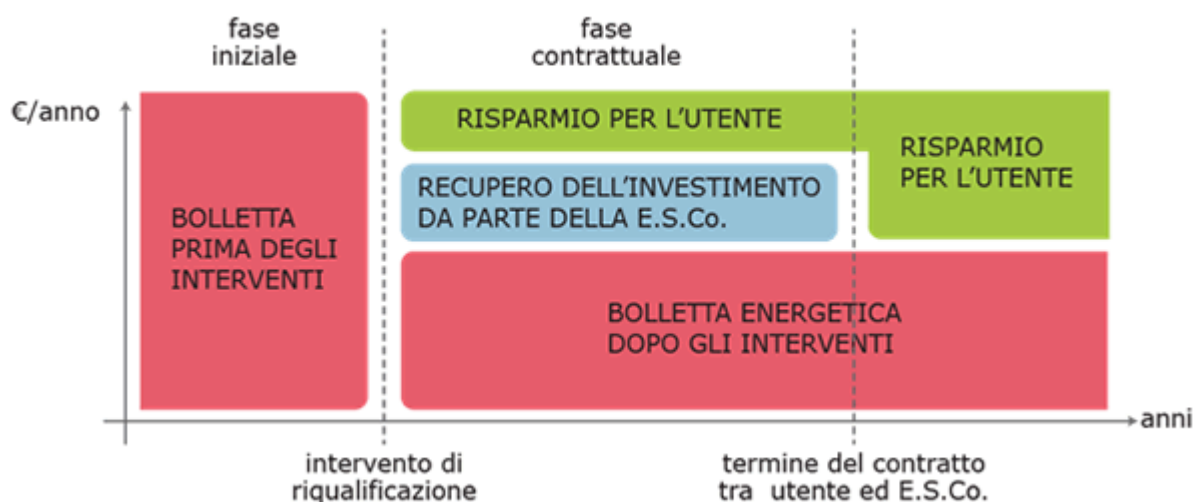


Figura 13: Struttura di un contratto E.P.C.

Tipicamente della durata di 10 anni, permette di trasferire da subito una quota del risparmio atteso dal cliente lasciando alla società la rimanente parte che andrà a remunerare gli investimenti intrapresi in efficienza: utilizzando il risparmio garantito come copertura, il cliente o la E.S.Co. possono finanziare l'intervento o con fondi propri o con il Finanziamento Tramite Terzi.

Preme ribadire che l'elemento base del progetto, il contratto, è fondamentale oltre che per la riuscita del progetto anche per il ritorno economico della E.S.Co. nel lungo periodo. Si possono pertanto evidenziare due aspetti: il primo è legato alla criticità del contratto in relazione alle modalità di valutazione dell'energia risparmiata; il secondo è connesso al fatto che non si ha come riferimento un preciso sistema contrattuale fisso nei suoi elementi, bensì una serie di contratti con marcata peculiarità in funzione delle obbligazioni tra le parti, sempre con il denominatore comune di prevedere studi e interventi tesi al miglioramento della efficienza energetica^[16].

Questa tipologia contrattuale risulta win-win sia lato cliente che lato E.S.Co.: infatti il primo realizza immediatamente un risparmio senza la necessità di spendere di propria tasca, la seconda incamera dei profitti a seguito di un investimento fatto.

Dal punto di vista normativo italiano, una prima definizione di Energy Performance Contract la

si ha nel D.Lgs. 115 del 2008 che recepisce la direttiva europea n. 32 del 2006, che all'articolo 2 comma 1 lettera l recita:

<Accordo contrattuale tra il beneficiario e il fornitore riguardante una misura di miglioramento dell'efficienza energetica, in cui i pagamenti a fronte degli investimenti in siffatta misura sono effettuati in funzione del livello di miglioramento dell'efficienza energetica stabilito contrattualmente>.

Per un elenco dettagliato di ciò che deve contenere un contratto E.P.C. si deve attendere il recepimento della direttiva europea n. 27 del 2012 attraverso il D.Lgs. 102 del 2014, che all'allegato 8 prescrive i contenuti essenziali di un contratto a prestazioni energetiche garantite:

- Un elenco chiaro e trasparente delle misure di efficienza da applicare o dei risultati da conseguire in termini di efficienza;
- I risparmi garantiti da conseguire applicando le misure previste dal contratto;
- La durata e gli aspetti fondamentali del contratto, le modalità e i termini previsti;
- Un elenco chiaro e trasparente degli obblighi che incombono su ciascuna parte contrattuale;
- Data o date di riferimento per la determinazione dei risparmi realizzati;
- Un elenco chiaro e trasparente delle fasi di attuazione di una misura o di un pacchetto di misure e, ove pertinente, dei relativi costi;
- L'obbligo di dare piena attuazione alle misure previste dal contratto e la documentazione di tutti i cambiamenti effettuati nel corso del progetto;
- Disposizioni che disciplinino l'inclusione di requisiti equivalenti in eventuali concessioni in appalto a terze parti;
- Un'indicazione chiara e trasparente delle implicazioni finanziarie del progetto e la quota di partecipazione delle due parti ai risparmi pecuniari realizzati (ad esempio, remunerazione dei prestatori di servizi);
- Disposizioni chiare e trasparenti per la quantificazione e la verifica dei risparmi garantiti conseguiti, controlli della qualità e garanzie;
- Disposizioni che chiariscono la procedura per gestire modifiche delle condizioni quadro che incidono sul contenuto e i risultati del contratto (a titolo esemplificativo: modifica dei prezzi dell'energia, intensità d'uso di un impianto)
- Informazioni dettagliate sugli obblighi di ciascuna delle parti contraenti e sulle sanzioni in caso di inadempienza.

4. L'edificio caso studio: condominio Vital & Carbolante

4.1 Descrizione generale

Progettato nel 1962, si sviluppa su tre piani dei quali 2 sono ad uso residenziale e il piano terra comprende unità commerciali, box auto e centrale termica.

Via e n° civico	Nazario Sauro, 44
Comune e Provincia	Conegliano Veneto (TV)
Anno di costruzione	1962
Destinazione d'uso	Edificio adibito ad uso residenziale (cat. E1 del DPR 412/93)
Zona climatica	E
Gradi giorno	2436
Altezza del sito	72 m. s.l.m.
Volume lordo riscaldato (V)	1895 m ³
Superficie disperdente (S)	1074 m ²
Rapporto di forma S/V	0,57
Superficie utile	534 m ²

Tabella 1: Informazioni identificative del condominio Vital & Carbolante.

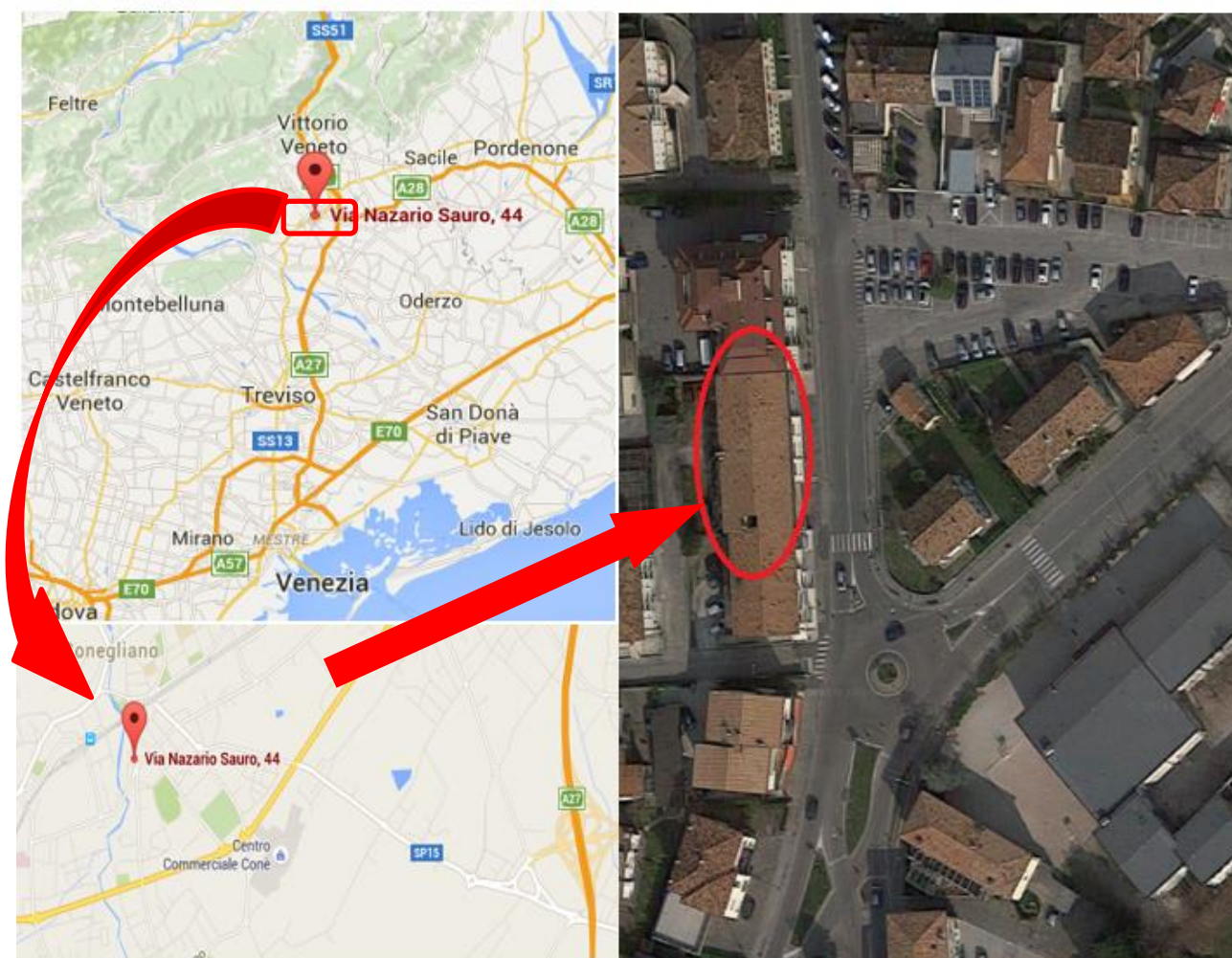


Figura 14: collocazione geografica del condominio Vital & Carbolante, oggetto della diagnosi.



Figura 15: Vista del condominio da Via Nazario Sauro. Si notino le unità commerciali al pian terreno e le zone residenziali nei due piani superiori.



Figura 16: Vista del lato posteriore del condominio, dove si notano i box auto, e il camino della centrale termica.

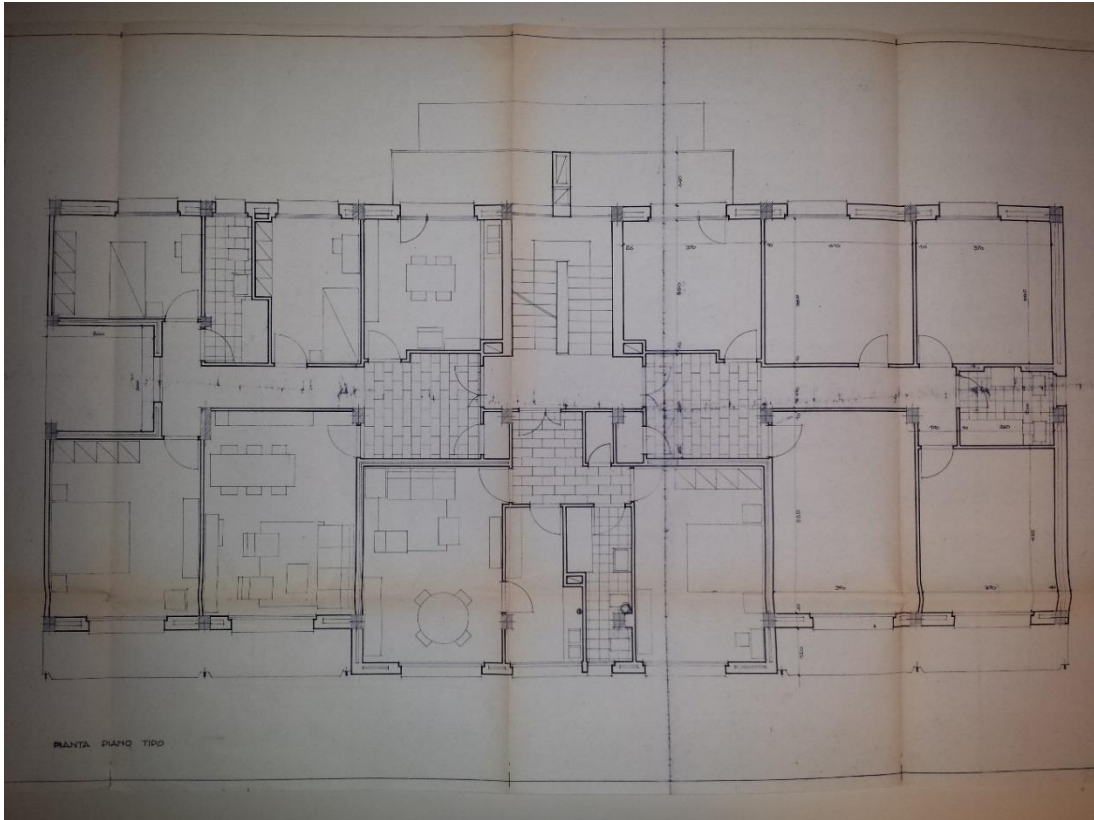


Figura 17: Piantina del secondo piano del condominio.

Essendo tale edificio progettato prima della entrata in vigore della legge 373/1976, la struttura portante e la muratura in latero-cemento non presentano alcun elemento isolante. I muri perimetrali sono in mattoni pieni con intonaco di malta e cemento, ipotizzati secondo abaco della normativa UNI TR 11552^[17] poiché si è ritenuto eccessivamente invasivo procedere con dei carotaggi in loco.

4.1.1 Analisi Termografica

Attraverso termografie dell'involucro è stato possibile comprendere la tipologia della rete di distribuzione, che risulta essere a colonne montanti non isolate annegate nelle pareti esterne, dove ogni colonna alimenta i terminali presenti nella medesima posizione in ogni piano.

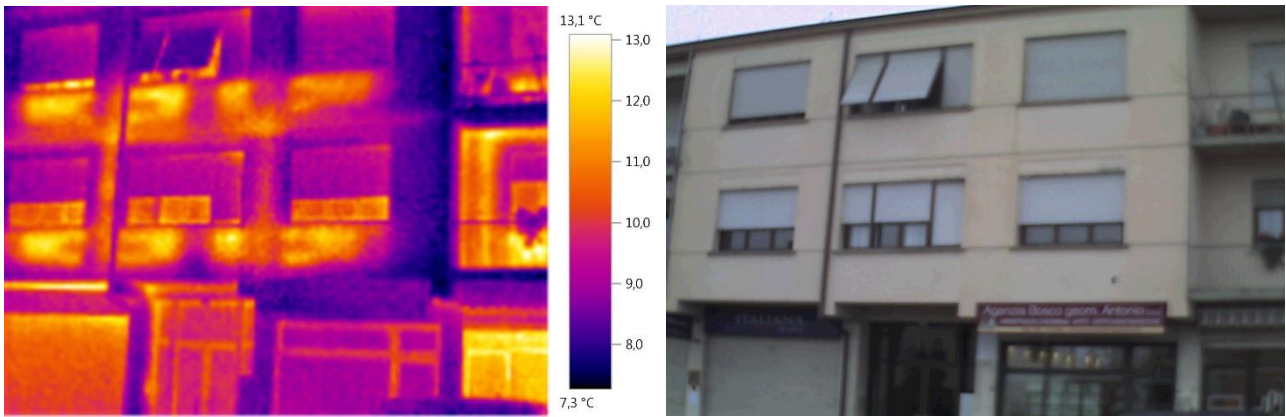


Figura 18: Termografia della facciata centrale del condominio Vital & Carobolante vista da Via Nazario Sauro. Si notino le notevoli dispersioni dei caloriferi verso l'esterno

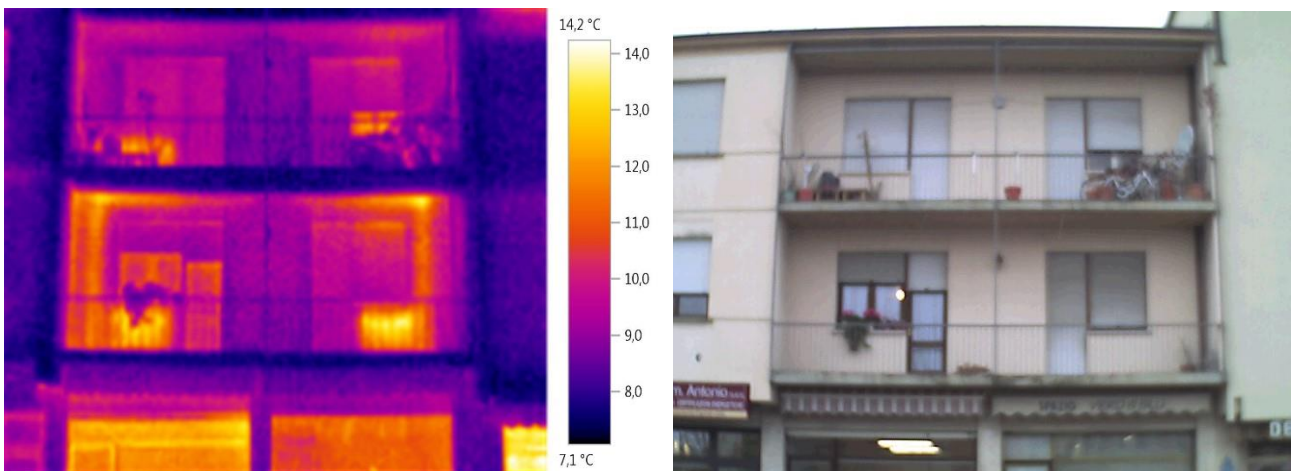


Figura 19: Termografia del terrazzo nella facciata del condominio Vital & Carobolante vista da Via Nazario Sauro. Anche in questo caso sono ben visibili le dispersioni dei caloriferi, in aggiunta si possono notare nel piano centrale le colonne montanti che distribuiscono il calore ai caloriferi.

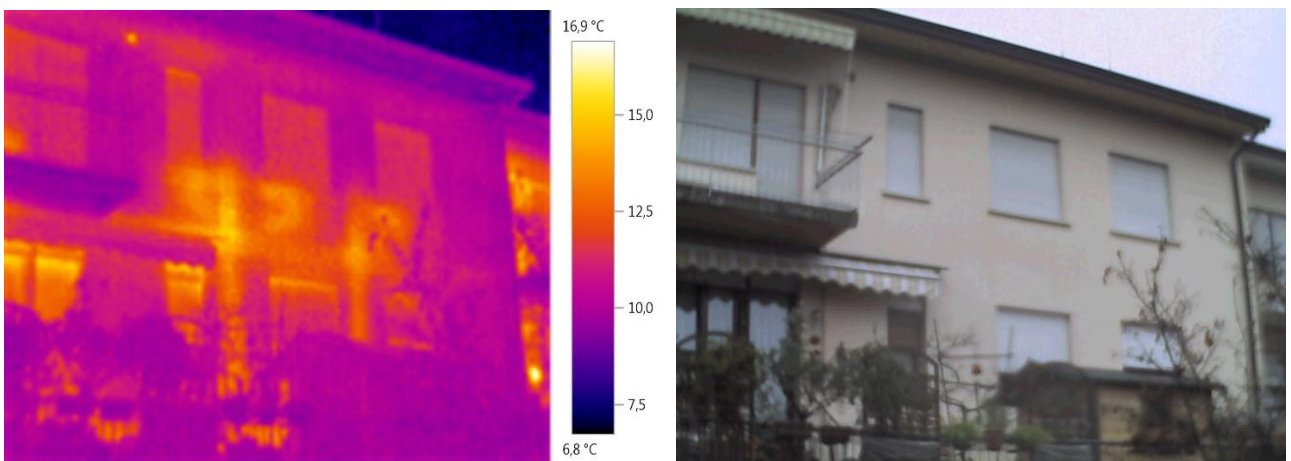


Figura 20: Termografia della facciata posteriore del condominio, si notino anche qui le dispersioni di caloriferi e della rete di distribuzione a colonne montanti.

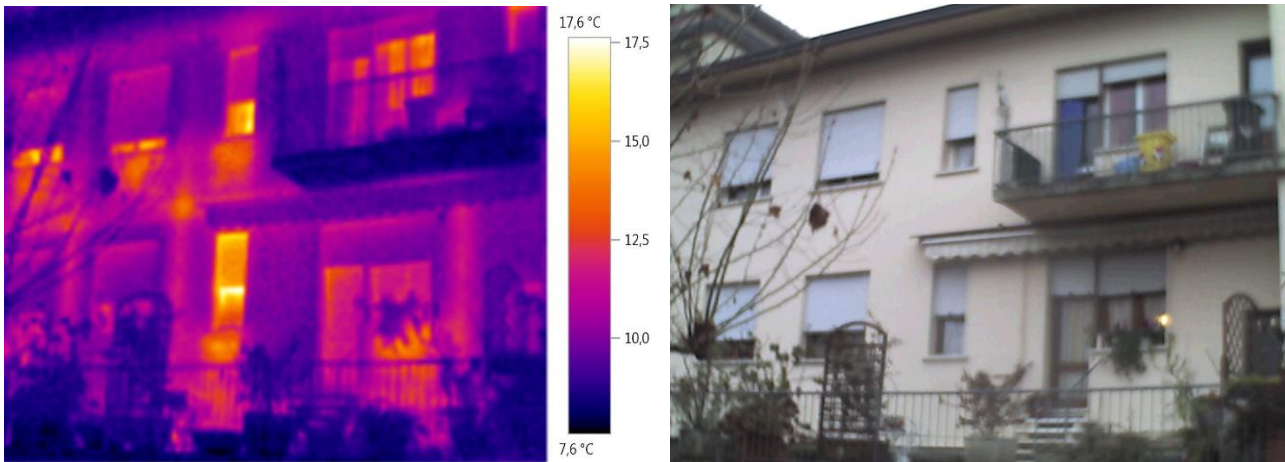


Figura 21: Altra termografia della facciata posteriore del condominio. Anche in questo caso sono evidenti dispersioni dovute alla totale assenza di materiale isolante sui muri

4.1.2 Sopralluogo Centrale Termica

Successivamente alla acquisizione di foto termiche dell'edificio si è passati ad analizzare lo stato e le caratteristiche della centrale termica. Il generatore di calore è una caldaia tradizionale a gas metano con bruciatore ad aria soffiata di classe B installata nel 1994, unica per tutto il condominio. Presenta una potenza nominale di 127 kW ed eroga solamente acqua calda nella rete di distribuzione, poiché ogni appartamento ha al suo interno un bollitore elettrico per i fabbisogni di acqua calda sanitaria. Presenta una regolazione di tipo climatico con una centralina a bordo collegata ad una sonda di temperatura esterna.



Figura 22: Fotografia della attuale caldaia a metano presente nella centrale termica

Dalla ispezione condotta si è constatato che la rete di distribuzione è sprovvista di qualsiasi isolamento e le pompe installate sono a velocità fissa regolabile solo manualmente.



Figura 23: Particolare della targhetta e della tubazione di scarico fumi della caldaia



Figure 24 e 25: Particolari della rete di distribuzione in centrale termica: da notare la totale assenza di isolante nelle tubazioni.

4.1.3 Sopralluogo nelle unità abitative

A seguito del sopralluogo è stato constatato che:

- I serramenti presentano vetrocamera senza trattamento basso emissivo al primo piano e lastra di vetro semplice al piano secondo,
- I caloriferi sono radiatori in ghisa addossati quasi tutti in nicchie contro pareti non isolate,

- Tutti gli alloggi sono sprovvisti di sistemi di regolazione del calore e i terminali non dotati di valvole termostatiche.

4.2 Analisi Bollette energetiche e calcolo della Baseline di riferimento

Compiuta la prima fase di sopralluogo e acquisizione di informazioni si è proceduto ad analizzare le fatture energetiche della centrale termica. Trattandosi di un impianto centralizzato è stato sufficiente richiedere all'Amministratore di Condominio le bollette relative alle precedenti tre stagioni termiche.

Per ogni stagione termica si sono chiesti i dati relativi alla occupazione dello stabile e sulla base delle superfici occupate si è calcolato un indice di consumo per unità di superficie, normalizzato per i gradi giorno standard della località come da D.P.R. 412/1993 (2536 per Conegliano). La normalizzazione viene fatta calcolando un fabbisogno standard pari a

$$Consumi_{STD} = Consumi_i \frac{GG_{STD}}{GG_i} \quad 1)$$

Stagione termica	GG	CONSUMI _i [Sm ³ /anno]	Consumi _{Std} [Sm ³ /anno]	Sup. riscaldata [m ²]	Indice [Sm ³ /m ²]
sett 2012 / apr 2013	2385,3	11732	12474	609	20,48
sett 2013 / apr 2014	1974,0	8435	10837	567	19,11
sett 2014 / apr 2015	2061,4	8636	10625	567	18,74

Tabella 2: Tabella riepilogativa dei consumi annui di metano dell'edificio

Relativamente ai consumi di energia elettrica in centrale termica si sono potuti analizzare i dati del bilancio consuntivo di Condominio relativo alle stagioni termiche 2013/2014 e 2014/2015 dove si è stabilito dalla assemblea di condominio che la spesa sostenuta è pari al 70% del totale dei consumi elettrici delle parti comuni (la restante quota del 30% è da attribuirsi ad ascensore e illuminazione). Avendo avuto a disposizione solo quelle informazioni si è assunta come spesa di energia elettrica la media aritmetica dei precedenti due valori.

Si precisa che il calcolo della base di costo viene ristretta alle sole zone residenziali

$$C_{en,el} = \frac{387,11 + 373,14}{2} = 380,25 \text{ €/anno} \quad 2)$$

Analogamente per i costi di manutenzione dell'attuale impianto si è fatta la media aritmetica

delle due voci di costo relative ai due bilanci consuntivi analizzati.

$$C_{man} = \frac{409,90 + 324,5}{2} = 367,20 \text{ €/anno} \quad 3)$$

A seguito di ciò si è definita una baseline di riferimento che rappresenta i costi standard relativa alle sole zone residenziali, poiché a seguito di colloqui con l'Amministratore i negozi al pian terreno hanno manifestato interesse a dotarsi di un impianti di riscaldamento autonomo.

Si è scelto come prezzo del vettore energetico un suo valore medio dell'ultima stagione termica analizzata: 0,797 €/Sm³ per il periodo 2014/2015.

Stagione termica riscaldamento	2012/2013	2013/2014	2014/2015
Fabbisogno termico specifico (Normalizzato sui GG standard)	197 kWh/m ²	183 kWh/m ²	181 kWh/m ²
	20,48 Sm ³ /m ²	19,11 Sm ³ /m ²	18,74 Sm ³ /m ²
Costo metano considerato	0,797 €/Sm³		
Bollette metano normalizzate	8.716 €	8.133 €	7.975 €
Costo manutenzione (medio)	367 €	367 €	367 €
Bollette Enel centrale termica (medio)	380 €	380 €	380 €
Fabbisogni di energia al generatore per le sole unità residenziali	<u>99.783 kWh</u>		
BASELINE di riferimento	<u>8.848 €</u>		

Tabella 3: Riepilogo delle voci di costo sostenute dal condominio e della Baseline di riferimento

4.3 Modellazione energetica

È stato scelto di impegnare due software per il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio, con logiche di funzionamento radicalmente diverse: TRNSYS ed Edilclima.

Il primo è un software di simulazione dinamica dove vengono calcolate le variabili caratteristiche dell'edificio (quali dispersioni, apporti solari, temperature di parete ecc.) ora per ora tenendo conto della inerzia termica dell'edificio mediante l'uso di funzioni di trasferimento e avendo come input un elaborato file climatico di tipo TRY (Test Reference Year), mentre il secondo programma è di tipo quasi-stazionario dove si considerano i dati climatici medi mensili e i calcoli vengono eseguiti considerando le normative tecniche^[18], previste dalla legislazione in materia di attestati di prestazioni energetiche.

Entrambi i software presentano vantaggi e svantaggi, motivo per cui è stato ritenuto utile utilizzarli entrambi.

TRNSYS possiede rispetto ad Edilclima una maggiore accuratezza in termini di calcoli energetici poiché esegue operazioni su base oraria, dall'altro lato presenta una più complicata interfaccia

con l'utente poiché i dati dimensionali dell'edificio devono essere inseriti manualmente e ciò può risultare molto oneroso via via che le dimensioni dell'edificio crescono. Relativamente alla modellazione impiantistica è necessario inserire una notevole complessità di informazioni nel Simulation Studio.

Edilclima invece ha una semplificata interazione con l'utente potendo acquisire interi edifici da piantine digitali in modo quasi immediato e l'inserimento di molte informazioni risulta semplice grazie alla completa integrazione con le normative tecniche (quali rendimenti dei sottosistemi di distribuzione, regolazione, dati di caldaie...), nonché la possibilità di calcolare fabbisogni lordi di energia tenendo conto dei rendimenti medi stagionali degli impianti di riscaldamento con la possibilità di considerare valori sia standard per tipologia di macchina, sia dettagliati nel caso si abbiano a disposizione informazioni dettagliate. Gli svantaggi rispetto a TRNSYS sono di tipo computazionale, poiché disponendo di soli dati medi mensili restituisce valori approssimati e cautelativi relativamente al dimensionamento degli impianti.

Alla luce di queste considerazioni è stato usato TRNSYS per il calcolo dei fabbisogni netti di energia e potenza dell'edificio, Edilclima per la quota parte di dispersioni dovuti ai ponti termici della struttura e per il calcolo del rendimento medio stagionale del sistema edificio-impianto.

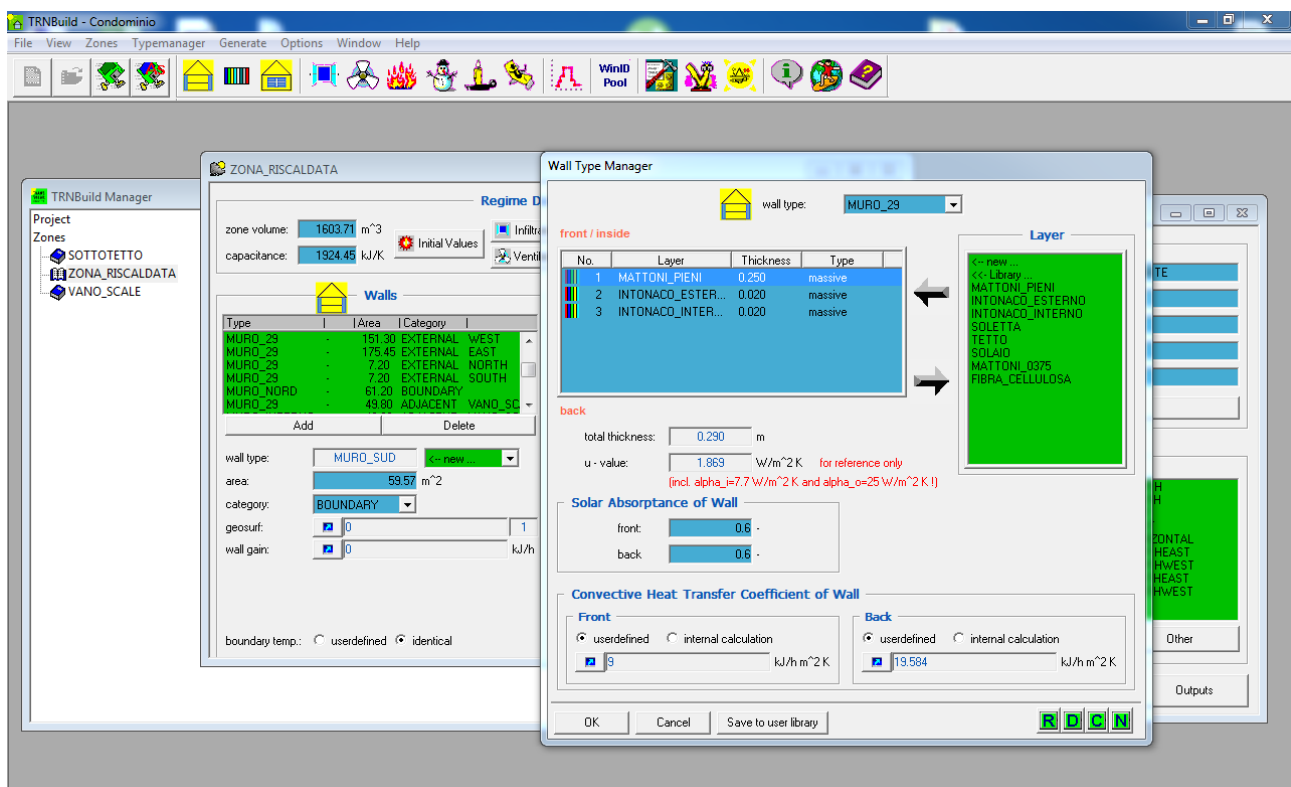


Figura 26: Il Software di simulazione dinamica TRNSYS, alla versione 16

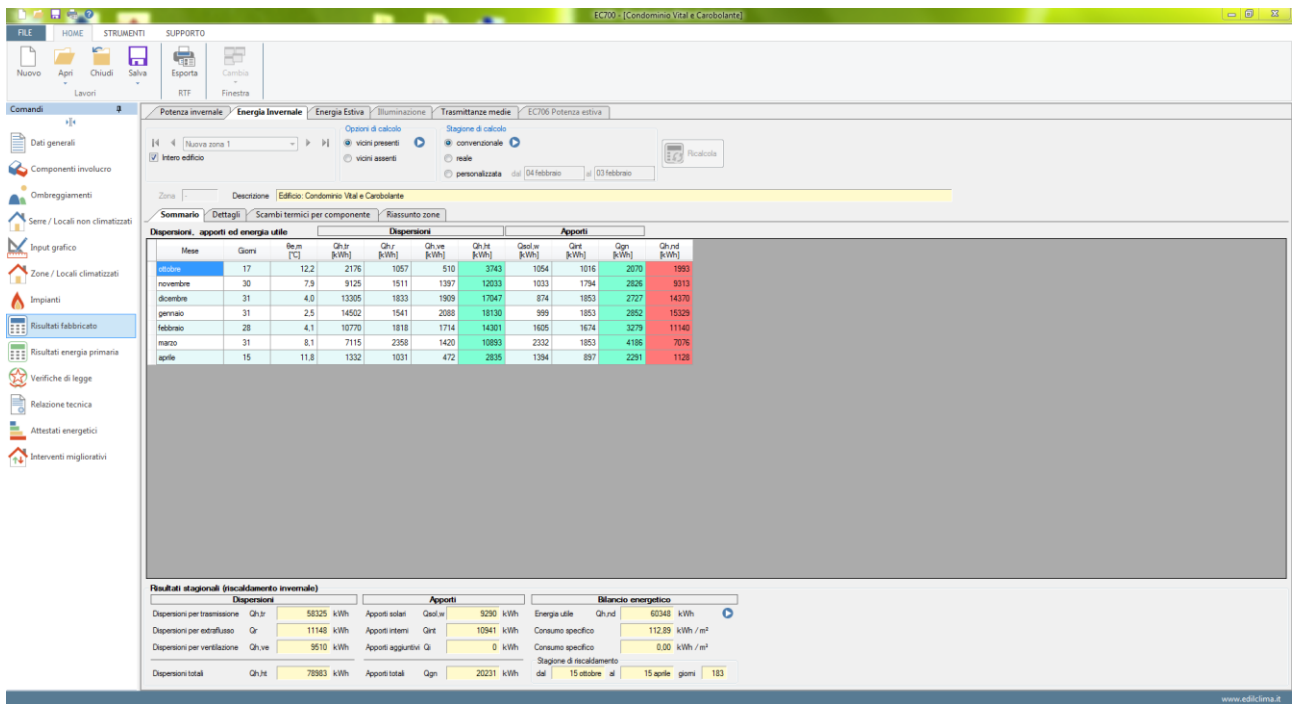


Figura 27: Il Software di simulazione quasi-stazionaria EdilClima

4.3.1 Dati strutturali edificio

4.3.1.1 Strutture opache

In entrambi i programmi si sono quindi inserite le stratigrafie dei muri ipotizzate dalla normativa UNI TR 11552, d'ora in poi chiamata "abaco", facilmente accessibile da Edilclima dove in funzione degli anni di costruzione dell'edificio e della regione italiana viene stimata una stratigrafia tipo della struttura.

Muratura perimetrale anteriore e posteriore			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]
Intonaco Esterno	1	20	0.02
Mattoni Pieni	0.781	250	0.32
Intonaco Esterno	0.8	20	0.025
Coefficiente liminare lato interno			0.130
Coefficiente liminare lato esterno			0.101
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			1.679

Tabella 3-a: Caratteristiche componenti opache

Muratura perimetrale lato Sud			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]
Intonaco Esterno	1	20	0.02
Mattoni Pieni	0.781	140	0.18
Intonaco Esterno	0.8	10	0.013
Coefficiente liminare lato interno			0.130
Coefficiente liminare lato esterno			0.101
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			2.258

Tabella 3-b: Caratteristiche componenti opache

Muratura perimetrale lato Nord			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]

Intonaco Esterno	1	20	0.02
Mattoni Pieni	0.781	375	0.48
Intonaco Esterno	0.8	10	0.013
Coefficiente liminare lato interno			0.130
Coefficiente liminare lato esterno			0.130
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			1.320

Tabella 3-c: Caratteristiche componenti opache

Pavimento contro terra			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]
Piastrelle ceramica	1	10	0.01
Massetto in cls	1.49	50	0.034
Cls armato	2.5	300	0.120
Sottofondo cemento magro	0.9	100	0.111
Coefficiente liminare lato interno			0.17
Coefficiente liminare lato esterno			0.04
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			0.792

Tabella 3-d: Caratteristiche componenti opache

La trasmittanza termica del pavimento contro terra è stata calcolata utilizzando la normativa UNI EN 13370 per i pavimenti contro terra, tenendo conto del perimetro del pavimento, della sua area e della conducibilità termica del terreno sottostante, presa pari a 2 W/mK per Conegliano.

Soffitto sottotetto e solai interpiano			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]
Massetto in cls	1.49	80	0.054
Soletta laterizio	0.660	180	0.273
Intonaco gesso	0.8	10	0.013

Coefficiente liminare lato interno	0.100
Coefficiente liminare lato esterno	0.100
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]	1.856

Tabella 3-e: Caratteristiche componenti opache

Tetto			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]
Tegole con malta di cemento	1	20	0.02
calcestruzzo	1.4	40	0.028
Soletta in laterocemento	/	160	0.33
Intonaco interno	0.7	20	0.028
Coefficiente liminare lato interno			0.130
Coefficiente liminare lato esterno			0.101
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			1.615

Tabella 3-f: Caratteristiche componenti opache

4.3.1.2 Componenti finestrati

La situazione riscontrata in fase di sopralluogo è stata molto variegata: si sono trovati serramenti senza trattamento basso emissivo con vetrocamera 4/12/4, 4/8/4 e 4/6/4 negli appartamenti al primo piano, serramenti con vetro singolo al secondo piano.

Serramento con vetro singolo			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]
Telaio legno	/	20	0.373
Vetro Singolo	1	4	0.004
Coefficiente liminare lato interno			0.130
Coefficiente liminare lato esterno			0.101
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			4.988

Tabella 4-a: Caratteristiche componenti finestrate

Serramento con vetrocamera 4/12/4			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]
Telaio legno	/	20	0.373
Vetrocamera	1	4	0.357
Coefficiente liminare lato interno			0.130
Coefficiente liminare lato esterno			0.101
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			1.953

Tabella 4-b: Caratteristiche componenti finestrate

Serramento con vetrocamera 4/8/4			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]
Telaio legno	/	20	0.373
Vetrocamera	1	4	0.322
Coefficiente liminare lato interno			0.130
Coefficiente liminare lato esterno			0.101
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			2.032

Tabella 4-c: Caratteristiche componenti finestrate

Serramento con vetrocamera 4/6/4			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m²K/W]
Telaio legno	/	20	0.373
Vetrocamera	1	4	0.303
Coefficiente liminare lato interno			0.130
Coefficiente liminare lato esterno			0.101
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			2.077

Tabella 4-d: Caratteristiche componenti finestrate

I valori dei coefficienti liminari interni ed esterni sono calcolati da Edilclima sulla base della

orientazione delle superfici e della località di riferimento scelta in conformità a quanto prevede la UNI EN ISO 6946 per il calcolo dei fabbisogni energetici lato involucro.

Tale normativa prevede l'uso di due valori per ogni coefficiente limite: il primo rappresenta il valore medio del coefficiente durante l'intera stagione termica e viene utilizzato per i calcoli di fabbisogno energetico mentre il secondo viene calcolato per le situazioni più gravose dal punto di vista ambientale e si impiega per i calcoli di dimensionamento impiantistico.

4.3.1.3 Ponti Termici

I ponti termici riscontrati nella struttura e inseriti in Edilclima sono i seguenti:

Cod.	Descrizione	ψ [W/mK]	Lunghezza [m]	Contributo energia [kWh/anno]	contributo Potenza [W]
Z3	C - Angolo tra pareti muro sud rientrante con pilastro	0,085	13,20	67	29
Z4	C - Angolo tra pareti muro sud rientrante	0,150	13,20	117	52
Z5	C - Angolo tra pareti muro est/ovest sporgente	-0,406	19,80	-477	-231
Z6	Angolo Parete est/ovest muro interno	0,010	52,80	32	15
Z7	B - Parete - Balcone	0,184	15,40	168	85
Z8	IF - Parete est/ovest - Solaio interpiano	0,239	39,03	554	256
Z9	IF - Parete est/ovest - Solaio interpiano con unità commerciali	0,120	39,03	278	128
Z10	IF - Parete est/ovest - Solaio interpiano con sottotetto	0,120	55,00	391	128
Z11	W - Parete - Telaio	0,170	317,38	3204	1506
Z12	Angolo tra pareti muro est/ovest rientrante	0,162	13,20	127	64
Z13	IW - Parete est/ovest- Parete interna con pilastro	0,241	13,20	189	96
Z14	IF - Parete sud - Solaio interpiano	0,266	9,00	142	67
Z15	IF - Parete sud - Solaio interpiano con locali riscaldati	0,133	18,00	142	67

Tabella 5: Riepilogo dei ponti termici inseriti in Edilclima

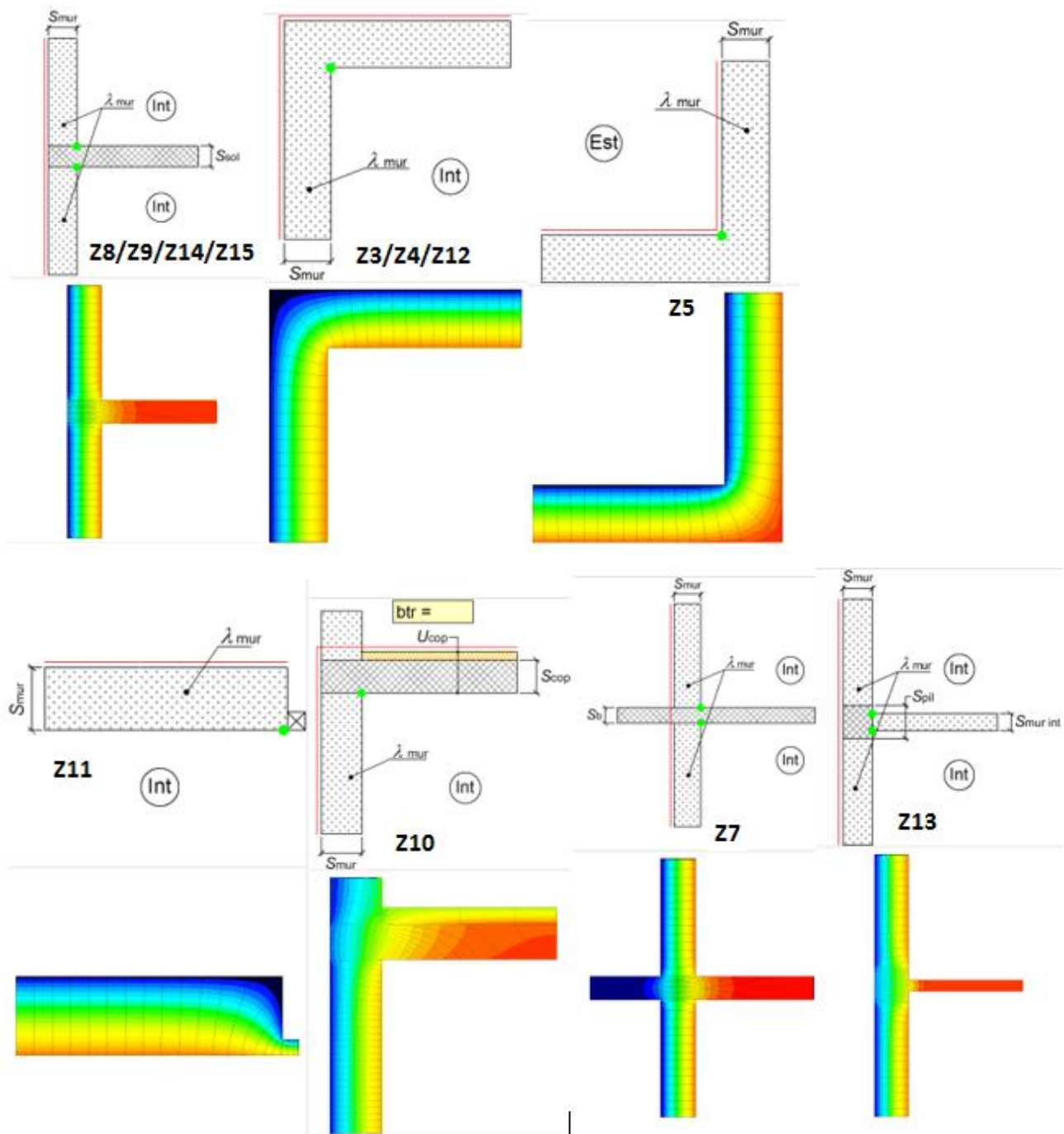


Figura 28: Tipologia di ponte termico inserita in Edilclima per codice usato

4.3.2 Precisazione sui valori dei coefficienti liminari

In TRNSYS viene richiesto di inserire la sola parte convettiva dello scambio termico relativo ai coefficienti liminari, poiché il software procede da se al calcolo della componente radiativa. Pertanto è stato necessario calcolare separatamente il contributo convettivo di ogni coefficiente utilizzato, separando le due componenti

Sussiste infatti la seguente relazione:

$$R_{lim} = \frac{1}{h_{conv} + h_{rad}} \left[\frac{m^2K}{W} \right] \quad 4)$$

Dove:

- R_{lim} è il coefficiente liminare globale, restituito da Edilclima,
- h_{conv} è la quota parte convettiva di tale coefficiente,
- h_{rad} è il contributo radiativo.

Per quanto riguarda il coefficiente di scambio termico convettivo con l'aria esterna si è utilizzata la formula presente nella normativa UNI EN ISO 6946

$$h_{conv,ext} = 4 + 4 * v_m \left[\frac{W}{m^2K} \right] \quad 5)$$

Dove:

- v_m corrisponde alla velocità media dell'aria esterna nel caso di calcolo energetico e alla massima raffica nel caso di calcolo di potenza nella località sede del condominio, ricavata dall'archivio normativo di Edilclima e comunque presente nella normativa UNI EN ISO 10349 e pari a 0,36 m/s per Conegliano Veneto

Per il calcolo dei coefficienti convettivi lato interno, viene prima calcolato il contributo radiativo e per differenza si ottiene quello legato alla convezione: si è assunta una temperatura media di parete di 20°C e calcolato il coefficiente di scambio radiativo come

$$h_{rad} = 0.9 * 4\sigma(T_m)^3 \quad 6)$$

Dove:

- T_m corrisponde alla temperatura media della parete, ipotizzata di 20°C,
- σ è il coefficiente di Stefan - Boltzmann pari a $5.67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

E successivamente si è calcolato

$$h_{conv,int} = \frac{1}{R_{lim}} - h_{rad} \quad 7)$$

Ricapitolando, in TRNSYS sono stati inseriti i seguenti coefficienti, opportunamente convertiti da W/m^2K a kJ/hm^2K .

Coefficiente liminare convettivo, calcolo Potenza		
Lato esterno	73,94	$\text{kJ}/\text{hm}^2\text{K}'$
Lato interno, flusso orizzontale (pareti)	9,18	$\text{kJ}/\text{hm}^2\text{K}'$
Lato interno, flusso ascendente (soffitti)	17,50	$\text{kJ}/\text{hm}^2\text{K}'$
Lato interno, flusso discendente (pavimenti)	2,66	$\text{kJ}/\text{hm}^2\text{K}'$

Tabella 6-a: Coefficienti convettivi di scambio termico inseriti in TRNSYS, lato potenza

Coefficiente liminare convettivo, calcolo Energia		
Lato esterno	19,59	$\text{kJ}/\text{hm}^2\text{K}'$
Lato interno, flusso orizzontale (pareti)	9,20	$\text{kJ}/\text{hm}^2\text{K}'$
Lato interno, flusso ascendente (soffitti)	10,96	$\text{kJ}/\text{hm}^2\text{K}'$
Lato interno, flusso discendente (pavimenti)	2,52	$\text{kJ}/\text{hm}^2\text{K}'$

Tabella 6-b: Coefficienti convettivi di scambio termico inseriti in TRNSYS, lato energia

4.3.3 Risultati della simulazione energetica

Di seguito le dispersioni nette ottenute dalla simulazione in TRNSYS, senza il contributo dovuto ai ponti termici

Perdite per Trasmissione	74.066	kWh/anno
Perdite per Ventilazione	9.200	kWh/anno
Apporti interni	10.959	kWh/anno
Apporti solari	8.057	kWh/anno
Energia termica riscaldamento netta	64.263	kWh/anno
Potenza massima richiesta netta	33,75	kW

Tabella 7: Dettaglio delle dispersioni nette condominio Vital, senza ponti termici

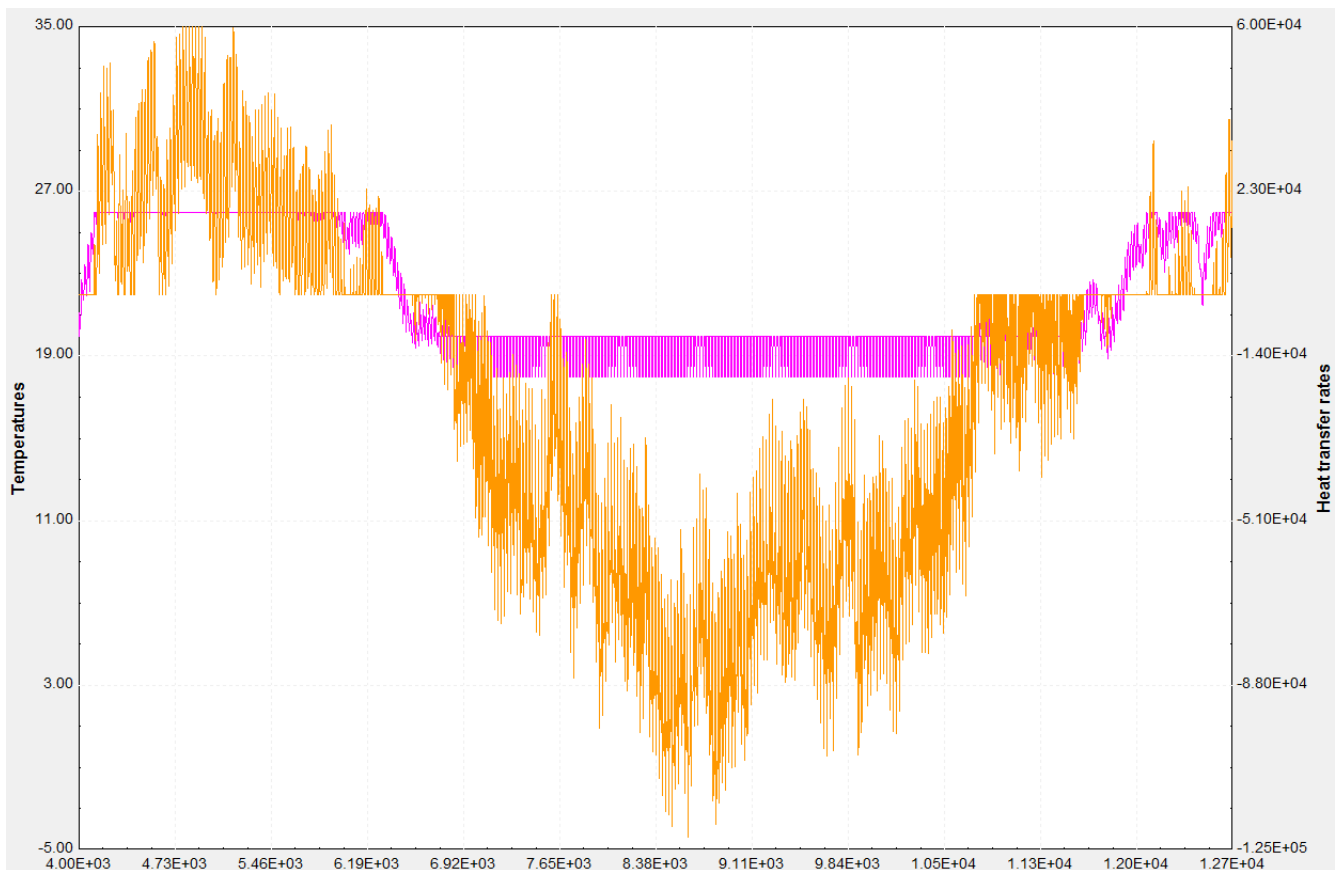


Figura 29: Elaborato grafico restituito da TRNSYS per il fabbisogno energetico netto. Si noti la temperatura interna in viola con l'attenuazione notturna a 18°C e il carico termico richiesto nella stagione invernale leggibile attraverso la scala di destra in giallo, valori negativi. Simulazione condotta dalla ora n 4000 alla n 12760 per un totale di 8760 ore.

Considerando il contributo dovuto ai ponti termici come da Fig. 31 pari ad aggiuntivi:

- 4936 kWh/anno in termini di fabbisogno netto di energia e
- 2409 W in termini di massima potenza richiesta

Si ottiene

Energia termica riscaldamento netta	69.249	kWh/anno
Potenza massima richiesta netta	36,15	kW

Tabella 8: Riepilogo dispersioni nette condominio Vital, con i ponti termici

4.3.4 Calcolo rendimento medio stagionale sottosistemi d'impianto

Successivamente al calcolo dei fabbisogni netti del fabbricato si è calcolato il rendimento medio dei sottosistemi di generazione, distribuzione, regolazione ed emissione attualmente presenti conformemente a quanto riportato dalla normativa tecnica^[15] associata al software Edilclima.

4.3.4.1 Rendimento sottosistema di generazione

Per quanto riguarda il generatore di calore si è preso in via cautelativa il rendimento di

combustione scritto nel libretto di caldaia, pari a 93,9 %. Il motivo per cui sia un valore cautelativo sta nel fatto che una caldaia tradizionale presenta rendimenti di combustione decrescenti via via che la potenza termica richiesta diminuisce. Nel caso di una caldaia non modulante ciò implica che soprattutto durante le prime e le ultime fasi della stagione termica ci siano frequenti cicli di accensione e spegnimento con inevitabile decadimento delle prestazioni, mentre il valore di rendimento scritto nel libretto viene ottenuto da test su caldaia a potenza nominale (127 kW).

Tali cicli saranno tanto più frequenti quanto maggiore risulta essere il sovradimensionamento dell'impianto rispetto ai reali fabbisogni di potenza del sistema edificio-impianto.

4.3.4.2 *Rendimento sottosistema di regolazione*

Come precedentemente scritto, in fase di sopralluogo non si è constatata alcuna presenza di termostati ne valvole termostatiche all'interno degli alloggi. L'unico dispositivo di regolazione presente è la sonda climatica nella caldaia che regola la temperatura di mandata dell'acqua nella rete di riscaldamento in funzione della temperatura dell'aria esterna grazie ad una centralina a bordo macchina.

La UNI TS 11300 parte 2 calcola il rendimento di tale sottosistema nel caso siano installati dei radiatori in presenza di una regolazione "solo climatica" come

$$\eta_{reg} = 100 - 60 * \gamma * \eta_u \text{ [%]} \quad 8)$$

Dove:

- γ è il rapporto tra apporti gratuiti e dispersioni dell'edificio definiti in Fig. 31, nel dettaglio

$$\gamma = \frac{Q_{int,gain} + Q_{sol,gain}}{Q_{vent} + Q_{trasmisss}} \quad 9)$$

In cui:

- $Q_{int,gain}$ = apporti solari attraverso componenti finestrati
 - $Q_{int,gain}$ = apporti interni gratuiti
 - Q_{vent} = perdite dovute alla ventilazione ambienti, ipotesi di 0,3 Vol/h
 - $Q_{trasmisss}$ = perdite legate alla dispersione termica delle strutture perimetrali, sia opache che finestrate
- η_u è il fattore di utilizzo degli apporti gratuiti, definito dalla UNI TS 11300 parte 1 e calcolato come

$$\eta_u = \frac{1 - \gamma^{1+\frac{h}{15}}}{1 - \gamma^{2+\frac{h}{15}}} \quad 10)$$

Nella quale h è la costante di tempo della struttura, pari a 20,6 ore come restituito da Edilclima.

Con i dati ottenuti si è calcolato un rendimento medio stagionale relativo a questo sottosistema pari a

$$\eta_{reg} = 87,09 \% \quad 11)$$

4.3.4.3 Rendimento sottosistema di distribuzione

Per quanto riguarda la distribuzione si sono considerati i prospetti 23 e 24 della UNI TS 11300 parte 2 ipotizzando dalle termografie analizzate nelle figg. 18–21 che questa sia a colonne montanti verticali correnti nei muri esterni. Viene quindi considerato un rendimento di base pari a 88,7 % scelto nella colonna D che considera un livello di isolamento delle tubazioni “gravemente deteriorato o inesistente”

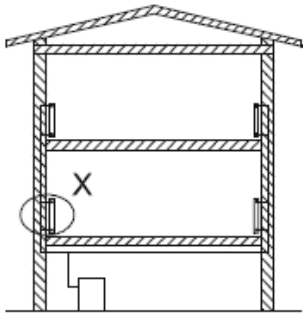
 <p>4.2 Distribuzione orizzontale nel cantinato Montanti non isolati, correnti in traccia nel lato interno delle pareti esterne</p>	Isolamento distribuzione orizzontale				
	Altezza edificio	A	B	C	D
1 piano	0,966	0,952	0,922	0,875	
2 piani	0,938	0,929	0,906	0,871	
3 piani	0,937	0,931	0,914	0,887	
4 piani e più	0,938	0,933	0,920	0,900	

Figura 30: Prospetto 23 della normativa UNI-TS 11300:2

Per questo tipo di distribuzione la normativa calcola il rendimento medio stagionale come

$$\eta_d = 100 - C(1 - 88.7) [\%] \quad 12)$$

Dove C è il fattore che tiene conto delle temperature di progetto di mandata e ritorno dell’acqua nella rete di distribuzione e 88,7% rappresenta il rendimento nelle condizioni in cui la temperatura di progetto sia di 85°c in mandata.

Temperature di mandata e di ritorno di progetto °C	Δt di progetto corrispondente °C	Temperatura media stagionale °C	Fattore di correzione C del rendimento tabulato	Tipologia di impianto corrispondente (indicativa)
80-60	50	37,3	1,00	Impianti a radiatori
	45	36,0	0,94	
70-55	42,5	35,3	0,92	
	40	34,7	0,89	
	35	33,0	0,82	
55-45	30	31,4	0,77	Impianti a ventilconvettori
	25	29,8	0,69	Impianti a pannelli radianti
	20	27,9	0,62	
	15	26,1	0,55	
35-30	12,5	25,1	0,51	
	10	24,2	0,47	

Figura 31: Prospetto 24 della normativa UNI-TS 11300:2

Per il nostro caso si è ipotizzato un valore di 0,94 pari ad una temperatura di mandata di progetto di 75°C e una di ritorno di 55°C. Pertanto il valore di rendimento corretto calcolato risulta

$$\eta_d = 100 - 0.94(1 - 88.7) = 89,40 \% \quad 13)$$

4.3.4.4 Rendimento sottosistema di emissione

Per ciò che riguarda i caloriferi questi come precedentemente detto sono radiatori in ghisa addossati quasi tutti contro muratura perimetrale non isolata. Per il calcolo di questo valore è stato utilizzato il prospetto 17 assieme alle seguenti informazioni relative al sottosistema:

- Temperatura di progetto di 75°C in mandata
- Carico termico medio annuo $> 10 \text{ W}/\text{m}^3$ tipico di un edificio non coibentato
- Trasmittanza termica della parete esterna $> 0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Tipologia di terminale	Carico termico medio annuo ^{a)} [W/m ³]		
	<= 4	4-10	>10
Radiatori su parete esterna isolata ^{*)}	0,98	0,97	0,95
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori ^{**) (valori riferiti a t_{media} acqua = 45 °C)}	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda ^{***)}	0,94	0,92	0,90
Pannelli annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93
Riscaldatori ad infrarossi	0,99	0,98	0,97

a) Il carico termico medio annuo espresso in W/m³ è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile espresso in Wh, calcolato secondo la UNI/TS 11300-1, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in metri cubi.

*) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente. Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01. In presenza di parete esterna non isolata ($U > 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) si riduce il rendimento di 0,04.

**) I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente. Il valore di rendimento riportato in tabella tiene già conto del recupero dell'energia elettrica, che quindi deve essere calcolata solo ai fini della determinazione del fabbisogno di energia ausiliaria e non dell'eventuale recupero.

***) Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono a impianti con:
- bocchette o diffusori correttamente dimensionati in relazione alla portata e alle caratteristiche del locale;
- corrette condizioni di funzionamento (generatore di taglia adeguata, corretto dimensionamento della portata di aspirazione);
- buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura.
La distribuzione con bocchette di mandata in locali di altezza maggiore di 4m non è raccomandata. In presenza di tale situazione e qualora le griglie di ripresa dell'aria siano posizionate ad un'altezza non maggiore di 2 metri rispetto al livello del pavimento è opportuno un controllo della stratificazione.

Figura 32: Prospetto 17 della normativa UNI-TS 11300:2

Sulla base di queste informazioni si è calcolato un rendimento pari a

$$\eta_{em} = 90 \% \quad 14)$$

Il rendimento globale medio stagionale del sistema impianto di riscaldamento viene pertanto calcolato come la produttoria dei quattro rendimenti dei vari sottosistemi, quindi

$$\eta_{tot} = \eta_{gen}\eta_d\eta_{reg}\eta_{em} = 65,80 \% \quad 15)$$

Ovvero solamente poco più del 65% della energia contenuta nel combustibile è utile per il riscaldamento, mentre la restante parte viene dispersa. Da tale aspetto si può pertanto quantificare le prestazioni scadenti dell'attuale impianto tipico della edilizia costruita a cavallo degli anni '60 e '70 e come visto da fig. 6 molto diffusa nelle città italiane.

4.3.5 Calcolo del fabbisogno lordo e confronto con la baseline

Avendo quindi ottenuto il fabbisogno netto di energia da TRNSYS e aggiunto la quota parte relativa ai ponti termici ottenuti da Edilclima si procede al calcolo del fabbisogno lordo al generatore (valido sia lato potenza che lato energia)

$$Fabb_{lordo} = \frac{Fabb_{netto,TRNSYS} + Quota_{p.t.}}{\eta_{tot}} \quad 16)$$

Si ottiene:

Energia termica riscaldamento lorda	105.246	kWh/anno
Potenza massima richiesta lorda	54,94	kW

Tabella 9: Riepilogo fabbisogni lordi di potenza ed energia

Se confrontato il risultato di Tab. 9 con i 99.783 kWh/anno del dato standard di Fig. 15 si nota una discrepanza del 5,2%, un valore ritenuto molto buono: pertanto come indice di consumo pre-intervento per i successivi calcoli di efficientamento energetico viene utilizzato quanto scritto nella precedente Tab. 9.

5. Contabilizzazione e ripartizione nei condomini centralizzati

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. 102/2014 si è sancito l'obbligo di installare dispositivi di contabilizzazione e ripartizione del calore prodotto per tutti i condomini con sistema di riscaldamento e/o raffrescamento centralizzato entro il 31 dicembre 2016.

Nel dettaglio il decreto all'articolo 9, comma 5, lettera d sancisce che:

“quando i condomini sono alimentati dal 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 degli appartamenti e delle aree comuni, qualora le scale e i corridoi siano dotati di radiatori, e all'uso di acqua calda per il fabbisogno domestico, se prodotta in modo centralizzato, l'importo complessivo deve essere suddiviso in relazione agli effettivi prelievi volontari di energia termica utile e ai costi generali per la manutenzione dell'impianto, secondo quanto previsto dalla norma tecnica UNI 10200 e successivi aggiornamenti. È fatta salva la possibilità, per la prima stagione termica successiva all'installazione dei dispositivi di cui al presente comma, che la suddivisione si determini in base ai soli millesimi di proprietà.”

A seguito di ciò le spese non saranno più ripartite sulla base dei millesimi di riscaldamento come è avvenuto sin ora ma sulla base della effettiva energia erogata dai terminali d'impianto. Si pone fine quindi ad un modo di ripartizione delle spese adatto a sistemi poco efficienti e senza possibilità di regolazione del calore che socializza tra tutti i condòmini gli sprechi individuali di ciascun utente disincentivando di fatto qualsiasi misura di efficienza energetica intrapresa dai singoli, usando come parametro utile per i calcoli la sola tabella millesimale.

Il decreto legislativo fa espressamente riferimento alla normativa tecnica UNI 10200 che prevede due possibili sistemi di contabilizzazione e ripartizione: la contabilizzazione diretta o indiretta.

5.1 Contabilizzazione diretta

La prima è tecnicamente fattibile quando vi sia una distribuzione di zona con un solo montante verticale dal quale si distaccano i montanti orizzontali che servono ogni singolo appartamento (fig. 34 lato destro). In questo caso i contabilizzatori sono dei contatori volumetrici installati in serie alle tubazioni di mandata dei vari montanti orizzontali e abbinati a due sonde di temperature, una per tubazione di mandata e una per quella di ritorno. Dal valore della portata di acqua circolante nel montante orizzontale (m) e dai due valori di temperatura (T_m e T_r) è possibile risalire al valore di potenza richiesta dall'alloggio

$$Q = mC_p(T_m - T_r) [W] \quad 17)$$

Sarà necessario installare quindi un contabilizzatore per ogni appartamento e dotare i terminali di valvole termostatiche. Con questo sistema vengono conteggiati i consumi di tutto l'appartamento con un singolo strumento posto nella rispettiva tubazione

5.2 Contabilizzazione indiretta

La seconda scelta invece viene perseguita quando sussiste la impossibilità tecnica di installare dei contatori di volume d'acqua, ovvero in tutti i casi in cui la distribuzione del calore sia esclusivamente a colonne montanti verticali (fig. 34 lato sinistro), soluzione costruttiva tipica dell'edilizia più datata.

In questo caso le tubazioni, rispetto alla distribuzione orizzontale, non sono le stesse all'interno di ogni appartamento avendo questo un montante diverso per ogni terminale, legato alla sua posizione nell'alloggio. Si prevede quindi l'installazione di particolari contabilizzatori indiretti, detti ripartitori.

I ripartitori sono dei componenti elettronici dotati di una centralina e due sensori di temperatura da installare a bordo di ogni terminale. Vengono programmati con le caratteristiche del radiatore dove andranno ad essere installati ai fini di determinare l'energia erogata dal terminale a cui vengono installati grazie a letture costanti di differenze di temperatura tra quella media del radiatore T_m e quella dell'ambiente (T_a), essendo possibile legare la potenza dispersa dal terminale alle temperature secondo la Eq. 18

$$Q = K(T_m - T_a)^n \quad 18)$$

Dove K ed n sono parametri tipici di ogni terminale, funzione delle sue dimensioni e del materiale con cui è costruito.

Il sensore viene solitamente installato ad una altezza pari a metà di quella del calorifero al fine di poter acquisire un valore di temperatura prossimo alla media tra la temperatura di ingresso e di uscita dell'acqua. Assieme al ripartitore i terminali vengono dotati, come per il caso di contabilizzazione diretta, di valvole termostatiche.



Figura 33: Sistema di contabilizzazione indiretta con ripartitore e valvola termostatica

I ripartitori, a differenza dei contabilizzatori, non misurano alcuna unità di energia, infatti il metodo di conteggio si basa su quanto detto dalla normativa tecnica UNI EN 834 che prevede una integrazione nel tempo delle differenze di temperature misurate, pesate per un coefficiente che tiene conto delle caratteristiche del terminale. Pertanto analizzando i dati raccolti dai ripartitori è possibile risalire alla quota parte di energia dispersa da ogni terminale, senza però conoscerla in valore assoluto^[19].

La legge in questo caso permette di calcolare il valore assoluto di energia erogata ai terminali attraverso il consumo di combustibile in centrale termica, senza dover installare un contabilizzatore a valle della stessa, previa asseverazione di un tecnico abilitato che certifichi il rendimento medio stagionale dell'impianto di riscaldamento.

Una volta ottenuti questi valori è possibile risalire al fabbisogno netto di energia dell'edificio e attribuire un valore assoluto alla energia richiesta da ogni singolo terminale grazie a quanto contabilizzato da ogni ripartitore.

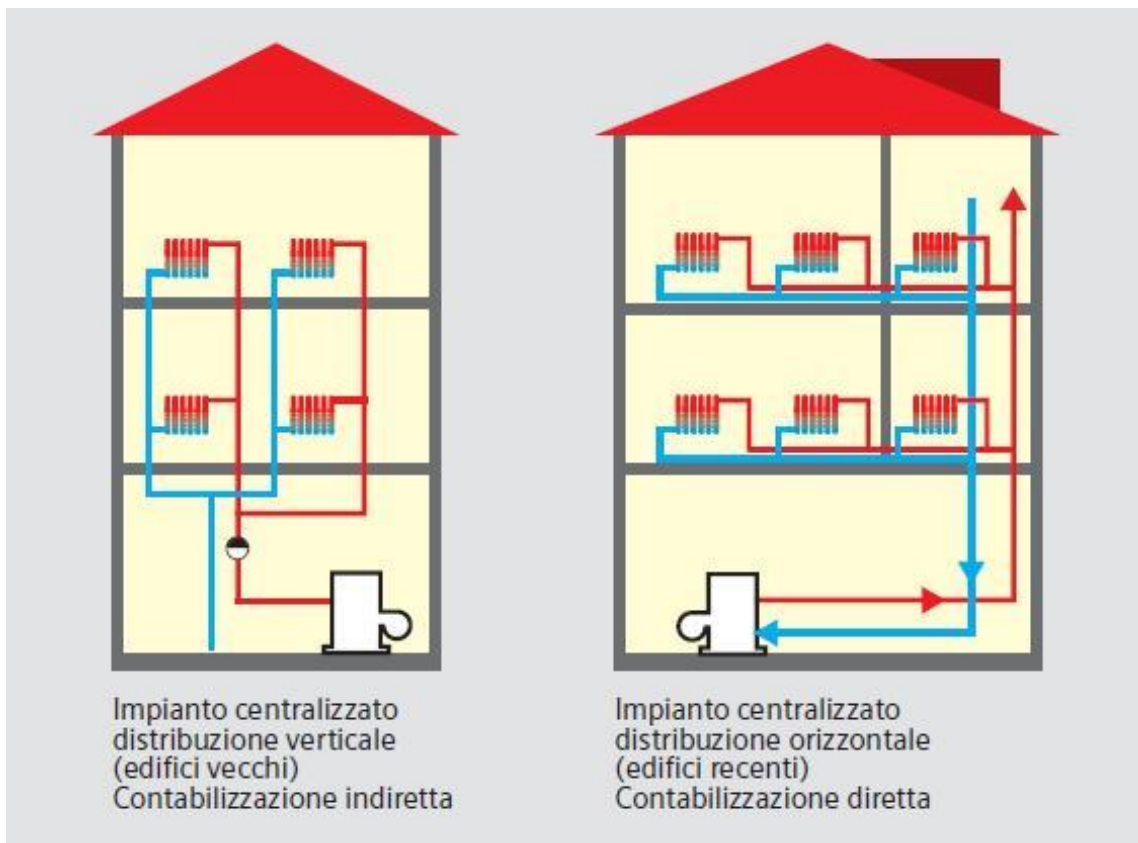


Figura 34: Tipologie di interventi per contabilizzazione e ripartizione in base al tipo di sottosistema di distribuzione

A prescindere da quale sistema venga utilizzato per la contabilizzazione e ripartizione, la UNI 10200 prevede che la spesa energetica di ogni alloggio sia divisa in quota parte volontaria e involontaria.

La parte volontaria fa riferimento alla energia effettivamente erogata dai terminali d'impianto e deve essere ripartita sulla base dei consumi, la parte involontaria fa riferimento alla perdite d'impianto e deve essere ripartita sulla base dei millesimi di riscaldamento, esattamente come avviene oggi.

6. Struttura del contratto E.P.C. Proposto

6.1 Definizione del canone

La metodologia di calcolo del canone prende spunto da quanto già scritto in letteratura a riguardo^[20], apportando delle modifiche su alcuni aspetti e accettandone altri.

La stipula del contratto con il cliente prevede che la E.S.Co. gli riconosca una determinata percentuale di sconto sulla sua Baseline di costi ($Risp\%$) e che il Condominio le corrisponda un canone annuo che nella presente trattazione viene calcolato come

$$Canone = C_f + C_{man,n} + C_v \quad 19)$$

Dove:

- C_v = quota variabile legata ai consumi contabilizzati (riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria), risultato della moltiplicazione tra quantità (kWh o m³) e prezzo (€/kWh o €/m³)
- $C_{man,n}$ = quota fissa legata alla gestione del nuovo impianto (manutenzione ordinaria, controlli periodici, tenuta del libretto di impianto, contabilizzazione e ripartizione dei consumi, fatturazione, etc.)
- C_f = quota fissa legata all'ammortamento dell'investimento effettuato dalla E.S.Co., decisa unilateralmente dalla E.S.Co. stessa

Tale canone come da contratto sarà pari a

$$Canone = Baseline_{NORM}(1 - Risparmio\%) \quad 20)$$

Dove la $Baseline_{NORM}$ corrisponde al valore riportato in Fig. 15, pari a 8.848 €/anno.

Durante la conduzione della prima stagione termica si provvede a calcolare C_v come:

$$C_v = Baseline_{NORM}(1 - Risparmio\%) - C_f - C_{man,n} \quad 21)$$

E conseguentemente calcolare il prezzo del kWh come:

$$c_{kWh} = \frac{C_v}{consumi_{sw}} \quad 22)$$

Dove:

- $Consumi_{sw}$ = consumi energetici del sistema edificio – impianto imputabili ai servizi energetici oggetto di intervento da parte della E.S.Co. stimati dalla diagnosi energetica

Durante la conduzione delle successive stagioni termiche, fino al termine della durata del contratto EPC, si procede a calcolare il prezzo del kWh come:

$$c_{kWh} = \frac{C_v}{Consumi_{prec} \cdot \frac{GG_{ST}}{GG_{prec}}} \quad 23)$$

Dove:

- $Consumi_{prec}$ = consumi energetici effettivamente sostenuti dal sistema edificio – impianto per il riscaldamento durante la precedente stagione termica,
- GG_{prec} = Gradi Giorno relativi alla precedente stagione termica.

Operativamente si è optato per una fatturazione del canone al condominio su base quadrimestrale, riservando un'ultima fattura al termine della stagione termica per il conguaglio

con il quale si va a garantire al condominio il risparmio pattuito.

Le 3 fatturazioni emesse durante la stagione termica a debito del Cliente conterranno ciascuna:

- Le componenti fisse legate ad ammortamento investimento e conduzione centrale termica equamente spalmate in 3 parti,
- La quota variabile legata agli effettivi consumi energetici calcolata come rapporto tra c_{kWh} e l'energia contabilizzata, somma della componente volontaria e involontaria come prescritto dalla UNI 10200 durante il periodo coperto dalla fattura.

A termine della stagione (31 agosto) si ricalcola la spesa che avrebbe sostenuto il condominio durante la stagione termica appena terminata nella ipotesi in cui non ci sia alcun intervento da parte della E.S.Co.. In dettaglio

$$Baseline_i = (Baseline_{NORM} - C_{man,v} - C_{el,v}) \cdot \frac{GG_i}{GG_{STD}} \cdot \frac{AEEG_i}{AEEG_{PRE}} + C_{man,v} \frac{P_{ass,i}}{P_{ass,PRE}} + C_{el,v} \frac{AEEG_{el,i}}{AEEG_{el,PRE}} \quad 24)$$

Si va quindi a verificare la seguente condizione:

$$\sum 3 \text{ rate pagate} \leq Baseline_i * (1 - Rispo\%) \quad 25)$$

con:

- $P_{ass,i,PRE}$ = Prezzi medi della manodopera secondo il listino ASSISTAL, operaio livello 5, rispettivamente riferiti alla stagione termica corrente e alla stagione termica pre-intervento,
- $AEEG_{i,PRE}$ = Prezzi vettore energetico utilizzato in centrale termica come da rilevazione AEEG per il mercato di maggior tutela rispettivamente per la stagione termica corrente e per la stagione termica pre-intervento,
- $Baseline_i$ = Base dei costi calcolata secondo i gradi giorno della presenta stagione termica secondo dati ARPA regionale.
- $AEEG_{el,i,PRE}$ = Prezzi energia elettrica come da rilevazione AEEG per il mercato di maggior tutela rispettivamente per la stagione termica corrente e per la stagione termica pre-intervento.

Se la condizione in Eq. 25 si dovesse verificare, si procede ad una fatturazione nella quale si chiede al Cliente:

$$Baseline_i * (1 - Rispo\%) - \sum 3 \text{ rate pagate} \quad 26)$$

Se la condizione non dovesse verificarsi, si procede a fatturare in accredito al Cliente:

$$\sum 3 \text{ rate pagate} - \text{Baseline}_i * (1 - \text{Risp}_{\%}) \quad 27)$$

Come visto in Fig. 15 il canone viene calcolato in via cautelativa ipotizzando che tutta la superficie utile dell'edificio risulti occupata: sarà poi compito dell'Amministratore segnalare alla E.S.Co. variazioni della cubatura riscaldata (cambio di residenza, vendita o non uso dell'appartamento), poiché tale comunicazione va a tutto vantaggio del condominio: in caso affermativo si procederà a ricalcolare il canone basandosi sulla effettiva volumetria riscaldata pesata per il periodo reale di occupazione.

In assenza di comunicazioni in merito viene considerato come opzione standard quanto ipotizzato in Fig. 15.

6.2 Aliquota I.V.A.

Altro aspetto non trascurabile da considerare è la metodologia di applicazione dell'imposta sul valore aggiunto nelle fatturazioni del canone al cliente. Si è constatato infatti che la agenzia delle entrate in una sua circolare^[21] ha precisato che *“la aliquota IVA si applichi nella misura ridotta solo se la fornitura di energia oggetto del contratto di servizio energia viene fatta in ambito domestico e questa sia prodotta da fonti rinnovabili o da cogenerazione ad alto rendimento”*

Le macchine che andranno ad essere installate in centrale termica sono pompe di calore, pertanto dal punto di vista normativo sulla base del D.Lgs. 28/2011 si configurano come impianti a poli-combustibile, producendo una quota parte della energia termica erogata da fonte rinnovabile aerotermica. Per una pompa di calore a gas metano questa frazione è data dalla seguente formula

$$\%_{RES} = 1 - \frac{1}{GUE} \quad 28)$$

Dove GUE sta per Gas Utilization Coefficient, ovvero il rapporto tra energia utile erogata dalla macchina e l'energia termica prodotta al bruciatore della macchina, contabilizzate per un medesimo intervallo temporale di riferimento.

Per quanto riguarda la pompa di calore elettrica tale percentuale è data da

$$\%_{RES} = 1 - \frac{\eta_t}{COP} \quad 29)$$

dove

- η_t è il rapporto di conversione tra energia elettrica ed energia primaria utilizzata nelle centrali elettriche, preso pari a 0,4 come da dati Eurostat.
- COP è il coefficiente di prestazione medio della pompa di calore elettrica, rapporto tra energia termica erogata ed energia elettrica assorbita dalla macchina contabilizzate su un medesimo periodo temporale.

Poiché le fatture saranno emesse su base quadrimestrale si andranno a considerare come periodi di calcolo dei parametri prestazionali i rispettivi quadrimestri antecedenti alle emissioni delle fatture, grazie a letture di opportuni contabilizzatori fiscali. Nella medesima risoluzione^[16] l'Agenzia prescrive che *“l’IVA agevolata si applica solo a prestazioni di servizi e forniture di apparecchiature e materiali relativi alla fornitura di energia termica per uso domestico attraverso reti pubbliche di teleriscaldamento o nell'ambito del contratto servizio energia, come definito nel decreto interministeriale di cui all'articolo 11, comma 1, del regolamento di cui al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, e successive modificazioni; sono incluse le forniture di energia prodotta da fonti rinnovabili o da impianti di cogenerazione ad alto rendimento; alle forniture di energia da altre fonti, sotto qualsiasi forma, si applica l'aliquota ordinaria”*, si ritiene corretto andare a dividere l'intero canone in due componenti, rinnovabile e non rinnovabile, la cui componente rinnovabile sarà proporzionale ai valori trovati nelle due equazioni precedenti in base al tipo di macchina che verrà installata. Alla prima componente sarà applicata l'aliquota IVA ridotta del 10% mentre alla seconda l'aliquota ordinaria del 22%, poiché la misura eseguita in centrale termica è basata su dei dati oggettivi e non presunta su valori stimati.

7. Proposte di intervento

Per questo edificio sono state proposte all'Amministratore due differenti offerte, permettendo allo stesso tempo di aggiornare ed efficientare la centrale termica e ottemperare agli imminenti obblighi di legge in tema di contabilizzazione e ripartizione del calore.

Nel dettaglio le offerte proposte sono le seguenti:

- Sostituzione della attuale caldaia con la installazione di una pompa di calore elettrica aria/acqua in centrale termica, installazione di particolari terminali a pompa di calore al posto degli attuali radiatori aventi capacità di gestione da remoto nonché di contabilizzare e ripartire calore secondo la UNI 10200 negli alloggi,
- Sostituzione della attuale caldaia con la installazione di una pompa di calore ad assorbimento a gas metano in centrale termica e installazione di valvole termostatiche e cronotermostati wireless con possibilità di gestione dei flussi di calore da remoto e aventi capacità di contabilizzazione del calore, sempre secondo la UNI 10200.

La scelta su quale intervento realizzare sarà presa dalla assemblea di condominio che dovrà valutare l'intervento più adatto alle proprie esigenze: infatti la prima soluzione proposta rispetto alla seconda scelta permette anche la climatizzazione degli ambienti durante la stagione estiva.

7.1 Offerta Galletti con Stille



Viene sostituita la attuale centrale termica con la pompa di calore Galletti MPED035H, ovvero una macchina aria/acqua che presenta le seguenti prestazioni^[22].

Figura 35: Pompa di calore MPE-D 035H

Potenza termica di riscaldamento	40,90 kW
COP secondo UNI 14511	4,58
Potenza Termica di raffrescamento	46,70 kW
COP secondo UNI 14511	3,88

Figura 35: Prestazioni Galletti MPED035H, requisiti come da Tab.3, Allegato 1 del D.M. 16/2/2016

Tale macchina presenta il vantaggio di essere canalizzabile, cioè adatta ad installazioni in luoghi chiusi con aperture verso l'esterno.

All'interno degli alloggi viene prevista la sostituzione dei caloriferi con il terminale Stille®. Prodotto appena uscito sul mercato, consiste in una pompa di calore acqua/aria integrata che usa come sorgenti di scambio termico l'aria interna all'ambiente e l'acqua presente nella rete di distribuzione. Il vantaggio rispetto ad un terminale "passivo" è il fatto di non aver bisogno di acqua prodotta ad alta temperatura dalla centrale termica: questa può essere prodotta in modo molto efficiente a temperature anche prossime a 20°C/25°C permettendo un notevole abbattimento delle perdite di distribuzione, particolarmente alte in edifici con rete totalmente non isolata, come nell'edificio oggetto di questa trattazione.



Figura 36: Terminale Stille®, installato contro parete

Codice prodotto	AACV10
Tipo	VERT
Altezza cm	79
Larghezza cm	70
Profondità cm	18
Peso kg (a serbatoi pieni)	40
Superficie a vista mq	0.55
Potenza frigorifera (kW)¹	1.2 - 1.6
Assorbimento elettrico (kW)	0.25
Portata aria m³/h in convezione forzata	200 - 350
Pressione sonora dBa (in base alla modalità di funzionamento)	30 - 49
Potenza sonora dB (in base alla modalità di funzionamento)	32- 50
Ventilatori	3 DC
Alimentazione elettrica	220V monofase
Alimentazione idrica l/h	240
Attacchi circuito primario	½"
Perdite di carico lato acqua kPa	10
Corrente massima assorbita A (corrente di spunto motore)	10

¹ T cond 25°C T evap 7°C Freddo (totale a 26° 50%UR)

Tabella 10: Caratteristiche prestazionali terminale Stille®

Tale permette in un'unica soluzione di gestire stanza per stanza le temperature interne e il comfort igrometrico durante tutto l'anno. Presenta uno scambiatore a piastre lato acqua e una batteria alettata con convezione forzata lato aria e inoltre rende possibile il raffrescamento estivo senza necessità di trasporto di acqua fredda nella rete idronica come avviene con i normali ventil-convettori, cosa che in questo caso comporterebbe inevitabilmente la formazione di condensa e muffe.

7.1.1 Configurazione impiantistica

Dal punto di vista impiantistico questa soluzione si configura come una doppia pompa di calore che usa la rete idronica di distribuzione come un serbatoio di calore dal quale lo Stille® preleva il calore erogato dalla pompa di calore in centrale termica per il riscaldamento degli ambienti.

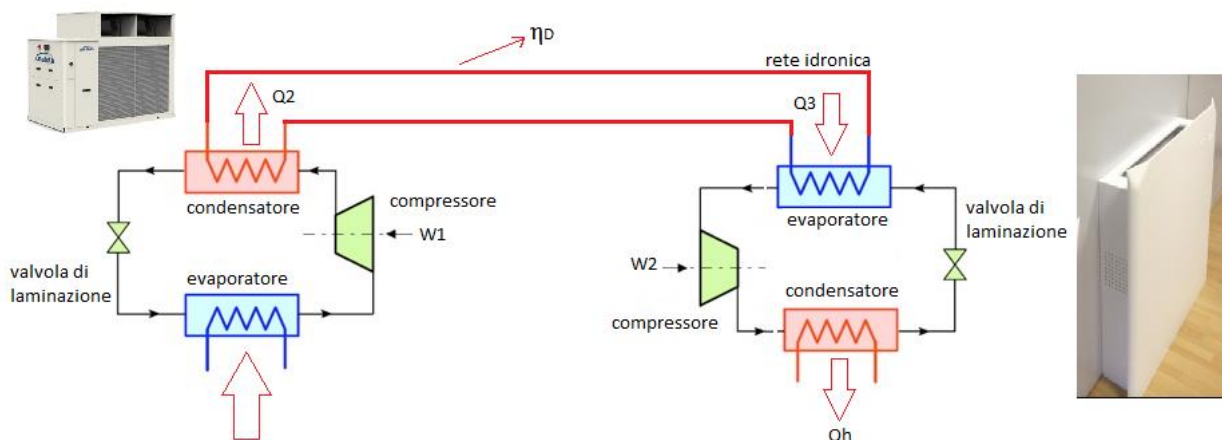


Figura 37: Schema di impianto semplificato del sistema pompa di calore con Stille®

dove:

- Q_h = Energia ceduta all'ambiente interno,
- W_2 = Energia richiesta dai compressori dei terminali Stille®,
- W_1 = Energia richiesta dal compressore della pompa di calore,
- Q_2 = Energia erogata dalla pompa di calore alla rete idronica,
- Q_3 = Energia prelevata dai terminali Stille®,
- η_D = Rendimento sottosistema di distribuzione.

Tra queste grandezze sussistono queste relazioni

$$Q_3 = Q_2 * \eta_D \quad 30)$$

$$Q_3 + W_2 = Q_h \quad 31)$$

$$Q_{amb} + W_1 = Q_2 \quad 32)$$

Analizzando lo schema di impianto si possono notare:

- Nella destra il terminale Stille® all'interno degli alloggi,
- Nella parte centrale la rete di distribuzione con le relative dispersioni termiche,
- A sinistra lo schema della centrale termica.

Definiamo quindi conformemente alla UNI TS 11300 parte 4 il COP medio stagionale delle macchine Galletti e Stille come

$$COP_{PdC,Gal} = \frac{Q_2}{W_1} \quad 33)$$

$$COP_S = \frac{Q_h}{W_2} \quad 34)$$

7.1.2 Calcolo COP medio stagionale

Ai fini del calcolo delle prestazioni termiche di tale impianto è necessario eseguire un bilancio energetico del sistema impiantistico completo con lo scopo di ricavare un valore di COP medio stagionale globale, definito come

$$COP_{gl} = \frac{Q_h}{W_1 + W_2} \quad 35)$$

Facendo il bilancio di primo principio della termodinamica sulla parte destra di figura 38 e

andando opportunamente a combinare le Eq. 31, 33 e 34 si ottiene

$$W_1 \eta_D COP_{PdC, Gal} + \frac{Q_h}{COP_s} = Q_h \quad 36)$$

Esplicitando la Eq. Sopra in funzione di Q_h si ottiene

$$Q_h = \frac{W_1 \eta_D COP_s COP_{PdC, Gal}}{COP_s - 1} \quad 37)$$

Poi, facendo riferimento alla Eq. 34 si esplicita W_2 in funzione di Q_h andando ad inserire quanto trovato nella Eq. 37

$$W_2 = \frac{W_1 \eta_D COP_{PdC, Gal}}{COP_s - 1} \quad 38)$$

Alla luce di quanto trovato nelle precedenti equazioni si va ora a calcolare il COP medio stagionale globale dell'impianto riprendendo la sua definizione contenuta nella Eq. 35

$$COP_{gl} = \frac{COP_s \eta_D COP_{PdC, Gal}}{COP_s - 1 + \eta_D COP_{PdC, Gal}} \quad 39)$$

Come si può vedere dalla Eq. 39, il COP medio stagionale globale è tanto maggiore quanto lo sono i COP medi stagionali dei vari impianti e il rendimento del sottosistema di distribuzione. La pompa di calore è modulante e viene installata in centrale termica accoppiata ad un accumulo inerziale da 1000 litri. Questo ha lo scopo di far funzionare la macchina quasi sempre a carico nominale al fine di massimizzare la sua resa termica, poiché al diminuire del carico termico erogato rispetto a quello nominale diminuisce anche la resa: questo aspetto è dovuto sostanzialmente al diminuire del rendimento isoentropico di compressione del compressore mano a mano che si va a rallentare la sua velocità di rotazione.

Le tubazioni di mandata e di ritorno della rete idronica saranno collegate direttamente con l'accumulo: questo erogherà calore quando la utenza lo richiede con una valvola miscelatrice, andando a disaccoppiare la produzione di calore dalla sua richiesta.

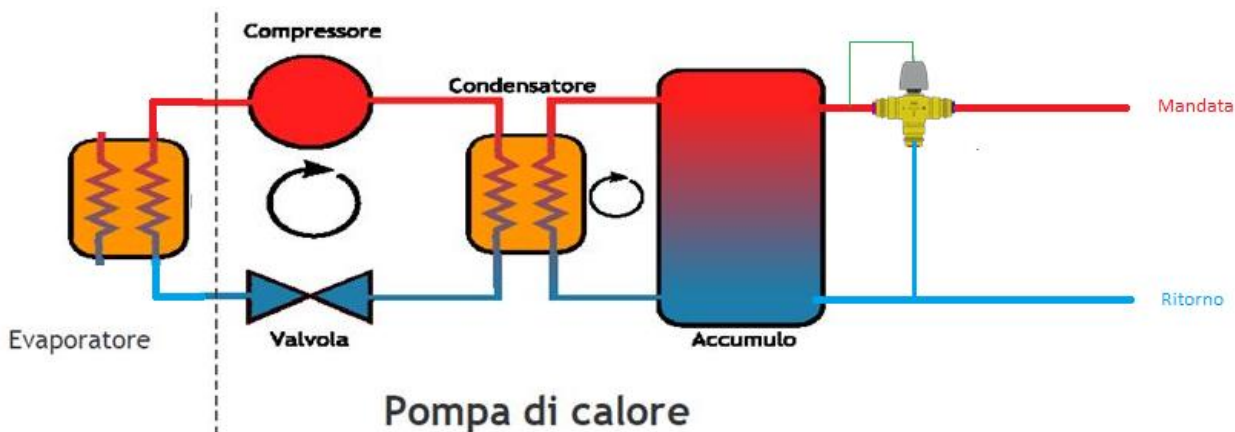


Figura 38: Circuito idraulico impianto pompa di calore con serbatoio d'accumulo inerziale

Sotto queste ipotesi si calcola la prestazione media stagionale della pompa di calore MPED035H e per i terminali Stille®.

Si è impostata una curva climatica della macchina per cui

Temperatura esterna [°c]	Temperatura mandata [°c]
-5 °c	25 °c
16 °c	20° c

Tabella 11: Curva climatica impostata in centrale termica

Basandosi sulle curve di carico termico orario dell'edificio restituite da TRNSYS in fig. 29 si è calcolata ora per ora la potenza elettrica richiesta dalla macchina sapendo la temperatura dell'aria esterna e il COP della macchina in quelle precise condizioni di temperatura. È stata poi divisa l'erogazione termica per i rispettivi consumi elettrici. Si è trovato un COP medio stagionale pari a

$$COP_{Pdc,Gal} = 4,70 \quad 40)$$

Rispetto alle installazioni convenzionali di sistemi aria aria con motocondensante esterna il COP medio risulta significativamente superiore, grazie al vantaggio di dover produrre acqua a soli 20°c/25°c.

Relativamente ai terminali Stille, essi assorbono calore dall'acqua della rete a temperatura variabile tra i 20°c e i 25°c e lo cedono all'aria ambiente ipotizzata pari a 20°c durante la giornata con una attenuazione notturna di 18°c. A seguito di queste considerazioni e poiché le uniche informazioni disponibili sulle prestazioni dei terminali sono quelle di tabella 10 viene assunto in via cautelativa un COP medio stagionale di:

$$COP_s = 5,50 \quad 41)$$

7.1.3 Calcolo nuovi rendimenti sottosistemi di impianto

Prima di calcolare le prestazioni globali dell'impianto urge aggiornare il valore dei rendimenti medi stagionali dei vari sotto-sistemi poiché le temperature di esercizio saranno drasticamente più basse rispetto all'attuale situazione.

7.1.3.1 Rendimento sottosistema di distribuzione

Dal prospetto 24 della UNI TS 11300 parte 2 si estrapola il valore del coefficiente C relativo al valore più basso presente, ovvero per una temperatura media dell'acqua di 30°C.

Temperature di mandata e di ritorno di progetto °C	Δt di progetto corrispondente °C	Temperatura media stagionale °C	Fattore di correzione C del rendimento tabulato	Tipologia di impianto corrispondente (indicativa)
80-60	50	37,3	1,00	Impianti a radiatori
	45	36,0	0,94	
70-55	42,5	35,3	0,92	
	40	34,7	0,89	
	35	33,0	0,82	
55-45	30	31,4	0,77	Impianti a ventilconvettori
	25	29,8	0,69	
	20	27,9	0,62	Impianti a pannelli radianti
	15	26,1	0,55	
35-30	12,5	25,1	0,51	
	10	24,2	0,47	

Figura 39: Prospetto 24 della norma UNI TS 11300 parte 2

Successivamente si procede ad interpolare linearmente il valore C ipotizzando una temperatura media dell'acqua nella rete di 25°C e quindi un ΔT di progetto corrispondente di 5°C, da cui

$$C = 0.47 - 0.016(30 - 25) = 0.39 \quad 42)$$

E di conseguenza

$$\eta_D = 100 - (100 - 88.7) * 0.39 = 96 \% \quad 43)$$

Pertanto il COP medio stagionale dell'impianto risulta

$$COP_{gl} = 2.80 \quad 44)$$

7.1.3.2 Rendimento sottosistema di regolazione

Poiché gli Stille® possono essere regolati singolarmente e telegestiti da remoto il sottosistema di regolazione sarà di tipo “Per singolo ambiente + climatica” e viene assunto come da prospetto 20 della normativa UNI TS 11300 parte 2 un rendimento pari a

$$\eta_{reg} = 97\% \quad 45)$$

Ipotizzando in via cautelativa di scegliere il valore inferiore tra i rendimenti presenti nella medesima sezione, anche a causa delle poche informazioni tecniche avute su tali terminali.

7.1.3.3 Rendimento sottosistema di emissione

Per quanto riguarda il rendimento di emissione si considera un valore unitario poiché l'emissione di calore avviene in tutte le direzioni come per un calorifero ma dalla facciata anteriore grazie alle bocchette inferiori che espellono aria calda proveniente dal condensatore, quindi

$$\eta_{em} = 100\% \quad 46)$$

7.1.4 Calcolo fabbisogno energetico netto e lordo

Di seguito si riassumono i fabbisogni elettrici del sistema edificio-impianto attesi con questa proposta di intervento

Fabbisogno termico netto [kWh/anno]	69.772
Rendimento sottosistema di emissione	100 %
Rendimento sottosistema di distribuzione	96 %
Rendimento sottosistema di regolazione	97 %
Dispersioni serbatoio di accumulo [kWh/anno]	630
Fabbisogno termico lordo [kWh/anno]	73.309
Potenza massima richiesta lorda [kW]	38,82
COP medio stagionale globale	2.80
Fabbisogno elettrico Impianto [kWh/anno]	26.181
di cui in centrale termica	13.495

di cui per terminali Stille®	12.686
------------------------------	--------

Tabella 12: Fabbisogno energetico lordo ed elettrico dell'impianto pompa di calore con Stille®

Si desidera far notare da Tab. 12 la considerevole riduzione del fabbisogno lordo rispetto alla situazione attuale di Tab 6, dovuto alla drastica diminuzione delle dispersioni nei vari sottosistemi d'impianto. Si calcola una riduzione prevista del 26%.

7.1.5 Dimensionamento potenza macchina

Si procede ora a confrontare la potenza erogata dall'impianto con quella necessaria all'edificio: tale potenza comprende sia potenza erogata dalla pompa di calore sia dai terminali Stille®. La potenza termica richiesta alla macchina dovrà essere in prima approssimazione trascurando le perdite di distribuzione pari a

$$P_{rich} \cong Q_{heat} - \frac{Q_{heat}}{COP_s} = 31,76 \text{ kW} \quad 47)$$

Ai fini del corretto dimensionamento della macchina si ritiene sufficiente controllare che la potenza termica erogata dalla macchina alle condizioni in Tab. 11 riferite alla temperatura esterna di -5°C sia almeno uguale alla potenza di Eq. 47.

Inserendo tali valori nella banca dati fornitaci dal produttore si ottiene per la macchina MPED035-H

$$P_{th} = 39,33 \quad 48)$$

Come si può notare la potenza prodotta in queste condizioni supera abbondantemente quanto minimamente richiesto pertanto si considera pienamente verificata la copertura termica.

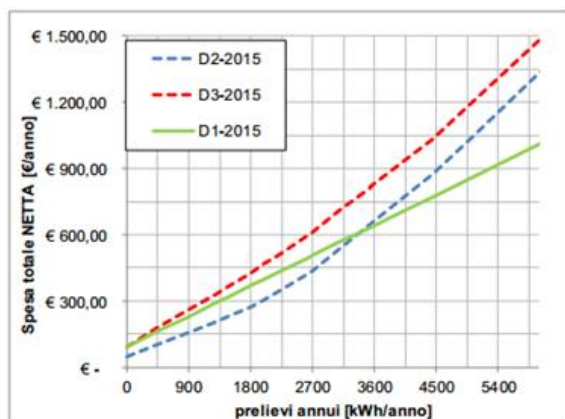
7.1.6 Riforma delle tariffe elettriche: impatti sulle bollette

Si valutano ora i nuovi costi di gestione stimati per il nuovo impianto nell'ottica di poter definire un contratto EPC competitivo sia lato condominio che lato E.S.Co.

Questa soluzione impiantistica presenta degli aspetti delicati da trattare: infatti se da un lato va ad abbassare la richiesta termica dell'edificio grazie ad un efficientamento degli impianti, dall'altro comporta un considerevole aggravio delle bollette elettriche dei singoli utenti poiché i terminali Stille® verranno installati negli appartamenti. Deve essere quindi preso in considerazione un canone annuo richiesto che garantisca un risparmio economico al netto di questi aumenti in bolletta.

Partendo dai consumi imputabili ai terminali Stille si cerca ora di capire quanto questi possano impattare sulle bollette elettriche degli utenti. Questo fattore richiede uno studio abbastanza

puntiglioso poiché da un lato ci si scontra con una tariffa elettrica progressiva in cui i costi della fornitura elettrica crescono in modo più che proporzionale con i consumi e dall'altro con la imminente riforma delle tariffe elettriche promossa dalla Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (di seguito chiamata AEEG o più semplicemente Autorità) che eliminerà del tutto tale progressività di costo una volta entrata a regime nel 2018.



Benchmark	Spesa annua attuale (al netto di tasse e imposte) (€/anno)	Spesa annua prevista (al netto di tasse e imposte) (€/anno)	Variazione di spesa annua rispetto alle tariffe attuali (€/anno)
A (3 kW, 1.500 kWh/anno)	233	322	89
B (3 kW, 2.200 kWh/anno)	343	429	86
C (3 kW, 2.700 kWh/anno)	438	505	67
D (3 kW*, 900 kWh/anno)	260	231	- 29
E (3 kW*, 4.000 kWh/anno)	928	703	- 225
F (6 kW, 6.000 kWh/anno)	1.528	1.057	- 471

* non residente

Figura 40: variazioni di costo per la fornitura elettrica sotto diverse ipotesi a completamento della riforma voluta dall'AEEG

Come si può vedere nella Fig. 40 tale modifica va a ridurre molto i costi per chi consuma molta energia elettrica alzandoli di un po' a chi ha consumi modesti.

Si tratterà quindi di calcolare nel tempo come variano gli extra costi scaricati sugli utenti a causa dell'uso degli Stille® costruendo un contratto E.P.C. adeguato.

Per analizzare le previsioni di costo delle bollette elettriche a seguito della riforma AEEG si è analizzato il documento per la consultazione 293/15^[23].

La riforma prevede una fase transitoria della durata di due anni dal 2016 al 2017 fino ad arrivare a compimento nel 2018 in cui la tariffa non sarà più progressiva ma presenterà un'unica componente variabile senza gli attuali scaglioni di consumo e un aumento delle componenti fisse, legate alla potenza contrattuale impegnata e al punto di prelievo, rispetto all'attuale situazione.

Si considera come situazione attuale per ogni appartamento il consumo di una famiglia tipo con potenza contrattuale di 3kW e con un consumo di 2700 kWh/anno servita dal mercato di maggior tutela come stabilito da AEEG per il IV trimestre 2015, IVA e accise incluse

$$Costi_{el,base} = 507,48 \text{ €/anno} \quad 49)$$

Di seguito si riportano le voci di costo che comporranno la tariffa elettrica nel mercato di maggior tutela negli anni seguenti come ipotizzato dal documento AEEG^[23].

Tariffa transitoria anno 2016

Quota fissa punto di prelievo	39,42	€/anno
Quota fissa potenza impegnata	10,484	€/kW/anno
Quota variabile: fino a 1800 kWh/anno	0,1232	€/kWh
Quota variabile: da 1801 fino a 2640 kWh/anno	0,168	€/kWh
Quota variabile: oltre 2641 kWh/anno	0,2304	€/kWh

Tabella 13-a: Voci di costo fornitura elettricità cliente domestico residente, anno 2016

Tariffa transitoria anno 2017

Quota fissa punto di prelievo	44,53	€/anno
Quota fissa potenza impegnata	22,61	€/kW/anno
Quota variabile: fino a 2640 kWh/anno	0,1227	€/kWh
Quota variabile: oltre 2641 kWh/anno	0,2024	€/kWh

Tabella 13-b: Voci di costo fornitura elettricità cliente domestico residente, anno 2017

Tariffa a regime anni 2018 e successivi

Quota fissa punto di prelievo	44,53	€/anno
Quota fissa potenza impegnata	22,61	€/kW/anno
Quota variabile	0,1276	€/kWh

Tabella 13-c: Voci di costo fornitura elettricità cliente domestico residente, anno 2018

Partendo dai consumi elettrici imputabili agli Stille®, pari a 12686 kWh/anno, si ipotizza che questi vengano in prima approssimazione uniformemente ripartiti tra i condomini andando ad aggravare i consumi elettrici di ogni utenza di $\frac{12686 \text{ kWh}}{6 \text{ anno}} = 2114 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$

Pertanto i nuovi consumi di energia elettrica di ogni singolo alloggio risulteranno

$$Consumi_{el,stile} = 2700 + 2114 = 4814 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}} \quad 50)$$

Quindi sulla base di quanto mostrato nelle Figg. 44 a-b-c e nella Eq. 50 si calcolano i costi complessivi annui per il condominio nella situazione attuale e nei tre anni successivi nella ipotesi in cui la potenza contrattuale rimanga invariata a 3 kW

	Per alloggio	n° alloggi	Totale	Spesa extra
--	---------------------	-------------------	---------------	--------------------

Costi energia elettrica situazione attuale	507,48 €	6	3044,88 €	
Costi energia elettrica anno 2016	1147,53 €	6	6885,18 €	3840,30 €
Costi energia elettrica anno 2017	1076,10 €	6	6456,60 €	3411,80 €
Costi energia elettrica anno 2018	892,30 €	6	5353,80 €	2308,92 €

Tabella 14: Aggravio di costo per il Condominio a seguito della installazione dei terminali Stille®

7.1.7 Aspetti economici e flussi di cassa lato E.S.Co.

La necessità di scontare dal canone l'extra costo dovuto ai nuovi terminali d'impianto costringe ad una variazione della formulazione del contratto E.P.C. rispetto alle condizioni normali. In particolare occorre ridefinire il canone riportato nella Eq. 19

$$Canone = Baseline_{NORM}(1 - Risparmio) - C_{stille} \quad 51)$$

Dove C_{stille} rappresenta il valore della colonna "Spesa extra" di fig. sopra, variabile anno per anno.

A seguito di colloqui e di richiesta preventivi alla case madri produttrici dei vari componenti d'impianto si è previsto un investimento in centrale termica pari a 23.910 € + IVA così suddiviso:

- 6.341 € di adeguamento centrale termica e smantellamento attuale caldaia
- 7.825 € di nuova componentistica Galletti
- 1.300 € di adeguamento contatore elettrico e richiesta contratto ENEL con potenza di 15 kW
- 8.424 € di spese di manodopera per l'installazione dei terminali Stille®

7.1.7.1 Incentivi all'acquisto

Per la sostituzione di un generatore a gas tradizionale con una pompa di calore è previsto dalla normativa nazionale una tariffa incentivante riconosciuta da due meccanismi:

- Detrazione sull'IRES pari a 65% delle spese sostenute restituite a prezzi costanti nei 10 anni successivi. Tale incentivo viene però riconosciuto solamente su interventi eseguiti su beni strumentali alla impresa stessa.
- Erogazione di un contributo previsto dal Conto Termico, aggiornato alla versione 2.0 dal D.M 16 febbraio 2016.

Viene quindi scelto a livello aziendale di beneficiare del Conto Termico 2.0, che da tabella 7, paragrafo 2, allegato 2 del decreto interministeriale prevede per questa tipologia di intervento una tariffa incentivante di

$$C_i = 0.045 \text{ €/kWh}_t \quad 52)$$

E sempre nel paragrafo 2, Allegato 2 del presente decreto viene corrisposto un'annualità per i 5 anni successivi pari a

$$I_a = 1700P_n \left(1 - \frac{1}{COP}\right) C_i \quad 53)$$

Dove:

- P_n è la potenza termica nominale della macchina
- COP è il coefficiente di prestazione, che deve essere pari ad almeno 4,1 per poter accedere agli incentivi.

Sia P_n che COP sono calcolati secondo le condizioni di temperatura previste dalla tabella 3 allegato 1 del decreto interministeriale del 16 febbraio 2016^[21], e riassunti in fig. 41.

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP
aria/aria	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entrata: 15	3,9
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≤ 35 kW	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,1
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento >35 kW	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,8

Figura 41: Valori di temperatura per il calcolo delle prestazioni delle pompe di calore e relativo COP minimo per l'accesso all'incentivo

Si può vedere come da figura 35 il COP sia nettamente maggiore della soglia minima ammessa alla incentivazione (4,58 contro 3,80 per macchine con $P > 35$ kW).

Pertanto usando la Eq. 53 si ottiene come incentivo

$$I_a = 2923 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \quad 54)$$

7.1.7.2 Margine operativo e bilancio di costi

A seguito della tariffa incentivante prevista, viene stabilita una percentuale di sconto garantita al cliente che possa allo generare un buon ritorno economico per entrambe le parti nonostante l'impatto sulle bollette elettriche.

Considerando i consumi elettrici relativi alla sola centrale termica e ipotizzando un costo medio di acquisto dell'energia elettrica di 0,24 €/kWh si prevede in condizioni standard una bolletta media di

$$C_{el} = 13.495 * 0,24 = 3238,80 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \quad 55)$$

Ipotizzando un costo di manutenzione da sostenere annuale pari a

$$C_{man} = 400 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \quad 56)$$

Viene garantito al cliente uno sconto sulla base di costi standard attuale precedente pari al

- 40% per i primi 4 anni,
- 45% per il quinto e il sesto anno,
- 48% per il settimo e l'ottavo anno,
- 50% per gli ultimi due anni.

Il margine operativo della E.S.Co. annuale si calcola facilmente sommando il canone richiesto con gli incentivi del conto termico e sottraendo i costi legati alla manutenzione e alle spese elettriche in centrale termica. Le voci di costo relative all'investimento in centrale termica sono già esenti da IVA mentre su tutte le altre voci si procede a fare un bilancio economico togliendo la aliquota ordinaria, nella misura del 22%. Gli incentivi del conto termico sono esentati dalla applicazione della imposta. Per tutta la durata del contratto si ipotizza:

- Relativamente al periodo dal 1° al 4° anno

- $Canone = \frac{8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,6}{1,22} = 4826,58 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $Conto\ termico = 2943 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{el} = \frac{3238,80}{1,22} = 2654,75 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{man} = \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

- Relativamente al 5° anno

- $Canone = \frac{8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,55}{1,22} = 4424,36 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $Conto\ termico = 2943 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{el} = \frac{3238,80}{1,22} = 2654,75 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{man} = \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

- Relativamente al 6° anno

- $Canone = \frac{8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,55}{1,22} = 4424,36 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{el} = \frac{3238,80}{1,22} = 2654,75 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

$$\circ C_{man} = \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

- Relativamente al 7° e 8° anno

$$\circ \text{Canone} = \frac{8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,52}{1,22} = 4183,03 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ C_{el} = \frac{3238,80}{1,22} = 2654,75 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ C_{man} = \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

- Relativamente agli ultimi due anni

$$\circ \text{Canone} = \frac{8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,50}{1,22} = 4022,15 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ C_{el} = \frac{3238,80}{1,22} = 2654,75 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ C_{man} = \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

Di seguito il riepilogo con il bilancio attualizzato. Si è scelto a livello aziendale un tasso di attualizzazione reale pari al 4%.

Anni	Annualità [€]	Annualità attualizzata [€]	Bilancio semplice [€]	Bilancio attualizzato [€]	Sconto
0	-€ 23.910,89	-€ 23.910,89	-€ 23.910,89	-€ 23.910,89	
1	€ 5.275,36	€ 5.072,46	-€ 18.635,53	-€ 18.838,43	40%
2	€ 5.275,36	€ 4.877,37	-€ 13.360,17	-€ 13.961,06	
3	€ 5.275,36	€ 4.689,78	-€ 8.084,81	-€ 9.271,29	
4	€ 5.275,36	€ 4.509,40	-€ 2.809,45	-€ 4.761,89	
5	€ 4.873,15	€ 4.005,37	€ 2.063,70	-€ 756,51	45%
6	€ 1.949,74	€ 1.540,91	€ 4.013,44	€ 784,40	48%
7	€ 1.708,41	€ 1.298,25	€ 5.721,86	€ 2.082,65	
8	€ 1.708,41	€ 1.248,32	€ 7.430,27	€ 3.330,97	50%
9	€ 1.547,52	€ 1.087,27	€ 8.977,79	€ 4.418,24	
10	€ 1.547,52	€ 1.045,45	€ 10.525,32	€ 5.463,69	

Tabella 15: Prospetto economico dello scenario Galletti con Stille – flusso di cassa E.S.Co.

7.1.8 Aspetti economici e flussi di cassa lato condominio

È stata prevista una compartecipazione all'investimento da parte del condominio per la installazione dei terminali negli appartamenti nella misura di 54.949 € IVA inclusa per l'acquisto di 32 pezzi, comprendente la sola quota relativa ai materiali acquistati.

Se da un lato tale investimento risulta abbastanza oneroso, dall'altro questo sistema permette di:

- Evitare l'installazione di un sistema di contabilizzazione e ripartizione del calore,

obbligatorio a partire dal 1 gennaio 2017. Avendo la possibilità di una regolazione su singolo terminale anche da remoto viene considerato un costo evitato di un tale sistema equivalente con le stese funzioni nella misura di 9.400 € IVA inclusa,

- Evitare l'installazione, ove richiesta, di un sistema di climatizzazione multi-split su ogni stanza, preventivato a 10.000 € IVA inclusa.

Nella ipotesi che tali benefit aggiuntivi siano adeguatamente valorizzati dagli inquilini, si calcola un costo reale da sostenere per il cliente di 32.850 € IVA inclusa.

7.1.8.1 Incentivi all'acquisto

Per tali terminali è possibile accedere alla detrazioni IRPEF nella misura del 50% delle spese sostenute IVA compresa, restituite a prezzi costanti nell'arco di 10 anni. Non è possibile accedere alle detrazioni per risparmio energetico nella misura del 65% delle spese sostenute poiché, limitatamente ai terminali, vi è una sostituzione di radiatori e non di un impianto di riscaldamento esistente^[24].

Le spese ammesse alla detrazione fiscale risultano pertanto 54.000 € e l'incentivo annuo spettante ai condomini è pari a:

$$I_a = \frac{54.949}{10} 0,5 = 2747,44 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \quad 57)$$

7.1.8.2 Margine operativo e bilancio di costi

Ricapitolando, il condominio a fronte dell'investimento per l'acquisto dei terminali ottiene un beneficio economico annuo dato dalla somma dello sconto applicato rispetto alla base di costo con le detrazioni fiscali e sottraendo gli extra costi di fig. 45.

I costi sostenuti e i relativi flussi di cassa generati sono da considerarsi IVA inclusa, nella misura ordinaria del 22%.

Per tutta la durata del contratto si ottiene:

- Relativamente al 1° anno

- $Canone = 8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,40 = 5309,24 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{stille} = 3840,30 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $I_a = 2747,44 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

- Per il 2° anno

- $Canone = 8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,40 = 5309,24 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{stille} = 3411,80 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

$$\circ I_a = 2747,44 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

- Relativamente al periodo dal 3° al 4° anno

$$\circ \text{Canone} = 8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,40 = 5309,24 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ C_{\text{stille}} = 2308,92 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ I_a = 2747,44 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

- Relativamente al periodo dal 5° al 6° anno

$$\circ \text{Canone} = 8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,45 = 4866 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ C_{\text{stille}} = 2308,92 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ I_a = 2747,44 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

- Relativamente al periodo dal 7° al 8° anno

$$\circ \text{Canone} = 8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,48 = 4601,34 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ C_{\text{stille}} = 2308,92 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ I_a = 2747,44 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

- Per gli ultimi due anni

$$\circ \text{Canone} = 8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,50 = 4424,36 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ C_{\text{stille}} = 2308,92 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\circ I_a = 2747,44 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

Di seguito il riepilogo con il bilancio attualizzato. Si è scelto a livello aziendale un tasso di attualizzazione reale pari al 4%

Anni	Annualità [€]	Annualità attualizzata [€]	Bilancio semplice [€]	Bilancio attualizzato [€]	Sconto
0	-€ 32.859,80	-€ 32.859,80	-€ 32.859,80	-€ 32.859,80	
1	€ 3.192,21	€ 3.069,43	-€ 29.667,59	-€ 29.790,37	40%
2	€ 3.528,64	€ 3.262,43	-€ 26.138,95	-€ 26.527,94	
3	€ 4.421,47	€ 3.930,67	-€ 21.717,48	-€ 22.597,27	
4	€ 4.421,47	€ 3.779,49	-€ 17.296,01	-€ 18.817,78	
5	€ 4.863,91	€ 3.997,78	-€ 12.432,10	-€ 14.820,00	45%
6	€ 4.863,91	€ 3.844,02	-€ 7.568,19	-€ 10.975,98	48%
7	€ 5.129,37	€ 3.897,90	-€ 2.438,82	-€ 7.078,08	
8	€ 5.129,37	€ 3.747,98	€ 2.690,55	-€ 3.330,10	50%
9	€ 5.306,34	€ 3.728,16	€ 7.996,89	€ 398,06	
10	€ 5.306,34	€ 3.584,77	€ 13.303,23	€ 3.982,84	

7.1.9 Osservazioni finali

Questo intervento presenta dei tempi di ritorno accettabili lato impresa anche se leggermente più lunghi per il cliente: infatti ragionare in termini di mero ritorno economico avendo una macchina che introduce un livello di comfort estivo prima sconosciuto sembra alquanto riduttivo.

D'altra parte tale soluzione impiantistica complica la redazione del business plan poiché è necessario considerare la riforma delle tariffe elettriche in cui le voci di costo calcolate da AEEG^[1] sono ancora delle stime, oltre che dover adeguatamente spiegare ai condomini che la quota parte di bollette elettriche che viene poi scontata al momento della fatturazione del canone è quella legata ai consumi invernali, e non di climatizzazione estiva.

7.2 Offerta con pompa di calore ad assorbimento

Come seconda opzione viene proposta la installazione di una pompa di calore ad assorbimento Robur(R)® GAHP-A Indoor^[25], la versione canalizzata della GAHP-A per poter essere installata all'interno di un locale. Funzionante a metano, si tratta di una macchina che realizza un ciclo frigorifero ad assorbimento acqua-ammoniaca, dove il calore necessario a far evaporare l'ammoniaca nel generatore proviene dalla combustione del gas metano.



Figura 41: Pompa di calore Robur® GAHP-A

Classe energetica ErP (applicazione 55 °C)			A+
Punto di funzionamento A7/W35	G.U.E. efficienza di utilizzo del gas	%	164
	potenza termica	kW	41,3
Punto di funzionamento A7/W50	G.U.E. efficienza di utilizzo del gas	%	152
	potenza termica	kW	38,3
Portata acqua nominale ($\Delta T = 10 \text{ °C}$)		m ³ /h	3,0
Perdita di carico alla portata acqua nominale (con acqua in mandata a 50 °C)		kPa	43
Temperatura massima uscita acqua per riscaldamento/acqua calda sanitaria		°C	65/70
Temperatura massima ingresso acqua per riscaldamento/acqua calda sanitaria		°C	55/60
Temperatura aria esterna (bulbo secco) massima/minima		°C	40/-15 ⁽²⁾
CARATTERISTICHE BRUCIATORE			
Portata termica reale		kW	25,2
Consumo gas reale	gas naturale G20 ⁽³⁾	m ³ /h	2,67
	GPL G30/G31 ⁽⁴⁾	kg/h	1,99/1,96
CARATTERISTICHE ELETTRICHE			
Tensione			230V-50Hz
Potenza elettrica nominale ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	ventilatore a velocità massima	kW	0,87
	ventilatore a velocità minima	kW	0,50
DATI DI INSTALLAZIONE			
Peso in funzionamento		kg	405
Pressione sonora Lp a 5 metri ⁽⁶⁾⁽⁷⁾ in campo libero, con fattore di direzionalità 2	ventilatore a velocità massima	dB(A)	52,0
	ventilatore a velocità minima ⁽⁸⁾	dB(A)	49,0
Attacchi	acqua	" F	1 1/4
	gas	" F	3/4
	tubo evacuazione fumi	mm	80
Dimensioni ⁽⁹⁾	larghezza	mm	848
	profondità	mm	1.258
	altezza	mm	1.587

Figura 42: Prestazioni della macchina come dichiarate dal costruttore

7.2.1 Configurazione impiantistica

Dal punto di vista impiantistico è possibile schematizzare il sistema come segue

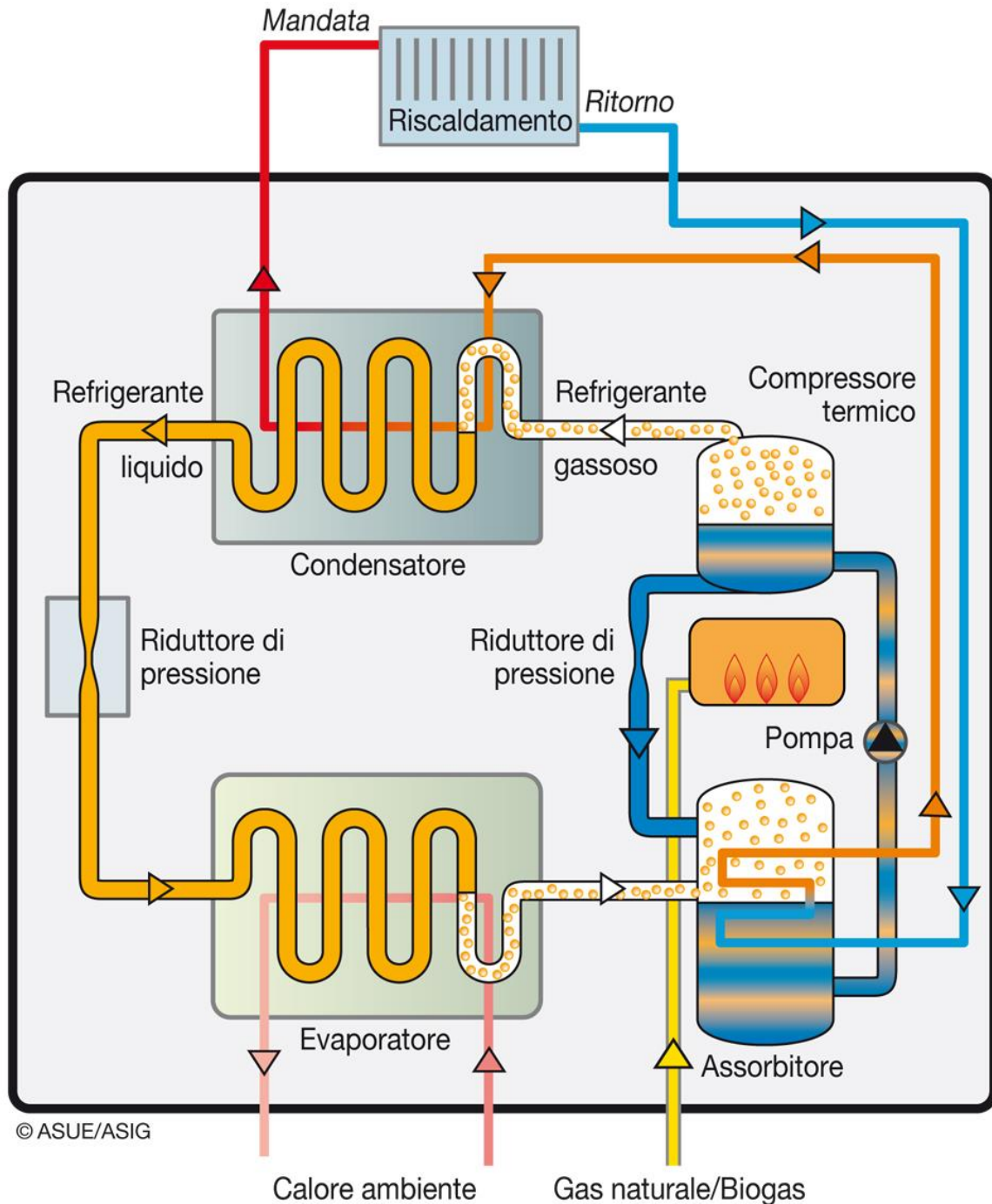


Figura 43: Schema di funzionamento di una pompa di calore ad assorbimento

Si tratta di un ciclo frigorifero ad assorbimento in parte simile a quello di una pompa di calore a compressione di vapore e in parte radicalmente diverso. La differenza sta nel fatto che il primo necessita di un compressore meccanico per elaborare il salto di pressione necessario al gas frigorifero, mentre questo esegue il salto di pressione grazie ad una sorgente di calore e ad una pompa che comprime una miscela liquida di acqua e ammoniaca.

La sorgente di calore nella macchina Robur® è assicurata, appunto, dalla combustione del metano in una caldaia: tale calore permette la evaporazione della ammoniaca dalla miscela e il

suo successivo invio al condensatore del ciclo frigorifero. La miscela povera di ammoniaca viene quindi laminata fino ad un assorbitore dove avviene l'assorbimento della ammoniaca precedentemente liberata proveniente dall'evaporatore.

Successivamente grazie ad una pompa la miscela ricostituita viene compressa e re-inviata al generatore di calore per riprendere il ciclo termico.

Nella configurazione impiantistica in figura si prevede in aggiunta che vi sia un recupero del calore latente di vaporizzazione dell'ammoniaca quando questa viene assorbita dalla miscela, attraverso un preriscaldamento dell'acqua presente nella rete di distribuzione.

Analogamente alla prima offerta, anche in questo caso è prevista l'installazione di un accumulo inerziale di circa 1000 litri ai fini di far lavorare la macchina sempre a condizioni ottimali di rendimento, disaccoppiando la produzione di calore dalla sua richiesta.

7.2.2 Impianto di termoregolazione e contabilizzazione del calore

All'interno di ogni singolo alloggio viene installato il sistema di contabilizzazione e ripartizione del calore Perry Electric® denominato PDA Energy^[26], conforme agli obblighi di legge previsti dal D.Lgs. 102/2014.

In dettaglio su ogni calorifero verrà installata una valvola termostatica wireless VTRX02A mentre in ogni appartamento un cronotermostato wireless CRTX05.



Figura 44: Valvola termostatica e cronotermostato wireless proposti

Il cronotermostato attraverso la trasmissione dati radio pilota la accensione o spegnimento delle valvole termostatiche ad esso associate.

A livello di ogni singolo piano viene installato un modulo concentratore d'utenza (MCU) e a livello di centrale termica un modulo concentratore di centrale (MCC).



Figura 45: Moduli concentratori d'utenza

Viene così realizzata una infrastruttura radio condominiale costituita da moduli MCU e MCC: così il gestore dell'impianto acquisisce i dati di consumi e invia i comandi di termoregolazione sia in loco che da remoto.

I dati di temperatura degli appartamenti e gli intervalli temporali di accensione e spegnimento di ogni valvola vengono fatti confluire via radio al MCU che acquisisce i dati e li gestisce in memoria. Con la stessa modalità gli utenti possono interrogare il sistema per conoscere il proprio consumo individuale, nonché programmare ogni singolo termostato. Infine i dati vengono inviati da ogni MCU al MCC, sfruttando altri MCU come ponte radio, così come visibile in figura 46.

Una volta in possesso dei dati di ogni singolo appartamento, il MCC effettua il calcolo dei totalizzatori dei consumi di ogni unità immobiliare sulla base della norma UNI 10200 consentendo così la ripartizione delle spese di riscaldamento.

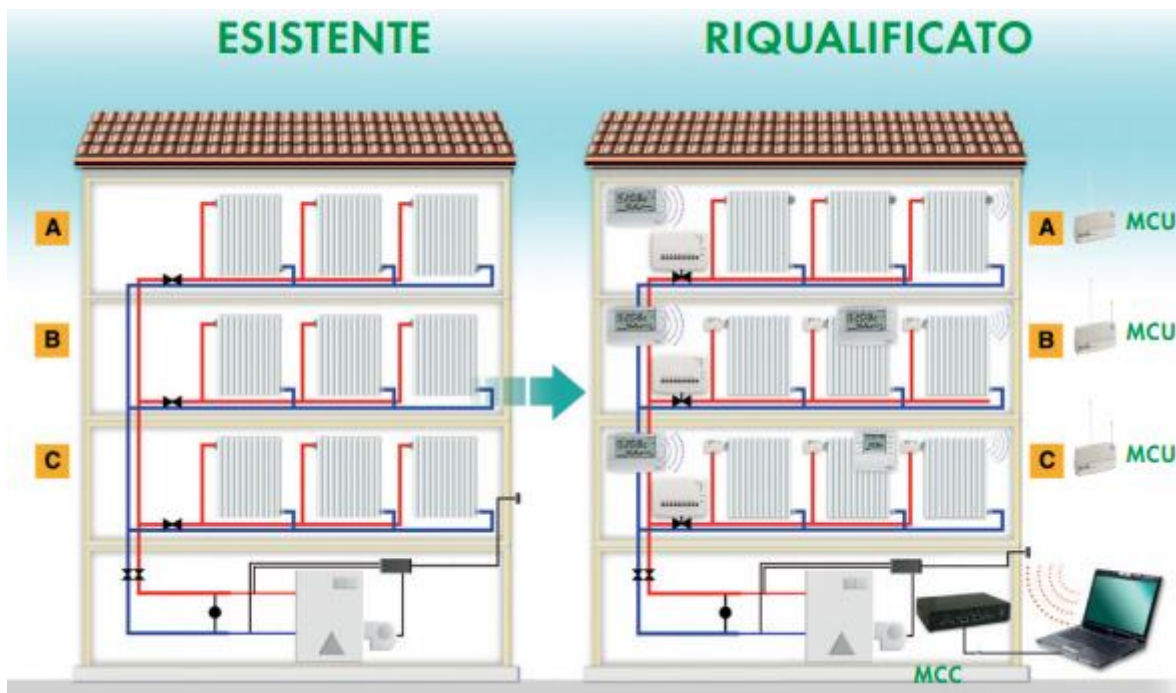


Figura 46: Rappresentazione della infrastruttura radio condominiale PDA Energy

7.2.2.1 Scelta della temperatura di mandata nella rete idronica

Rispetto all'attuale caldaia installata in centrale termica, la pompa di calore Robur® è tanto più efficiente quanto la temperatura dell'acqua di mandata sia la più bassa possibile. Ciò però va a scontrarsi con la curva termica dei radiatori che presenta un andamento decrescente al calare della temperatura: quindi da un lato aumento l'efficienza in fase di generazione ma dall'altro vado a ridurre la potenza termica dei corpi scaldanti.

E' pertanto necessario calcolare una buona situazione di compromesso al fine di impostare una corretta curva climatica per la nuova macchina.

7.2.3 Calcolo COP medio stagionale

Si procede ora a calcolare il GUE (gas utilization efficiency) medio stagionale della macchina cioè il rendimento medio stagionale sul potere calorifico inferiore del metano.

Si è impostata una curva climatica della macchina per cui

Temperatura esterna [°c]	Temperatura mandata [°c]
-5 °c	55 °c
16 °c	20° c

Tabella 17: Curva climatica impostata in centrale termica

e basandosi sulle curve di carico termico orario dell'edificio restituite da TRNSYS si è calcolato per ogni ora della stagione termica la potenza termica erogata dal bruciatore della macchina sapendo la temperatura dell'aria esterna e il GUE della macchina in quelle precise condizioni di temperatura. È stata poi divisa l'erogazione termica per i rispettivi consumi di metano. Si è trovato un GUE medio stagionale pari a

$$GUE_{Robur} = 1,54 \quad 58)$$

7.2.4 Calcolo nuovi rendimenti sottosistemi di impianto

Prima di calcolare le prestazioni globali dell'impianto è necessario aggiornare i valori dei rendimenti medi stagionali dei vari sottosistemi d'impianto: in questo caso le temperature di mandata dell'acqua saranno inevitabilmente superiori rispetto al precedente scenario poiché vengono lasciati inalterati i caloriferi e di conseguenza le perdite saranno superiori.

7.2.4.1 Rendimento sottosistema di distribuzione

Dal prospetto 24 della UNI TS 11300 parte 2 si estrapola il valore del coefficiente C relativo alle temperature di mandata e ritorno di progetto pari rispettivamente a 55°C e 45°C, come da curva

climatica di Fig. sopra.

Il valore del rendimento di riferimento ottenuto dal prospetto 23 rimane inalterato poiché non sono previsti interventi che vadano a modificare la rete di distribuzione attuale.

Temperature di mandata e di ritorno di progetto °C	Δt di progetto corrispondente °C	Temperatura media stagionale °C	Fattore di correzione C del rendimento tabulato	Tipologia di impianto corrispondente (indicativa)
80-60	50	37,3	1,00	Impianti a radiatori
	45	36,0	0,94	
70-55	42,5	35,3	0,92	
	40	34,7	0,89	
	35	33,0	0,82	
55-45	30	31,4	0,77	Impianti a ventilconvettori
	25	29,8	0,69	
	20	27,9	0,62	Impianti a pannelli radianti
	15	26,1	0,55	
35-30	12,5	25,1	0,51	
	10	24,2	0,47	

Figura 47: Prospetto 24 della norma UNI TS 11300 parte 2 con evidenza del coefficiente scelto

Si ottiene un nuovo rendimento di distribuzione pari a

$$\eta_D = 100 - (100 - 88,7) * 0,77 = 91 \% \quad 59)$$

7.2.4.2 Rendimento sottosistema di distribuzione

Poiché negli attuali caloriferi verranno installati sistemi di regolazione e contabilizzazione si considera un rendimento concordemente con una regolazione di tipo “di zona con climatica” con valvole termostatiche on/off. Infatti sarà presente sia una curva climatica che regola la temperatura di mandata dell’acqua sia una regolazione a livello di termostato che pilota le valvole termostatiche sui terminali mediante semplici comandi di apertura e chiusura del circuito idraulico.

Pertanto si verifica da prospetto 20 della normativa UNI TS 11300 parte 2 il corretto valore da attribuire al rendimento.

Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo Climatica (compensazione con sonda esterna) $K - (0,6 \eta_u \gamma)^a$		K = 1	K = 0,98	K = 0,94
Solo di zona	On-off	0,93	0,91	0,87
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
Solo per singolo ambiente	On off	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
Zona + climatica	On off	0,96	0,94	0,92
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	PI o PID	0,995	0,98	0,96

Figura 48: Prospetto 20 della norma UNI TS 11300 parte 2 con evidenza del coefficiente scelto

Coerentemente con la regolazione scelta si trova in Fig. sopra per terminali a bassa inerzia termica quali i radiatori un rendimento pari a

$$\eta_{reg} = 96\% \quad 60)$$

7.2.4.3 Rendimento sottosistema di emissione

Per questo sottosistema si eseguono le medesime considerazioni fatte per il calcolo del rendimento nella situazione attuale poiché i terminali di impianto non vengono sostituiti. La differenza sta nella temperatura di mandata che viene abbassata impostando un valore di progetto pari a 55°C.

Quindi come da prospetto 17 UNI TS 11300 parte 2 si considera il medesimo valore di riferimento della situazione pre intervento senza apportare correzioni dovute alla temperatura di progetto, poiché tale prospetto considera i rendimenti per una temperatura di 55°C.

Tipologia di terminale	Carico termico medio annuo ^{a)} [W/m ³]		
	<= 4	4-10	>10
Radiatori su parete esterna isolata ^{*)}	0,98	0,97	0,95
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori ^{**) (valori riferiti a t_{media} acqua = 45 °C)}	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda ^{***)}	0,94	0,92	0,90
Pannelli annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93
Riscaldatori ad infrarossi	0,99	0,98	0,97

a) Il carico termico medio annuo espresso in W/m³ è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile espresso in Wh, calcolato secondo la UNI/TS 11300-1, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in metri cubi.

*) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente. Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01. In presenza di parete esterna non isolata (U > 0,8 W/m² K) si riduce il rendimento di 0,04.

***) I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente. Il valore di rendimento riportato in tabella tiene già conto del recupero dell'energia elettrica, che quindi deve essere calcolata solo ai fini della determinazione del fabbisogno di energia ausiliaria e non dell'eventuale recupero.

****) Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono a impianti con:
- bocchette o diffusori correttamente dimensionati in relazione alla portata e alle caratteristiche del locale;
- corrette condizioni di funzionamento (generatore di taglia adeguata, corretto dimensionamento della portata di aspirazione);
- buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura.
La distribuzione con bocchette di mandata in locali di altezza maggiore di 4m non è raccomandata. In presenza di tale situazione e qualora le griglie di ripresa dell'aria siano posizionate ad un'altezza non maggiore di 2 metri rispetto al livello del pavimento è opportuno un controllo della stratificazione.

Figura 49: Prospetto 17 della norma UNI TS 11300 parte 2

Riducendo tale valore di 4 punti percentuali dovuti alla assenza di isolante sulla parete si ottiene un valore pari a

$$\eta_{em} = 91\% \quad 61)$$

7.2.5 Calcolo fabbisogno energetico netto e lordo

Dopo aver aggiornato tutti gli aspetti dell'impianto di riscaldamento si procede al calcolo dei nuovi fabbisogni energetici del sistema edificio-impianto nella ipotesi in cui tale scenario sia approvato dalla assemblea condominiale.

Fabbisogno termico netto [kWh/anno]	69.772
Rendimento sottosistema di emissione	91 %
Rendimento sottosistema di distribuzione	91 %
Rendimento sottosistema di regolazione	96 %

Dispersioni serbatoio di accumulo [kWh/anno]	630
Fabbisogno termico lordo edificio [kWh/anno]	88.396
Potenza massima richiesta lorda [kW]	45,47
GUE medio stagionale	1,54
Fabbisogno termico lordo Impianto [kWh/anno]	57.400

Tabella 18: Fabbisogno energetico lordo ed elettrico dell'impianto pompa di calore con Stille®

In questa tipologia di intervento si ottiene una riduzione del fabbisogno lordo all'edificio pari al 12,8%, inferiore rispetto al caso con i terminali Stille® ma certamente significativo. La cosa veramente interessante sono i consistenti risparmi in termini di combustibile (quasi del 50% rispetto allo status quo) e il fatto che non sia necessario installare dei terminali all'interno dell'edificio con la scomodità di dover considerare anche i consumi elettrici dei singoli utenti.

7.2.6 Dimensionamento potenza macchina

L'aspetto critico di questo intervento rimane il dimensionamento delle macchine: infatti Robur(R) vende le sue pompe di calore GAHP con un'unica taglia disponibile e questo permette ben poca scelta sulla potenza termica nominale installabile, lasciando però possibile una integrazione con caldaie a condensazione. Si tratterà quindi di valutare la potenza richiesta dall'edificio e analizzare la necessità di un numero maggiore di macchine o meno in centrale termica

Si va ora a calcolare se nelle condizioni meteo più gravose la macchina sia in grado di erogare la massima potenza termica lorda richiesta in Tab. 18.

Prendendo come condizioni di temperatura esterna -5°C e temperatura di mandata pari a 55°C si ottiene per la GAHP-A

$$P_n = 28,85 \text{ kW} \quad (62)$$

Questo risultato è purtroppo di molto inferiore rispetto a quanto richiesto dall'edificio. Sarebbe pertanto necessario affiancare alla macchina una caldaia integrativa che eroghi nei momenti più gravosi della stagione termica la potenza mancante poiché l'installazione di due macchine GAHP sarebbe particolarmente oneroso, poiché una delle due opererebbe per pochissime ore durante la stagione termica invernale.

7.3 Ipotesi alternativa: coibentazione del sottotetto

Anziché installare potenza aggiuntiva in centrale termica, si è percorsa una strada alternativa:

la coibentazione del sottotetto.

Tale edificio presenta infatti un sottotetto non praticabile ma accessibile da una botola e quindi si ipotizza di coprirlo con uno strato di fiocchi di cellulosa, depositati sul piano di calpestio.



Figura 50: Fotografia di un sottotetto generico dopo la posa dello strato isolante di fiocchi di cellulosa

Viene scelta questa soluzione dato il basso costo che presenta l'intervento, paragonabile a quanto potrebbe costare l'adeguamento della potenza necessaria con una caldaia integrativa. D'altro canto la installazione di una caldaia non permette di accedere al conto termico a meno che questa sia installata presso la Pubblica Amministrazione e la durata decennale delle detrazioni fiscali potenzialmente chiedibile è stata ritenuta non compatibile con i tempi di ritorno previsti nel business-plan.

Viene quindi sostituito nel programma di simulazione TRNSYS il solaio sottotetto di Tab. 26-e con la seguente copertura:

Soffitto sottotetto con cellulosa			
Materiale	λ [W/mK]	Spessore [mm]	Resistenza termica [m ² K/W]
Cellulosa a fiocchi	0.039	200	5.128
Massetto in cls	1.49	80	0.054
Soletta laterizio	0.660	180	0.273

Intonaco gesso	0.8	10	0.013
Coefficiente liminare lato interno			0.100
Coefficiente liminare lato esterno			0.100
Trasmittanza termica struttura [W/m²K]			0.176

Tabella 19: Caratteristiche termiche del solaio sottotetto coibentato

7.3.1 Calcolo fabbisogno energetico netto e lordo

Alla luce dell'intervento previsto vengono ricalcolati con TRNSYS i fabbisogni netti dell'edificio ipotizzando che i contributi dei ponti termici risultino inalterati sia lato energia che lato potenza.

Di seguito i risultati ottenuti

Perdite per Trasmissione	59.627	kWh/anno
Perdite per Ventilazione	9.200	kWh/anno
Apporti interni	10.959	kWh/anno
Apporti solari	8.057	kWh/anno
Energia termica riscaldamento netta	49.827	kWh/anno
Potenza massima richiesta netta	28,75	kW

Tabella 20: Fabbisogni netti di energia e potenza a seguito della coibentazione – senza ponti termici

Si noti come con la coibentazione si ottenga un fabbisogno netto inferiore del 28% circa per la quota energia e del 15% circa per la potenza massima richiesta rispetto alla situazione attuale.

Di seguito i fabbisogni netti considerati i contributi dei ponti termici

Energia termica riscaldamento netta	54.763	kWh/anno
Potenza massima richiesta netta	31,15	kW

Tabella 21: Fabbisogni netti di energia e potenza a seguito della coibentazione – con ponti termici

Successivamente si calcolano i nuovi fabbisogni lordi dell'edificio e dell'impianto di riscaldamento lasciando inalterati i rendimenti dei vari sottosistemi. Si riporta una tabella comparativa con i consumi sia ante che post intervento.

	Con cellulosa	Senza cellulosa
Fabbisogno termico netto [kWh/anno]	54.763	69.772
Rendimento sottosistema di emissione	91 %	91 %
Rendimento sottosistema di distribuzione	91 %	91 %

Rendimento sottosistema di regolazione	96 %	96 %
Dispersioni serbatoio di accumulo [kWh/anno]	630	630
Fabbisogno termico lordo edificio [kWh/anno]	69.516	88.396
Potenza massima richiesta lorda [kW]	39,18	45,47
GUE medio stagionale	1,54	1,54
Fabbisogno termico lordo Impianto [kWh/anno]	45.140	57.400

Tabella 22: Riepilogo fabbisogni netti e lordi edificio, prima e dopo intervento di coibentazione

A seguito della coibentazione del sottotetto la potenza richiesta scende da oltre 45 kW a poco più di 39 kW mentre notevole risulta il risparmio di combustibile soprattutto rispetto allo stato attuale dove è presente un fabbisogno di quasi 100 MWh/anno, pari al 55%.

7.3.2 Dimensionamento potenza macchina

Ai fini di ridurre il più possibile la potenza termica chiesta alla macchina, maggiore durante le ore notturne, si considera l'opzione di installare un serbatoio d'accumulo superiore ai 1000 litri al fine di produrre e stoccare il più possibile al suo interno calore durante le ore diurne, più favorevoli dal punto di vista meteo e quindi della efficienza della macchina, per poterlo usare durante la notte riducendo quindi la potenza richiesta.

Parallelamente si sceglie l'installazione di un serbatoio d'accumulo con una resistenza elettrica all'interno in modo da alzare la potenza termica erogabile dall'impianto.

Nella ipotesi di installare una resistenza immersa di 3kW viene analizzata la curva di carico termico dell'edificio restituita da TRNSYS e si procede a calcolare il numero di ore in cui la potenza erogata dalla pompa GAHP non sarebbe sufficiente, aggiungendo 3kW alla potenza termica generata dalla macchina sulla base dei dati climatici e delle temperature di mandata imposte ora per ora. Il risultato è il seguente:

Sufficiente potenza erogata da GAHP-A	4365 su 4392 ore
Sufficiente potenza erogata da GAHP-A più resistenza elettrica da 3 kW	4387 su 4392 ore
Necessaria ulteriore potenza	5 su 4392 ore

Tabella 21: Risultato bilancio orario di potenza

Quindi nella ipotesi in cui si utilizzi anche la resistenza elettrica nell'accumulo la potenza complessiva non sarebbe sufficiente per sole 5 ore su tutta la stagione termica. Viene pertanto ritenuto più che accettabile l'installazione di tale serbatoio d'accumulo, eventualmente maggiorato a 1500 litri, per fungere da accumulo termico notturno, cosa che andrebbe ulteriormente a ridurre le già pochissime ore scoperte, senza la necessità di una caldaia integrativa con tutti i costi extra che ne sarebbero conseguiti.

Si procede quindi ad analizzare l'investimento considerando la posa dei fiocchi di cellulosa sul sottotetto.

7.3.3 Aspetti economici e flussi di cassa lato E.S.Co.

A seguito di colloqui e di richiesta preventivi alla casa madre produttrice dei vari componenti d'impianto si è previsto un investimento in centrale termica pari a 26.269 € + IVA così suddiviso:

- 7.346 € di adeguamento centrale termica e smantellamento attuale caldaia,
- 12.923 € di nuova componentistica Robur®,
- 6.000 € relativi alla coibentazione del sottotetto con posa di fiocchi di cellulosa

7.3.3.1 Incentivi all'acquisto

Per la sostituzione di un generatore a gas tradizionale con una pompa di calore a gas, analogamente a quanto previsto per una pompa di calore a compressione di vapore, è previsto dalla normativa nazionale la possibilità di scegliere tra due meccanismi incentivanti:

- Detrazione sull'IRES pari a 65% delle spese sostenute restituite a prezzi costanti nei 10 anni successivi. Tale incentivo viene però riconosciuto solamente su interventi eseguiti su beni strumentali alla impresa stessa.
- Erogazione di un contributo previsto dal Conto Termico, aggiornato alla versione 2.0 dal D.M. 16 febbraio 2016.

Viene quindi scelto a livello aziendale di beneficiare del Conto Termico 2.0, che da tabella 8, paragrafo 2, allegato 2 del decreto interministeriale prevede per questa tipologia di intervento una tariffa incentivante di

$$C_i = 0.045 \text{ €/kWh}_t \quad (63)$$

E sempre nel paragrafo 2, Allegato 2 del presente decreto viene corrisposto un'annualità per i 5 anni successivi all'intervento pari a

$$I_a = 1700P_n \left(1 - \frac{0,46}{GUE}\right) C_i \quad (64)$$

Dove:

- P_n è la potenza termica nominale della macchina
- GUE è il coefficiente di prestazione della pompa di calore a gas, che deve essere pari ad almeno 1,38 per poter accedere agli incentivi.

Sia P_n che COP sono calcolati secondo le condizioni di temperatura previste dalla tabella 3 allegato 1 del decreto (Fig. 46), e riassunti in fig. 35.

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	GUE
aria/aria	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Bulbo secco all'entrata: 20	1,46
aria/acqua	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30 (*)	1,38
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20	1,59
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30(*)	1,47
acqua/aria	Temperatura entrata: 10	Bulbo secco all'entrata: 20	1,60
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 (*)	1,56

Tabella 22: Valori di temperatura per il calcolo delle prestazioni delle pompe di calore e relativo GUE minimo per l'accesso all'incentivo del C.T. 2.0

Per questa tipologia di macchina alle suddette condizioni si ottiene una potenza nominale di 41,3 kW e un GUE pari a 1,64

Pertanto usando la Eq. 64 si ottiene come incentivo

$$I_a = 2273 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \quad (65)$$

Per quanto riguarda la coibentazione del sottotetto anche in questo caso è possibile scegliere tra due tipologie di meccanismi incentivanti:

- Detrazione sull'IRES pari a 65% delle spese sostenute restituite a prezzi costanti nei 10 anni successivi. Tale incentivo viene però riconosciuto solamente su interventi eseguiti su beni strumentali alla impresa stessa.
- Erogazione di un contributo sfruttando il meccanismo dei certificati bianchi.

Viene scelto a livello aziendale di beneficiare della seconda opzione. Questo meccanismo prevede il riconoscimento di un incentivo basato sulla quantità di energia primaria che l'intervento permette di risparmiare. Per questa tipologia di interventi il calcolo viene eseguito sulla base di schede tecniche che il GSE (Gestore dei Servizi Energetici) pubblica.

Relativamente alla coibentazione di coperture vengono utilizzate le schede tecniche 6T e 20T^[27] che stimano i risparmi ottenibili a livello di energia primaria rispettivamente durante la stagione termica di riscaldamento e durante quella di raffrescamento. In funzione del valore di trasmittanza termica (K) della copertura di partenza si ottengono determinati risparmi di energia primaria.

K parete/copertura [W/m ² K]	TIPOLOGIE DI STRUTTURA DI RIFERIMENTO
0,7÷0,9	Parete monolitica in laterizio forato (12 cm) con pannello coibente da 3 cm Parete in blocchi cavi di calcestruzzo (di seguito: cls), 30 cm con 3 cm di isolamento Copertura piana in latero-cemento isolata con coibente 3 cm Copertura a falda inclinata in latero-cemento + solaio sottotetto in latero-cemento non isolati
0,9÷1,1	Parete in cls in opera + pannello coibente da 3 cm Parete a cassa vuota in laterizio forato senza isolamento Parete a cassa vuota in cls + pannello coibente da 3 cm Parete a cassa vuota in cls e laterizio non isolata Pannello leggero con isolamento da 4 cm
1,1÷1,3	Parete in cls alleggerito (20 cm) Parete a cassa vuota in laterizio forato e pieno senza isolamento Copertura a falda con tegole + solaio sottotetto in latero-cemento non isolato
1,3÷1,6	Parete in laterizio pieno (35 cm) non isolata Parete monolitica in roccia naturale (50 cm) non isolata Copertura piana in latero-cemento non isolata Soletta in legno con camera d'aria
1,6÷1,8	Parete in laterizio pieno (25 cm) non isolata
> 1,8	Parete monolitica in laterizio forato (12 cm) non isolata Parete di cls non isolata Parete in blocchi cavi di cls (30 cm) non isolata Parete a cassa vuota in cls non isolata

Tabella 23: Trasmittanze termiche di riferimento per il calcolo dei contributi derivanti dal meccanismo dei Certificati Bianchi

RSL [10 ⁻³ tep/anno/UFR]	K struttura prima dell'intervento [W/ m ² / K]						
	Zona climatica	0,7÷0,9	0,9÷1,1	1,1÷1,3	1,3÷1,6	1,6÷1,8	>1,8
A, B		0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1
C		0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,3
D		1,3	1,7	2,2	2,8	3,6	4,4
E		2,2	3,0	3,9	4,8	6,2	7,7
F		3,5	4,8	6,1	7,6	9,7	11,9

Tabella 24: Energia risparmiabile stimata in riscaldamento dall'intervento

RSL [10 ⁻³ tep/anno/UFR]	K struttura prima dell'intervento [W/ m ² / K]						
	Zona climatica	0,7÷0,9	0,9÷1,1	1,1÷1,3	1,3÷1,6	1,6÷1,8	>1,8
tutte		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8

Tabella 24: Energia risparmiabile stimata in raffrescamento dall'intervento

Dove per UFR si intende unità fisica di riferimento e coincide con 1 mq di superficie coibentata

Coefficiente di addizionalità ² :	$a = 100 \%$
Coefficiente di durabilità ² :	$\tau = 2,91$
Quote annue dei risparmi di energia primaria [tep/a] ² :	
Risparmio netto contestuale (RNc)	$RNc = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$
Risparmio netto anticipato (RNa)	$RNa = (\tau - 1) \cdot RNc$
Risparmio netto integrale (RNI)	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$

Tabella 25: Riepilogo metodologia di calcolo dei C.B. maturati

Sommando i contributi dovuti alle due stagioni termiche si ottengono i risparmi conseguibili in Tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) evitate. Ogni TEP risparmiato dà diritto ad un titolo di efficienza energetica (o certificato bianco).

Per questa tipologia di intervento, ipotizzando la coibentazione di 300 mq di solaio, si ottiene un risparmio netto integrale complessivo (RNI) pari a

$$RNI = 300 * 2,91 * (3,9 + 0,4) * 10^{-3} = 3,75 \frac{Tep}{anno} \quad 66)$$

Il prezzo di questi titoli non è fisso, ma varia sulla base delle richieste che telematicamente arrivano al regolatore del mercato di tali titoli (GME, gestore dei mercati energetici) analogamente a quello di un prodotto finanziario quotato in borsa.

Oggi il prezzo di questi titoli è prossimo ai 120€, pertanto si calcola come incentivo percepito

$$TEE_{cell} = RNI * 120 = 450 \frac{\text{€}}{anno} \quad 67)$$

7.3.3.2 Margine operativo e bilancio di costi

Si ipotizza un costo di manutenzione per la nuova macchina pari a

$$C_{man} = 400 \frac{\text{€}}{anno} \quad 68)$$

Relativamente ai consumi elettrici degli ausiliari è necessario considerare oltre alle pompe di circolazione del fluido termovettore nella rete idronica anche la pompa installata nella GAHP che serve a far ricircolare la miscela acqua-ammoniaca dall'assorbitore al generatore della macchina. Sulla base dei dati di targa della macchina si ipotizza che tale pompa sia in funzione, in misura cautelativa alla potenza minima assorbita, per 24 ore su 24 dal 15 ottobre al 15 aprile. Utilizzando il dato di targa relativo alla macchina pari a 500 W si ottiene:

$$E = 0,5kW * 24 \frac{ore}{giorno} * 183 \frac{giorni}{anno} = 2196 \frac{kWh}{anno} \quad 69)$$

Da cui un aumento dei consumi elettrici in centrale termica pari a:

$$C_{el} = 450 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \quad 70)$$

Viene garantito al cliente uno scontistica in funzione del tempo pari a:

- 10% per i primi 4 anni,
- 12% dal 5° al 7° anno,
- 15% per gli ultimi tre anni.
- La totalità del risparmio generato dall'intervento dopo i 10 anni di contratto.

Il margine operativo della E.S.Co. annuale si calcola facilmente sommando il canone richiesto con gli incentivi del conto termico e sottraendo i costi legati alla manutenzione e alle spese relative agli assorbimenti elettrici in centrale termica. Le voci di costo relative all'investimento in centrale termica sono già esenti da IVA mentre sulle voci manutenzione ed energia elettrica si procede a fare un bilancio economico togliendo la aliquota ordinaria, nella misura del 22%.

Relativamente al canone si procede a considerare l'IVA nella misura ridotta per la quota parte imputabile a sorgente rinnovabile e per la restante quota nella misura ordinaria. Sulla base di quanto scritto nell' allegato 1, comma 4 del D.Lgs. 28/2011^[28] si calcola la percentuale di energia fornita da fonte rinnovabile

$$Quota_{rinn} = 29,07 \% \quad 71)$$

Parimenti la quota del canone che dovrà essere fatturata con aliquota ordinaria sarà pari a

$$Quota_{n,rinn} = 70,93 \% \quad 72)$$

Gli incentivi del conto termico sono esentati dalla applicazione della imposta.

Una volta analizzate tutte le voci che compongono il bilancio si analizzano i flussi di cassa della E.S.Co.

Relativamente al periodo dal 1° al 3° anno

$$\begin{aligned} \circ \quad Canone &= \frac{8848 * 0,2907 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,9}{1,1} + \frac{8848 * 0,7093 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,9}{1,22} = 6734,82 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \\ \circ \quad Conto \text{ termico} &= 2273 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \\ \circ \quad C_{el,tot} &= \frac{450+350}{1,22} = 655,73 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \\ \circ \quad C_{man} &= \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \\ \circ \quad C_{metano} &= \frac{3767,50}{1,22} = 3088,13 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \\ \circ \quad TEE_{cell} &= 450 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \end{aligned}$$

Relativamente al periodo dal 4° al 5° anno

- $Canone = \frac{8848 * 0,2907 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,88}{1,1} + \frac{8848 * 0,7093 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,88}{1,22} = 6585,16 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $Conto\ termico = 2273 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{el,tot} = \frac{450+350}{1,22} = 655,73 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{man} = \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{metano} = \frac{3767,50}{1,22} = 3088,13 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $TEE_{cell} = 450 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

Relativamente al 6° e al 7° anno

- $Canone = \frac{8848 * 0,2907 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,88}{1,1} + \frac{8848 * 0,7093 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,88}{1,22} = 6585,16 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{el,tot} = \frac{450+350}{1,22} = 655,73 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{man} = \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{metano} = \frac{3767,50}{1,22} = 3088,13 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $TEE_{cell} = 450 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

Relativamente all'8° anno

- $Canone = \frac{8848 * 0,2907 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,85}{1,1} + \frac{8848 * 0,7093 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,85}{1,22} = 6360,66 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{el,tot} = \frac{450+350}{1,22} = 655,73 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{man} = \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{metano} = \frac{3767,50}{1,22} = 3088,13 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $TEE_{cell} = 450 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

Relativamente agli ultimi due anni

- $Canone = \frac{8848 * 0,2907 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,85}{1,1} + \frac{8848 * 0,7093 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,85}{1,22} = 6360,66 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{el,tot} = \frac{450+350}{1,22} = 655,73 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{man} = \frac{400}{1,22} = 327,87 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $C_{metano} = \frac{3767,50}{1,22} = 3088,13 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

Di seguito il riepilogo con il bilancio attualizzato. Si è scelto a livello aziendale un tasso di attualizzazione reale pari al 4%

Anni	Annualità [€]	Annualità attualizz. [€]	Bilancio semplice [€]	Bilancio attualizzato [€]	Sconto
0	-€ 26.269,00	-€ 26.269,00	-€ 26.269,00	-€ 26.269,00	
1	€ 5.674,00	€ 5.455,77	-€ 20.595,00	-€ 20.813,23	10%
2	€ 5.674,00	€ 5.245,93	-€ 14.921,00	-€ 15.567,30	
3	€ 5.674,00	€ 5.044,17	-€ 9.247,00	-€ 10.523,13	
4	€ 5.674,00	€ 4.850,16	-€ 3.573,00	-€ 5.672,97	
5	€ 5.525,00	€ 4.541,15	€ 1.952,00	-€ 1.131,83	12%
6	€ 3.251,74	€ 2.569,90	€ 5.203,74	€ 1.438,07	
7	€ 3.251,74	€ 2.471,06	€ 8.455,48	€ 3.909,13	
8	€ 3.026,74	€ 2.211,61	€ 11.482,22	€ 6.120,73	15%
9	€ 2.576,74	€ 1.810,38	€ 14.058,96	€ 7.931,12	
10	€ 2.576,74	€ 1.740,75	€ 16.635,70	€ 9.671,87	

Tabella 26: Prospetto economico dello scenario Robur con Coibentazione – flusso di cassa E.S.Co.

7.3.4 Aspetti economici e flussi di cassa lato condominio

Lo scenario preveda che il condominio acquisti a spese proprie il sistema PDA Energy per la contabilizzazione e ripartizione del calore. Tale scelta viene motivata dal fatto che l'intervento si configura come un adempimento ad obblighi di legge e che una spesa simile sarebbe comunque da sostenere a prescindere dall'intervento della E.S.Co.

A seguito di colloqui e preventivi richiesti a Perry Electric® viene preventivata una spesa pari a 9.580 € IVA incl. Anche se più costoso rispetto alla media di mercato dei sistemi di contabilizzazione e ripartizione del calore, PDA Energy permette di tele gestire anche da remoto le temperature impostate e la programmazione del cronotermostato, configurandosi a tutti gli effetti come un impianto di domotica.

7.3.4.1 Incentivi all'acquisto

Con il decreto legge 208/2015, noto come legge di stabilità 2016, viene estesa la detrazione fiscale IRPEF del 65% anche alla fornitura e posa in opera di dispositivi relativi agli impianti di domotica.

In dettaglio il riferimento nella legge è al comma 88 che cita: *“Le detrazioni fiscali di cui all'articolo 14 del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 2013, n. 90, si applicano anche alle spese sostenute per l'acquisto, l'installazione e la messa in opera di dispositivi multimediali per il controllo da remoto degli impianti di riscaldamento o produzione di acqua calda o di climatizzazione delle unità abitative, volti ad aumentare la consapevolezza dei consumi energetici da parte degli utenti e a garantire un funzionamento efficiente degli impianti. Tali dispositivi devono:*

- *mostrare attraverso canali multimediali i consumi energetici, mediante la fornitura periodica dei dati;*
- *mostrare le condizioni di funzionamento correnti e la temperatura di regolazione degli*

impianti;

- *consentire l'accensione, lo spegnimento e la programmazione settimanale degli impianti da remoto."*

I dispositivi che verranno installati prodotti da Perry® vengono garantiti come rispondenti ai requisiti del D.L. Stabilità^[26], pertanto sulla base di queste informazioni si calcola l'incentivo annuo, nella ipotesi in cui i contribuenti siano non incapienti (ovvero con sufficiente IRPEF detraibile), come

$$I_a = \frac{9580 * 0,65}{10} = 622,7 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \quad 73)$$

7.3.4.2 *Margine operativo e bilancio di costi*

A fronte della spesa sostenuta, il condominio ha dei flussi di cassa positivi ogni anno dati dalla somma dell'annualità spettante dalla detrazione fiscale e dal risparmio che la E.S.Co. garantisce. I costi sostenuti e i relativi flussi di cassa generati sono da considerarsi IVA inclusa, nella misura ordinaria del 22% per quanto riguarda

- l'installazione dei materiali per contabilizzazione e ripartizione del calore
- quota parte del canone associata alla produzione di energia non rinnovabile

mentre sono da considerarsi IVA inclusa nella misura del 10% per quanto riguarda la componente di energia rinnovabile ivi presente.

Per tutta la durata del contratto si ottiene:

- Dal 1° al 4° anno

- $Risparmio = 8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,1 = 884,8 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $I_a = 622,7 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

- Dal 5° al 7° anno

- $Risparmio = 8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,12 = 1061,85 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $I_a = 622,7 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

- Dall'8° al 10° anno

- $Risparmio = 8848 \frac{\text{€}}{\text{anno}} * 0,15 = 1321,7 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$
- $I_a = 622,7 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

Di seguito il riepilogo con il bilancio attualizzato. Si è scelto a livello aziendale un tasso di attualizzazione reale pari al 4%

Anni	Annualità [€]	Annualità attualizz. [€]	Bilancio semplice [€]	Bilancio attualizzato [€]	Sconto
0	-€ 9.589,20	-€ 9.589,20	-€ 9.589,20	-€ 9.589,20	
1	€ 1.508,17	€ 1.450,16	-€ 8.081,03	-€ 8.139,04	10%
2	€ 1.508,17	€ 1.394,39	-€ 6.572,86	-€ 6.744,65	
3	€ 1.508,17	€ 1.340,76	-€ 5.064,69	-€ 5.403,89	
4	€ 1.508,17	€ 1.289,19	-€ 3.556,52	-€ 4.114,70	
5	€ 1.685,00	€ 1.384,95	-€ 1.871,52	-€ 2.729,75	
6	€ 1.685,00	€ 1.331,68	€ 186,52	€ 1.398,07	12%
7	€ 1.685,00	€ 1.280,46	€ 1.498,48	€ 117,61	
8	€ 1.950,61	€ 1.425,29	€ 3.449,09	€ 1.307,68	15%
9	€ 1.950,61	€ 1.370,47	€ 5.399,70	€ 2.678,15	
10	€ 1.950,61	€ 1.317,76	€ 7.350,31	€ 3.995,91	

Tabella 27: Prospetto economico dello scenario Robur con Coibentazione – flusso di cassa Condominio

7.3.5 Osservazioni finali

Questa soluzione presenta un buon tempo di ritorno economico per la E.S.Co. avendo un Payback composto di poco superiore ai 5 anni e un VAN a 10 anni di quasi 10.000€.

Per il condominio il tempo di ritorno composto risulta essere leggermente più lungo anche se assolutamente accettabile, prossimo a 7 anni. Rispetto al caso precedente l'esborso risulta decisamente meno oneroso anche se il livello di comfort all'interno delle unità abitative non è paragonabile a quanto raggiungibile con l'intervento precedente, specialmente durante la stagione estiva.

L'efficiamento energetico che ne consegue è notevole: infatti i consumi di metano passano da quasi 100.000 kWh/annui a poco più di 45.000 kWh/annui permettendo ai condòmini un risparmio di oltre il 50%, interamente a loro trasferito al termine del contratto EPC.

8. Pompa di calore a gas: una macchina poco conosciuta

A seguito della scelta di restringere la presente trattazione a questi soli due interventi, tralasciando aggiornamenti impiantistici più tradizionali con caldaie a metano, risulta necessario precisare come mai si sia optato per confrontare pompe di calore a gas e pompe di calore elettrica a compressione di vapore.

Queste soluzioni infatti oltre ad essere significativamente più costose delle caldaie hanno delle efficienze che dipendono marcatamente dalla temperatura di erogazione del calore, anche se permettono di raggiungere una quota di copertura di energia da fonte rinnovabile prossima al 50% sul totale per quanto riguarda una macchina elettrica e del 30% circa relativamente ad una GAHP. Per rispondere al quesito occorre analizzare i costi di gestione di entrambe le macchine, in funzione della temperatura di mandata dell'acqua.

Nel grafico seguente si confrontano i costi di gestione di una caldaia a condensazione, della pompa di calore a compressione di vapore e della pompa di calore a gas metano adoperate nei due scenari di efficientamento energetico precedentemente descritti.

In ordinata è presente il costo unitario della energia termica erogata dalle macchine, calcolato secondo queste ipotesi:

- Costo del metano 0,80 €/Sm³;
- Costo della energia elettrica 0,20 €/kWh.
- Prestazioni delle macchine come dichiarate dal produttore

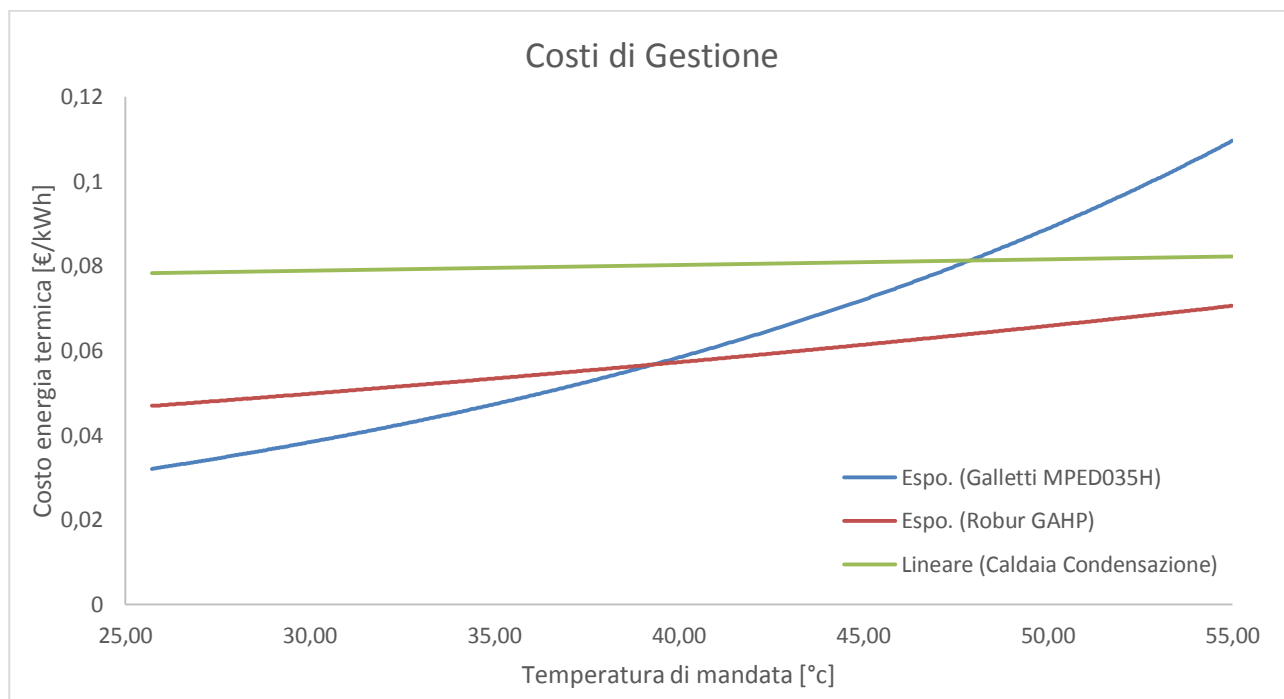


Figura 51: Confronto prestazionale delle macchine in funzione della temperatura di mandata

In figura 51 si vede come nel caso di temperature di mandata particolarmente elevate le prestazioni delle tradizionali pompe di calore decadano significativamente, mentre la GAHP-A abbia un decadimento di resa molto più contenuto, risultando la macchina con i costi di esercizio annuali più bassi.

La situazione si capovolge completamente nel caso di utilizzo in nuove costruzioni nelle quali l'involucro sia ben coibentato: la possibilità di impostare una temperatura di mandata dell'acqua sufficientemente bassa (anche di 30 – 35 °c nel caso di impianto a tutta aria o a pavimento) permette alla pompa di calore elettrica rese elevatissime, con incrementi prestazionali nettamente superiori alle pompe di calore ad assorbimento.

Nell'intervento che verrà fatto presso il condominio, ad esclusione della coibentazione prevista nel sottotetto non si andrà ad agire sull'involucro edilizio, ma solo sulla componente impiantistica. Ciò comporta che la temperatura alla quale erogare l'acqua nella rete di distribuzione dovrà essere adeguatamente alta per compensare le notevoli dispersioni che inevitabilmente comporta una muratura non isolata. Quindi la scelta di utilizzare la Robur®

GAHP appare congrua, poiché i costi di gestione risultano sempre inferiori rispetto alla adozione di una caldaia a condensazione, equivalendosi solamente a temperature prossime agli 80°C.

9. Perché un contratto E.P.C.

A valle della presente trattazione risulta doveroso spiegare come mai si sia scelto di utilizzare la forma contrattuale E.P.C.: questo tipo di contratto oltre ad essere estremamente innovativo essendo disciplinato dalla normativa solo dal 2014 risulta ancora poco chiaro e comprensibile ai clienti finali, siano essi soggetti privati o Pubblica Amministrazione.

Infatti se da un lato risulta chiara la necessità di cedere il risparmio energetico per poter permettere alla E.S.Co. di remunerare il capitale investito, dall'altro lato la applicazione di tutta una serie di fattori di normalizzazione di tipo tariffario e climatico al canone lascia alquanto perplessa una vastissima platea di potenziali clienti.

Prima dell'avvento del contratto di prestazione energetica le E.S.Co. operavano esclusivamente con i contratti di Servizio energia. Tale forma contrattuale essendo applicata ormai da decenni presso strutture condominiali ed edifici pubblici quali scuole, ospedali e case di riposo è estremamente semplice da comprendere: la società proponente si interpone tra il cliente e la centrale termica assumendone gli oneri di gestione e manutenzione, fatturando al cliente l'energia termica prodotta proporzionalmente ai suoi bisogni. L'unico vincolo imposto da contratto è il suo costo unitario.

Essendo la fatturazione proporzionale appunto ad una tariffa inclusiva di costi di conduzione degli impianti è facilmente comprensibile come tale contratto permette alla E.S.Co. proponente di realizzare profitti al crescere dei consumi termici. Pertanto ad una immediata comprensione e struttura contrattuale da parte del cliente si contrappone l'obolo di poter subire senza minimamente rendersene conto conduzioni degli impianti alquanto discutibili, poiché non è garantito alcun risparmio rispetto a dei target vincolanti.

Rispetto al Servizio Energia, l'E.P.C. cambia completamente il servizio oggetto di contratto: si passa infatti dal vendere energia termica sotto forma di kWh al vendere risparmio energetico sulla base di una garanzia di risultato. Poiché il risparmio derivante da un retrofit di un edificio è determinato da molteplici fattori, è imperativo dover andare a ricostruire anno per anno come evolverebbe la fattura energetica in assenza di tale intervento, andando di volta in volta a considerare volumetrie riscaldate, temperatura interne ed esterne e aspetti tariffari.

Una ulteriore complicazione da fronteggiare che sostanzialmente rappresenta il vero rischio di impresa per la E.S.Co. riguarda la corretta conduzione dei calcoli. La bancabilità dell'investimento può essere seriamente compromessa a seguito di errori in fase di modellazione nel caso si vada a sovrastimare i benefici di un nuovo impianto piuttosto che di un materiale isolante, aspetto assolutamente rilevante quando le ipotesi da fare iniziano ad essere notevoli in fase di confronto tra fatture e software.

Un ultimo aspetto riguarda la gestione dei flussi di cassa per la E.S.Co.: ammesso e non concesso

che si riesca ad eseguire i precedenti punti in modo corretto, le variabili climatiche ed occupazionali possono essere un boomerang se non adeguatamente preventivate. Annate particolarmente calde come la stagione 2013/2014 se unite ad un calo delle tariffe energetiche deciso dalla Autorità possono ridurre notevolmente gli introiti dell'investimento e pertanto occorre considerare l'elevata volatilità degli introiti nel caso si opti per un finanziamento tramite un istituto di credito o fondo d'investimento terzo^[29].

Pesando adeguatamente benefici e le criticità, si conclude affermando che la applicazione di un contratto E.P.C. deve essere considerata con una dovuta cautela a differenza di un tradizionale appalto calore. Infatti nonostante i potenziali benefici sia per l'ambiente che per il soggetto proponente sono di tutto rilievo ci si va a scontrare con una metodologia di calcolo che può essere seriamente controproducente nel caso di simulazioni errate. Oltre a ciò ci si confronta spesso con una platea di potenziali clienti da dover informare adeguatamente.

Una volta superati questi ostacoli, la vastità del campo applicativo di questa nuova formula contrattuale è notevole, meritevole di poter rivoluzionare le attuali modalità applicative degli interventi di retrofit energetico in edilizia tanto desiderati da cittadini e istituzioni.

10. Bibliografia e Sitografia

- [1] International Energy Agency: World Energy Outlook 2013, Redrawing the Energy-Climate Map: World Energy Outlook Special Report 2013, Tracking Clean Energy Progress 2013, Energy Efficiency Market Report 2013,
- [2] Enerdata, <http://www.europarl.europa.eu/>,
- [3] IPCC Fifth assessment report of Climate Change 2013,
- [4] EU Energy Roadmap 2050, <http://www.roadmap2050.eu/>,
- [5] Pacchetto “Unione dell’Energia” Commissione Europea 25 febbraio 2015
- [6] Deep Renovation of buildings, Ecofys 2014,
- [7] Qualenergia.it, <http://www.qualenergia.it/articoli/20150505-la-prossima-rivoluzione-energetica-in-edilizia>,
- [8] <http://www.bottegaenergia.com/riqualificazioni-energetiche.html>,
- [9] Gazzetta ufficiale europea, <http://eur-lex.europa.eu/>,
- [10] Gazzetta ufficiale italiana, <http://www.gazzettaufficiale.it/>,
- [11] <http://www.ingenio-web.it/>,
- [12] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=URISERV:l28060&from=IT>
- [13] Il Sole 24 ore, norme e tributi del 5 marzo 2013, <http://www.ilsole24ore.com/art/norme-e-tributi/2013-03-05/addio-autocertificazione-classe-certificazione-190705.shtml?uuid=AbNk5vaH>
- [14] <http://www.e-mep.it/blog/2015/10/05/efficienza-energetica-dal-1-ottobre-2015-il-nuovo-ape/>
- [15] Ilaria Bertini & Silvia Morelli “E.S.Co. come strumento per la diffusione della efficienza energetica, ENEA 2015,
- [16] Pierluigi Piselli, “Il contratto di rendimento energetico”, edito UTET Scienze Tecniche, 2011,
- [17] Stefania Falcioni, Corso “Certificatore energetico in edilizia”, Bologna 2 dicembre 2014
- [18] UNI TS 11300 parte 1: 2014,
UNI TS 11300 parte 2: 2014,
UNI TS 11300 parte 3: 2010,
UNI TS 11300 parte 4: 2016,
UNI TS 11300 parte 5: 2016,
UNI TS 11300 parte 6: 2016,
UNI EN 15193: 2008,
Appendice A UNI EN ISO 6946,
UNI 10349 parti 1-2-3: 2016,
- [19] <http://www.progetto2000web.it/articoli/contabilizzazione/la-contabilizzazione-conforme-alla-norma-uni-en-834-risponde-ai-requisiti-della-direttiva-201227ue/>
- [20] Progetto PadovaFiT, <http://www.padovafit.it/il-consorzio/lo-schema-di-progetto/>
- [21] Circolare n° 94/E del 10 maggio 2007 della Agenzia delle Entrate
- [22] Galletti SpA, <http://www.galletti.com/>
- [23] AEEG, <http://www.autorita.energia.it/allegati/docs/15/293-15.pdf>.

- [24] Guida detrazioni fiscali Agenzia delle Entrate, marzo 2016:
http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/file/Nsilib/Nsi/Agenzia/Agenzia+comunica/Prodotti+editoriali/Guide+Fiscali/Agenzia+informa/pdf+guide+agenzia+informa/Guida_Agevolazioni_Risparmio_energetico.pdf,
- [25] Robur GAHP-A Indoor,
http://www.robur.it/pompe_di_calore/pompa_di_calore_ad_assorbimento_a_gas_e_energia_rinnovabile_aerotermica_gahp_a,
- [26] Catalogo PDA Energy - Perry Electric,
<http://www.pdaenergy.it/assets/capdae2016it00.pdf>,
- [27] GSE, Schede tecniche per la richiesta di certificati Bianchi:
<http://www.gse.it/it/CertificatiBianchi/Modalit%C3%A0%20di%20realizzazione%20dei%20progetti/Schede%20tecniche/Pagine/default.aspx>,
- [28] Decreto legislativo 3 marzo 2011, n°28,
http://www.gse.it/it/Statistiche/Simeri/AreaDocumentale/Documenti%20Normativa/Dlgs_3marzo2011_FER_2020_in_GU.pdf,
- [29] Aspetti normativi del contratto EPC e dei suoi elementi di garanzia per la Pubblica Amministrazione, ENEA 2013.