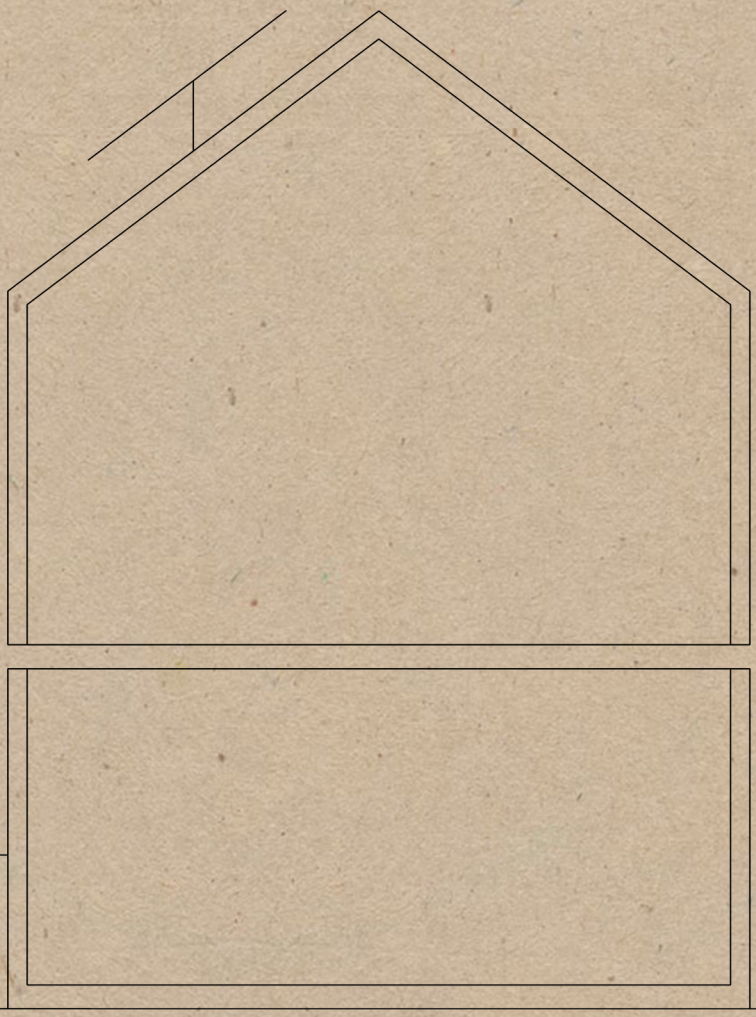
POLITECNICO DI TORINO
Facoltà di Architettura
Corso di Laurea Magistrale in Architettura
per il Progetto Sostenibile
A.A. 2018/2019

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

Dall'analisi delle costruzioni nZEB all'individuazione di linee guida per il futuro sviluppo delle strategie di transizione energetica a scala urbana



Relatrice:
Guglielmina Mutani

Candidata:
Francesca Pisanello

POLITECNICO DI TORINO
Facoltà di Architettura
Corso di Laurea Magistrale
in Architettura per il
Progetto Sostenibile
A.A. 2018/2019

Dall'analisi delle costruzioni nZEB all'individuazione di linee guida per il futuro sviluppo delle strategie di transizione energetica a scala urbana

Relatrice:
Guglielmina Mutani

Candidata:
Francesca Pisanello

Indice

Abstract 1

Ringraziamenti 3

Introduzione 5

Literature review 10

1 **Quadro delle strategie energetico-ambientali in Europa** 25

1.1 Le direttive europee: la Direttiva 2002/91/CE 28

1.2 Le direttive europee: la Direttiva 2010/31/CE 29

1.3 Le direttive europee: la Direttiva 2012/27/CE 31

1.4 Recepimento da parte degli Stati Membri 32

2 **Evoluzione della norma italiana in termini di efficienza energetica e utilizzo di fonti rinnovabili** 34

2.1 Quadro evolutivo in materia di efficienza energetica 35

2.2 Quadro evolutivo in materia di utilizzo delle fonti rinnovabili 37

3 **Cos'è un edificio nZEB** 39

3.1 Implicazioni economiche nella costruzione di un nZEB 42

3.2 Gli nZEB in Italia: Strumenti e prospettive 44

3.3 L'edificio di riferimento 46

4 **Valutazione delle prestazioni energetico-ambientali di un manufatto edilizio** 53

4.1 Valutazione delle prestazioni energetiche 53

4.2 Valutazione delle prestazioni ambientali 54

4.3 Standard internazionali di certificazione energetica 55

4.4 La certificazione energetica come strumento a sup porto della definizione di nuovi modelli energetici 61

5 **Regione Piemonte: "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici ad energia quasi zero"** 63

5.1 Il ruolo di Finpiemonte e la gestione del bando 64

5.2 Requisiti minimi per la realizzazione di edifici ad energia quasi zero 67

6 **Guida alla lettura dei dati di monitoraggio** 70

7 **Processo di rielaborazione dei dati e verifica dei requisiti** 73

7.1 Verifica del requisito relativo al fabbisogno termico invernale 73

7.2 Metodo dei rendimenti 74

7.3 Il coefficiente di rendimento C.O.P. 77

7.4 Verifica del requisito relativo alla copertura energetica da fonti rinnovabili 83

7.5 Elaborazione della firma energetica di un edificio 88

8

Catalogazione edifici nZEB: dati progettuali

91

8.1 Caso studio 1: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 94

8.2 Caso studio 2: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 98

8.3 Caso studio 3: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 102

8.4 Caso studio 4: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 106

8.5 Caso studio 5: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 110

8.6 Caso studio 6: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 114

8.7 Caso studio 7: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 118

8.8 Caso studio 8: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 122

8.9 Caso studio 9: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 126

8.10 Caso studio 10: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 130

8.11 Caso studio 11: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 134

8.12 Caso studio 12: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 138

8.13 Caso studio 13: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 142

8.14 Caso studio 14: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 146

8.15 Caso studio 15: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 150

8.16 Caso studio 16: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 154

8.17 Caso studio 17: dati anagrafici, dati generali, quadro economico, dati impiantistici, verifiche d'ammissibilità al bando 158

9

Analisi dei dati di monitoraggio

163

9.1 Analisi del fabbisogno termico invernale 168

9.2 Analisi dei valori di C.O.P. 172

9.3 Analisi della produzione di energia primaria da fonti rinnovabili 185

9.4 Analisi dei valori di trasmittanza termica 188

9.5 Allegati: calcolo del C.O.P., del QH,nd e della copertura energetica da fonti rinnovabili 190

10

Conclusioni

274

10.1 La procedura di monitoraggio: vantaggi e criticità per la definizione di linee guida future 275

10.2 Scelta del sistema impiantistico: quali le alternative possibili? 277

10.3 Implicazioni del costruire con materiali sintetici, quali soluzioni adottare in futuro 286

10.4 La transizione energetica: confronto fra edifici isolati ed edifici condominiali 300

10.5 Applicazione di metodologie di analisi preliminare del territorio nell'ambito delle strategie di incentivazione energetica 303

10.6 La valutazione della dimensione socio-demografica, socio-economica e culturale e della qualità della vita 305

10.7 La dimensione geografica e infrastrutturale 306

10.8 Applicazione di strumenti di certificazione della sostenibilità a scala urbana: GBC Quartieri 307

10.9 Considerazioni finali 311

Riferimenti bibliografici 314

Abstract

Il lavoro di questa tesi è stato svolto con l'intento di indagare le modalità con cui oggi si stanno attuando le strategie di transizione energetica nel settore edilizio. Nello specifico vengono esaminati i profili di consumo di diciassette abitazioni di nuova costruzione, progettate come edifici nZEB e finanziate dal bando indetto da regione Piemonte "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero". L'analisi di tali edifici distribuiti su tutto il territorio piemontese ha consentito la verifica dei requisiti richiesti per il finanziamento, nonché del fabbisogno termico invernale e della produzione di energia da fonti rinnovabili. Le elaborazioni condotte hanno evidenziato vantaggi e criticità di questi interventi, delineando uno scenario di partenza per le future campagne di incentivazione.

I risultati scaturiti dalla rielaborazione dei dati di monitoraggio hanno consentito di intercettare possibili soluzioni future, sia in termini impiantistici che in relazione alle caratteristiche d'involucro da ricercare. Queste sono, dunque, le basi per la predisposizione di alcune linee guida utili alle future strategie di pianificazione energetica; vengono coinvolti non solo gli aspetti strettamente legati alla progettazione del sistema edificio-impianto, ma anche i possibili contributi dati dall'analisi del territorio, dall'adozione di strumenti di valutazione a scala urbana e dall'attuazione di politiche che prevedano l'inclusione dei cittadini nelle scelte di progetto. Lo studio condotto sulle singole villette nZEB ha, inoltre, posto in primo piano una questione fondamentale: il confronto con il panorama costruito nazionale. E' chiaro, infatti che si operi in un ambito urbano fortemente connotato da edifici ad alta densità insediativa, primi fra tutti gli edifici condominiali. In ragione di ciò, dunque, è necessario veicolare le strategie di efficienza energetica dove più alti sono i consumi energetici e le emissioni nocive, dove ancora è attualmente più difficile focalizzare le scelte più proficue. La transizione energetica deve profilarsi come un processo di complementarietà ed integrazione degli interventi, fra preesistenza e nuovo costruito, in una prospettiva di sviluppo sostenibile.

Ringraziamenti

Questo lavoro di tesi rappresenta il punto conclusivo di un percorso universitario, per me, intenso, a tratti faticoso ma senz'altro ricco di soddisfazioni.

E' dunque con queste poche righe che vorrei esprimere la mia gratitudine per chi ha creduto nelle mie capacità, nella mia volontà e nelle mie aspirazioni.

Ringrazio la mia relatrice Professoressa Guglielmina Mutani, per avermi aiutato affinché questa tesi prendesse forma giorno dopo giorno.

Il mio grazie va poi anche a tutti coloro che in un modo o nell'altro hanno vissuto con me la vita universitaria, con cui ho condiviso gioie, entusiasmo e momenti di frustrazione e stanchezza.

A coloro che mi hanno supportato e spronato a fare sempre meglio e a Chi, soprattutto, mi ha aiutato a non smettere mai di credere in me stessa.

Alla mia famiglia, a cui devo ogni cosa.

Ai miei genitori, per la pazienza, il sostegno, i consigli, gli sforzi, la loro fiducia in me e il loro amore ... Sinceramente grazie.

Introduzione

Il panorama energetico mondiale ha vissuto un importante cambiamento, in particolare negli ultimi vent'anni. Ciò dipende principalmente dalla stretta relazione fra la crescente domanda in termini d'energia e il conseguente aumento del costo dei combustibili fossili, dovuto allo scarso reperimento di quest'ultimi.

La produzione di energia da fonti non rinnovabili porta con se gravi conseguenze sulle condizioni climatiche e sull'ambiente stesso; l'emissione di agenti inquinati e di gas serra (GHG-Green House Gas) è infatti la causa principale del surriscaldamento globale e delle condizioni critiche ambientali di cui possiamo osservarne i primi sintomi di squilibrio, dettati dai continui cambiamenti climatici.

Quest'ultime sono le motivazioni principali per cui oggi giorno, si sta gradualmente facendo largo l'idea di investire nei processi di conservazione dell'energia, abbandonando pian piano l'utilizzo dei combustibili fossili a vantaggio dell'applicazione di fonti rinnovabili.

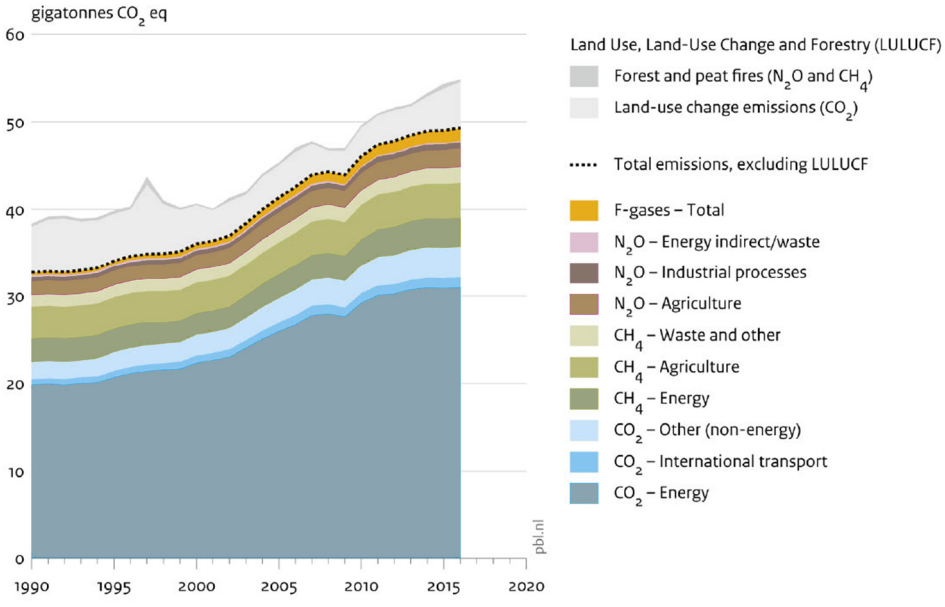
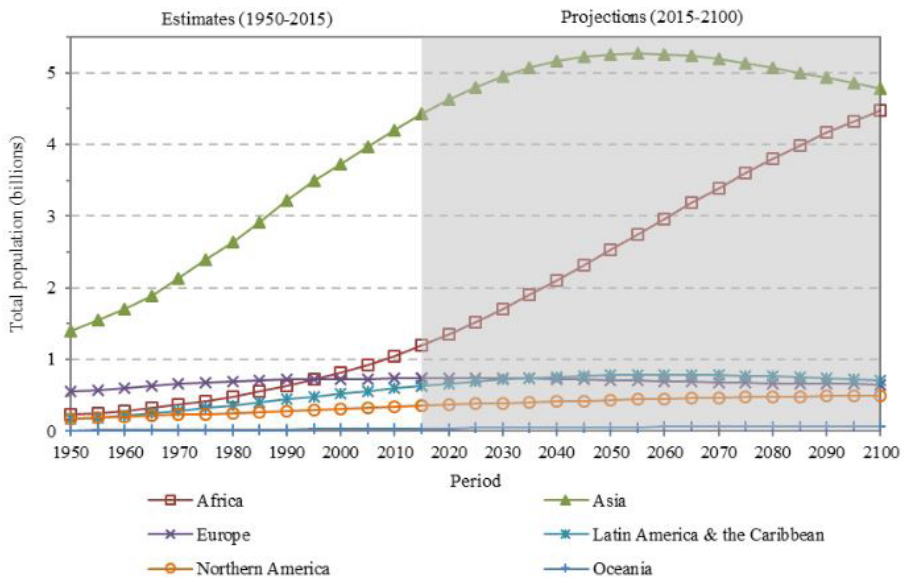


Figura 1
Emissioni globali di gas a effetto serra, per tipo di gas e fonte.
Fonte: https://www.pbl.nl/en/info-graphic/global-greenhouse-gas-emissions.

Inoltre, sebbene il fabbisogno energetico globale cresca più a rilento rispetto al passato, è necessario prendere coscienza che ad ogni modo questo continuerà ad aumentare di circa il 30%, in una previsione stimata fino al 2040.

Tale crescita è sicuramente attribuibile allo sviluppo di grandi Paesi come ad esempio l'India, il cui impatto a scala globale, in termini di approvigionamento energetico aumenterà dell'11% nei prossimi anni. Complessivamente, possiamo dedurre che saranno proprio i Paesi oggi in via di sviluppo a incidere sulla crescita energetica globale. Queste dinamiche in campo energetico vanno chiaramente di pari passo a quelle che sono le previsioni di espansione globale in termini economici; tale espansione crescerà ad un tasso medio del 3,4 % all'anno, così come sarà riscontrabile un aumento della popolazione da 7,4 miliardi ad oltre 9 miliardi previsti nel 2040.



2

Figura 2
Popolazione per continente: l'andamento nell'intervallo 1950-2015 e le proiezioni per l'intervallo 2015-2100.
Fonte: "World Population Prospects. The 2017 Revision".

Ciò rappresenta da un lato, senz'altro, un occasione di crescita economica e progresso, (azione per altro necessaria per rendere maggiormente competitivi tali Paesi) dall'altro, un ulteriore elemento di

criticità che si aggiunge all'ormai confermata problematica ambientale. Di conseguenza anche le nuove politiche si stanno, pian piano, adeguando al crescente fabbisogno energetico, al fine di individuare delle strategie in grado di fronteggiare e regolare la domanda d'energia e veicolare le diverse scelte finanziarie verso soluzioni di efficientamento energetico.

E' evidente che ad esempio il settore edilizio assorbe una grande porzione dell'energia totale a scala globale, ed è per questo che parte delle politiche sull'efficienza energetica hanno lo scopo di ridurre l'impiego di energia termica o elettrica in ambito edilizio.

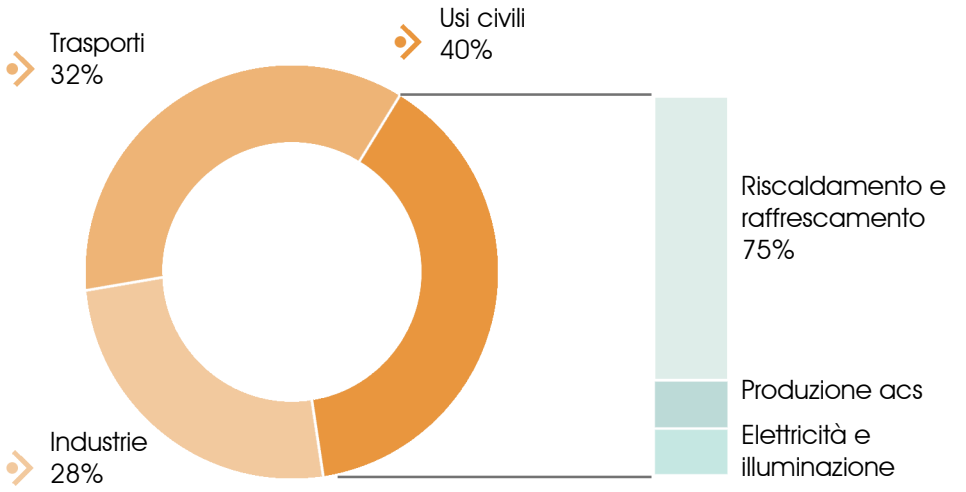


Figura 3
Incidenza del settore edile in Europa.
Fonte: EURIMA, ECOFIS-study "Mitigation of CO_2 Emissions from the Building Stock".

3

A partire da questo presupposto gli stati membri dell'Unione Europea stanno intraprendendo delle azioni di rivalutazione delle politiche già in atto ed anche di applicazione di nuovi strumenti normativi e metodologie in grado di affiancare la progettazione con una particolare attenzione alla componente energetica dell'edificio. E' per questa ragione che si mira ad ottenere un processo edilizio caratterizzato dall'applicazione dei requisiti di legge e dalla concreta possibilità di ottenere prestazioni ottimali in termini di efficienza energetica e

comfort abitativo.

Negli ultimi anni, infatti, è cresciuta sempre più la consapevolezza che il concetto di sostenibilità nell'ambito dell'edilizia sia un concetto fondamentale su cui si sviluppa una visione d'insieme nel campo progettuale ed esecutivo, in cui involucro e impianto sono parte di un vero e proprio sistema.

Applicare il concetto di sostenibilità nel campo dell'edilizia moderna vuol dire in qualche modo veicolare ed agire sulle modalità d'impatto ambientale che il tessuto costruito comporta.

Alla base di questa presa di coscienza, fondata sulla volontà di un autentico cambiamento nell'approccio alla progettazione, vi è sicuramente l'analisi dell'evoluzione dell'edilizia nell'ultimo secolo, caratterizzata da una propensione a costruire in modo intensivo, spesso passando dall'adozione di varie tipologie costruttive.

Quello che sembrerebbe un normale susseguirsi delle pratiche progettuali ci ha restituito la possibilità di vedere, oltre ai risultati di tale evoluzione, chiaramente individuabili nell'architettura moderna, anche quelle che poi sono emerse come problematiche energetiche di cui la gran parte di questi edifici è affetta.

Prima della crisi energetica degli anni Settanta, infatti, la progettazione architettonica prescindeva da quella impiantistica e gli aspetti energetici in campo architettonico venivano molto spesso sottovalutati o ignorati dal progettista, delineando una vera e propria mancanza di consapevolezza nel design dell'edificio dal punto di vista energetico.

Nacque, dunque, il bisogno di accrescere tale consapevolezza; il primo passo venne fatto dalla Comunità Economica Europea che evidenziò la presenza di un diffuso problema energetico in edilizia, il cosiddetto "*problema dell'energy building conscious design*".

Fu proprio quest'esigenza di una progettazione consapevole a porre le basi verso quelle che oggi sono le strategie volte a contenere i

consumi energetici e costruire un nuovo territorio "passivhouse".
Con l'introduzione della Direttiva EPBD (Energy Performance Building Direcitve) nel 2002, gli stati membri dell'Unione Europea hanno intrapreso delle operazioni di riduzione delle emissioni inquinanti in continuità con quanto stabilito in precedenza in occasione della definizione del Protocollo di Kyoto (si prevedeva la riduzione delle emissioni dei gas serra per i 38 paesi d'Europa). In seguito, con l'introduzione della Direttiva RES del 2009 (Renowable Energy Sources) gli stati membri si impegnavano a ridurre ulteriormente le emissioni inquinanti del 20% e allo stesso tempo incrementare l'utilizzo di fonti rinnovabili.
A partire da questa prima serie di direttive si sono poi sviluppate le varie leggi e normative in ambito nazionale che hanno sostanzialmente rivalutato il concetto di progettazione. Oggi, infatti è indispensabile procedere alla progettazione in maniera complementare con le operazioni di valutazione delle prestazioni energertiche dell'involucro, in modo da stabilire il livello di efficienza del sistema edificio-impianto. Quello che si è cercato di realizzare e che tutt'ora si prova a migliorare attraverso nuove pratiche e strategie edilizie, è una sinergia fra il progetto della forma architettonica e quello della componente impiantistica, in una visione di sostenibilità ambientale.
In queste dinamiche trova spazio, inoltre, la progettazione ecocompatibile, in grado di valutare l'intero ciclo vita degli elementi costruttivi al fine di garantire l'approvvigionamento delle future genererazioni.
Dunque, pare evidente che la componente edilizia abbia un ruolo fondamentale all'interno delle strategie ambientali e che come tale si debba inserire in quello che è definito come un processo dinamico di sviluppo sostenibile: *"lo sviluppo sostenibile comporta limiti, ma non assoluti, imposti dall'attuale tecnologia e dell'organizzazione sociale alle risorse e dalla capacità della biosfera di assorbire gli effetti delle attività umane. Queste però possono essere migliorate allo scopo di inaugurare una nuova era di crescita economica".*[1]

[1] Rapporto Brundtland: "*Our common Future*" del 1987.

Literature review

Ogni ambiente costruito nell'ambito del settore residenziale è un ambiente che prevede di essere occupato dall'utenza, questo implica una certa variabilità nell'utilizzo degli spazi dovuta alle differenti condizioni ambientali, ai diversi stili di vita e alle attività svolte dall'utenza stessa all'interno di un preciso ambiente.

Ecco perché in fase progettuale diventa importante riuscire a raggiungere un determinato comfort interno e dunque l'edificio deve poter garantire ottime prestazioni in termini d'involucro e d'impianto.

Una residenza è il luogo in cui tendenzialmente si trascorre gran parte della vita e di conseguenza il luogo in cui si concentrano una varietà di attività, modalità d'utilizzo degli spazi e soprattutto consumi energetici. I testi analizzati nella fase di ricerca preliminare all'elaborazione di questa tesi si sono dunque concentrati su quegli studi che attraverso l'esamina di esempi pratici, reali o ipotetici mettevano in luce quelli che possono essere le prestazioni energetiche complessive nel campo residenziale, al fine di valutare ed individuare in che modo tali consumi siano effettivamente influenzati dal carattere d'utilizzo dell'edificio e da quei flussi di tipo termico che scaturiscono dai consumi elettrici di un'abitazione.

Sono molteplici i parametri coinvolti all'interno di questo tipo di analisi e particolare attenzione è data al loro livello di variabilità e a come essa incida sulla prestazione globale e sulla classificazione energetica dell'edificio.

Trasmittanza termica dell'involucro, carichi elettrici, illuminazione, efficienza impiantistica sono fra i criteri rilevanti negli studi condotti. Inoltre, è proprio fra questi che vanno individuati i fattori di maggior incidenza, al fine di comprendere in che modo e dove focalizzare gli interventi per ottenere la massima resa energetica e di conseguenza il maggior beneficio dell'utenza. Gli articoli sotto citati hanno permesso la creazione di un quadro informativo di partenza per questo lavoro di tesi, in particolare nell'individuazione di metodologie di calcolo dei consumi energetici nel campo dell'edilizia residenziale. Sebbene, gli studi interessano contesti urbani differenti, caratterizzati quindi da variabili climatiche e territoriali diverse, è individuabile una matrice comune, ovvero la volontà di delineare dei profili energetici in grado di far emergere le componenti di maggior consumo.

Studi come quello condotto da Peter Wyatt ed esplicitati nell'articolo *"A dwelling-level investigation into the physical*

and socio-economic drivers of domestic energy consumption in England" mettono in luce l'importanza del comportamento dell'utenza e la variabilità dei consumi energetici proprio in funzione di questo.

In altri articoli ad esempio nell'articolo *"Modeling urban building energy use: a review of modeling approaches and procedures"* la questione si concentra sull'individuazione di metodologie o approcci di tipo tecnico col quale definire gli usi energetici degli edifici. L'obiettivo è quello di monitorare i risultati nell'ambito dell'efficienza energetica al fine di sviluppare e valutare programmi e strategie a scala territoriale oltre che ad informare il consumatore di quelle che sono le opportunità di risparmio energetico oggi presenti. Per i fornitori di energia, questo consente d'identificare quali usi energetici sono in crescita e perché.

Integrare gli audit energetici e modellare il consumo finale con dati reali è perciò un'operazione fondamentale nella definizione dell'impatto delle misure di efficienza energetica sul consumo totale di energia.

Appare perciò fondamentale riuscire a sviluppare delle metodologie che più si adattano alle varie casistiche, col quale stimare quelli che sono i fabbisogni energetici degli edifici residenziali.

Attraverso un approccio di tipo tecnico e scientifico, quindi per mezzo dell'utilizzo di procedure standard come quelle preposte da normativa o ancora con l'applicazione di metodologie di raccolta e confronto dei dati di consumo è possibile prevedere la spesa economica dell'utenza, la convenienza di eventuali progetti migliorativi sull'involucro e tanto più sul sistema impiantistico.

Tali operazioni che partono dunque da uno studio sistematico di dati derivanti da operazioni di monitoraggio, associati a dati di tipo statistico, consentono di determinare degli scenari d'intervento alla scala architettonica ma anche a quella territoriale andando ad agire su quei fattori capaci di veicolare in maniera oculata gli incentivi preposti ed ottenere delle risposte in termini di efficientamento energetico quanto mai vantaggiose.

Literature review

"Yixuan Weia, Xingxing Zhangb, Yong Shia, Liang Xiaa, Song Panc, Jinshun Wud, Mengjie Hanb, Xiaoyun Zhaob"	A review of data-driven approaches for prediction and classification of building energy consumption	2017	Cina	Architettonica
Peter Wyatt	A dwelling-level investigation into the physical and socio-economic drivers of domestic energy consumption in England	2012	Inghilterra	Nazionale
Dominik Wiedenhofer, ManfredLenzen, JuliaK. Steinberger	Energy requirements of consumption: Urban form,climati and socio-economic factors,rebounds and their policy implications	2017	Canada	Nazionale
Tian Sheng Allan Loi, Jia Le Ng	Analysing households responsiveness towards socio-economic determinants of residential electricity consumption in Singapore	2017	Singapore	Urbana
David Hsu	Identifying key variables and interactions in statistical models of building energy consumption using regularization	2014	Stati Uniti	Urbana
Wenliang Li a, Yuyu Zhou a, Kristen Cetin, Jiyong Eom, Yu Wang, Gang Chen, Xuesong Zhan	Modeling urban building energy use: A review of modeling approaches and procedures	2017	Stati Uniti	Regionale

Esamina dei diversi approcci di analisi energetica dell'edificio. Applicazione di metodi predittivi dei consumi	Consumi energetici, ciclo vita degli edifici e ruolo delle parti coinvolte nel processo di riqualificazione energetica	Genetic Algorithm GA, regressioni statistiche	Acquisizione dei dati di tipo predittivo sui consumi energetici attraverso "Data driven approaches" per analisi sistematiche sul funzionamto degli edifici
Sviluppo di un quadro dei dati di efficienza energetica della nazione riguardo il settore edilizio	Consumi energetici, caratteristiche socio-economiche, strategie utilizzate a scala nazionale	Integrazione di dati di consumo con dati statistici e altri parametri incidenti attraverso il prcesso di "data matching"	Differenziazione dei consumi energetici in funzione dei diversi profili d'uso
Stima dell'impatto climatico sui consumi energetici in Cina	Relazione fra consumi energetici e temperature diverse nelle varie stagioni	Modelli "Linear V-Shaped"	Incidenza della temperatura sui consumi nel settore residenziale utili per le future strategie di pianificazione
Quantificazione e valutazione dei flussi economici relativamente all'impiego di energia elettrica per diverse tipologie edilizie e zone geografiche	Tipologie edilizie, consumi energetici, tipologia e numero di abitanti	Analisi statistiche	Tentativo di definire il costo e le entrate rispetto alla domanda d'energia elettrica nel settore residenziale a Singapore in una previsione stimata a 10 anni
Regolarizzazione dei parametri coinvolti nell'analisi dei consumi energetici	Consumi elettrici, del gas ecc., profili d'uso delle risorse energetiche	Big data approaches, Key analysis issue	Definizione di una metodologia generale per la selezione delle variabili utili all'analisi del consumi energetici
Revisione e aggiornamento dei modelli energetici per l'analisi dei consumi degli edifici	Variabili socio-economiche, dati demografici, modalità di consumo energetico	Modelli top-down, bottom-up, applicazione di GIS	Dimostrazione dell'efficacia dei modelli top-down e bottom-up nella stima dei consumi energetici

AUTORE	TITOLO	ANNO	LUOGO	SCALA
F.Riva, H.Ahlborg, E.Hartvigsson, S.Pachauri, E.Colombo	Electricity access and rural development: Review of complex socio-economic dynamics and casual diagrams for more appropriate energy modelling	2017	Italia	Territoriale Sovra regionale
Simona De Lauretisa, Frédéric Ghersia, Jean Michel Caylab	Energy consumption and activity patterns: an analysis extended to total time and energy use for French housolds	2017	Francia	Territoriale Nazionale
Erik Porse, JoshuaDerenski, HannahGustafson, ZoeElizabeth, Stephanie Pincett	Structural, geographic, and social factors in urban building energy use: Analysis of aggregated account-level consumption data in a mega city	2012	Austria	Regionale
Sareh Naji a, Afram Keivani, Shahaboddin Shamshirband, U. Johnson Alengaram, Mohd Zamin Jumaat, Zulkefli Mansor, Malrey Lee	Estimating building energy consumption using extreme learning machine method	2015	Malesia	Architettonica

OGGETTO	FATTORI CONSIDERATI	PROGRAMMI/ANALISI	RISULTATI
Relazione fra elettrificazione e sviluppo delle comunità povere/rurali	Dinamiche fra elettricità e mercato produttivo locale	Casual-loop diagrams	Gli usi della rete elettrica sono molteplici e interconnessi fra loro da relazioni complesse e casuali
Individuazione delle tipologie di utilizzo dell'energia nel campo residenziale	Modelli comportamentali, tipologie di attività giornaliere dell'utenza utilizzi differenti dell'energia	Analisi sistematica dei dati	Identificazione di una relazione fra i diversi utilizzi dell'energia a diverse scale e con intensità differenti
Analisi diretta e indiretta dei requisiti relativi all'energia primaria nel contesto urbano/suburbano/rurale	Effetti socio-economici, dati demografici, fattori spaziali	Analisi degli input-output, data set dei consumi e dei relativi costi in 85 distretti abitati	I livelli energetici sono condizionati dagli effetti climatici, dalle caratteristiche dell'involucro, dal dall'utenza e dagli impianti di riscaldamento installati
Metodo di stima dei consumi energetici di un edificio con metodo ELM applicato agli spessori dei materiali isolanti	Proprietà dei materiali, spessore e potere isolante degli elementi	Energy Plus	Stima dei consumi energetici di un edificio

Literature review

L'attenzione sempre più ampia verso il tema della riduzione dei consumi energetici acquisisce un ruolo di primaria importanza dal momento che una grande responsabilità riguardo alle emissioni di CO_2 è rintracciabile nel settore edilizio. E' questa dunque la situazione di partenza da cui si sono intraprese le iniziative europee volte a diminuire di oltre il 40% i consumi energetici nel prossimo futuro; è per questo che tale obiettivo può essere realisticamente perseguibile attraverso l'introduzione di edifici ad energia quasi zero.

Il concetto di nZEB introdotto per la prima volta all'inizio degli anni 2000 si è via via strutturato nel corso degli anni e la sua rapida diffusione è dovuta alle modalità con cui è stato applicato alla realtà edilizia di tutto il mondo. Gli nZEB si pongono l'obiettivo di riuscire a connettere la componente energetica, quella ambientale ed economica in una visione di sostenibilità e compatibilità fra l'ambiente naturale e quello costruito.

Questa literature review raccoglie i contributi scientifici ricercati al fine di delineare in maniera preliminare quello che è lo scenario attuale in merito alle costruzioni ad energia quasi zero. In modo particolare, dai diversi studi sull'argomento emerge un'eterogeneità delle questioni affrontate che analizzano il tema da diversi punti di vista; molti testi presenti affrontano il tema ponendo particolare attenzione all'interpretazione delle normative vigenti, altri, invece, propongono una raccolta di esperienze già messe in atto sul territorio. L'attenzione è poi data alle modalità di simulazione energetica o ancora alle implicazioni economiche che derivano dal costruire nZEB ma anche ai risultati derivanti da studi condotti nell'ambito delle operazioni di monitoraggio durante la fase operativa degli edifici. Ad ogni modo, il ruolo degli nZEB è senz'altro l'elemento chiave riscontrabile in tutti gli ambiti di approfondimento sull'argomento; costruire ad energia quasi zero vuol dire mitigare le problematiche legate alle questioni ambientali.

Diversi sono gli studi che vedono la valutazione delle prestazioni di tali edifici e le potenziali soluzioni tecnologiche in grado di incrementare l'efficienza energetica degli stessi.

I criteri adottati per la selezione della documentazione di seguito esplicitata in tabella sono legati alla qualità delle ricerche condotte e al grado di completezza nello studio della materia. Si sono scelti gli approfondimenti che vedono una particolare attenzione allo studio del-

la localizzazione, delle proprietà termiche dell'involucro, delle prestazioni dei sistemi di generazione e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili per la produzione di energia.
Quest'approccio ha permesso di individuare particolari studi sui singoli edifici con caratteristiche fisiche, geometriche ed impiantistiche che hanno evidenziato in che modo queste caratterizzino gli edifici nZEB e come siano in grado di influenzare le scelte costruttive.
In funzione dell'elaborazione del lavoro di tesi che segue, lo studio della documentazione si è focalizzata su interventi e analisi nell'ambito residenziale; per cui sono state ricercate le condizioni di comfort termico nelle abitazioni nZEB, valutate sulla base di studi che hanno effettuato delle simulazioni dinamiche con scenari differenti, da cui ne scaturiscono alcune raccomandazioni: è necessario aumentare la massa termica delle pareti esterne, regolare ed incrementare la ventilazione naturale nel periodo estivo, incorporare dispositivi di schermatura solare e così via, al fine di migliorare le condizioni di comfort termico delle costruzioni a basso consumo energetico.
Questi studi mettono in luce l'effetto di vari parametri sul fabbisogno energetico dell'edificio e come a seconda della zona climatica in cui si opera esistono opportune combinazioni di parametri capaci di raggiungere alti livelli di efficienza energetica, implicando perciò un notevole risparmio energetico che in alcuni dei casi esaminati è addirittura pari al 30%. Contestualmente alle caratteristiche degli edifici, le ricerche a supporto di questa tesi analizzano le performance energetiche attraverso diverse metodologie, in particolare si tratta di analisi multicriteriali che mettono a confronto i dati di consumo con i livelli di efficienza rilevati.
Gli aspetti considerati nelle varie pubblicazioni scientifiche rappresentano il punto di partenza di questo lavoro di tesi, attraverso i quali si sono rintracciati degli elementi di confronto e altri che invece hanno posto le basi per maggiori approfondimenti e conclusioni. Nasce da qui infatti l'intenzione di analizzare un set di casi studio nZEB per i quali definire il grado di efficacia delle soluzioni tecnologiche adottate, attraverso procedure di calcolo che mettono in relazione dati di consumo reale contestualmente alle scelte costruttive e dunque all'efficienza dell'involucro e alle condizioni climatiche che caratterizzano le diverse aree d'intervento.

Literature review

AUTORE	TITOLO	ANNO	LUOGO	SCALA
C. Becchio, M. C. Botterob, S. P. Corgnatia, C. Ghiglione	nZEB design: challenging between energy and economic targets	2015	Italia	Architettonica
Kalle Kuusk, Targo Kalamees	nZEB retrofit of a concrete large panel apartment building	2015	Estonia	Architettonica
Maria Ferrara, Enrico Fabrizio	Building simulation (innovation, rapid design, design support) e ICT - Cost optimal nZEBs in future climate scenarios	2017	Italia	Architettonica
Delia d'Agostino, Barbara Cuniberti, Isabella Maschio	Criteria and structure of a harmonised data collection for NZEBs retrofit buildings in Europe	2017	Italia	Architettonica
Cristina Carpino, Roberto Bruno, Natale Arcuri	Social housing refurbishment in Mediterranean climate: Cost-optimal analysis towards the n-ZEB target	2018	Italia	Architettonica

OGGETTO	FATTORI CONSIDERATI	PROGRAMMI/ANALISI	RISULTATI
Analisi energetica di un'abitazione monofamiliare per individuare le componenti che influenzano la fase di progetto anche dal punto di vista economico	Costi d'investimento del sistema energetico, consumi di energia primaria	Approccio cost-optimal Analisi statistiche Minitab	Importanza della valutazione di variabili energetiche ed economiche nella la progettazione degli immobili
Riconversione di edifici condominiali in edifici condominiali ad energia quasi zero	Energia primaria da fonte rinnovabile, fattibilità economica dell'intervento NPV	IDA Indoor Climate Energy 4.6	I risultati mostrano che la riduzione dei costi energetici non sempre rende redditizio una riconversione in nZEB
L'ottimizzazione dei costi di una casa unifamiliare a Parigi è stata eseguita su diversi scenari climatici futuri per il periodo 2026-2045, sulla base delle più recenti proiezioni sul clima	Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento e raffrescamento per il calcolo del global cost dell'edificio analizzato, fattori climatici	Ottimizzazione automatizzata basata sulla simulazione, prevede l'accoppiamento del software di simulazione dinamica dell'energia TRNSYS con il programma GenOpt	Il risultato è che più alta è la prestazione energetica, maggiore è la resistenza alla variazione delle condizioni meteorologiche
La piattaforma europea E3P per la registrazione dei progetti nZEB in Europa	Dati geometrici degli nZEB, dati di consumo	Database	Il database è uno strumento che contiene dati quantitativi sugli edifici NZEB. Esso contribuirà all'identificazione di criteri comuni per la definizione UE di NZEB
Analisi dei costi come strumento utile per stimolare la ristrutturazione degli edifici esistenti	Requisiti di raffreddamento in relazione al contesto climatico, costo globale d'intervento	Analisi cost-optimal	Individuazione di interventi precisi sul sistema edificio-impianto che indirizzano gli incentivi finanziari al fine di rendere più attraente la riqualificazione degli edifici

Literature review

Theoni Karlessia, Nikos Kampelisb, Denia Kolokotsab, Mat Santamourisa, Laura Standardic, D. Isidoric, C. Cristallic	"The concept of smart and NZEB buildings and the integrated design approach"	2016	Grecia	Architettonica
Marjana Šijanec Zavrla, Gašper Stegnara	"Comparison of Simulated and Monitored Energy Performance Indicators on NZEB case study Eco Silver House"	2017	Slovenia	Architettonica
Delia D'Agostino, Livio Mazzarella	"What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions"	2018	Italia	Architettonica
Maria Panagiotidou,Robert J.Fuller	"Progress in ZEBs—A review of definitions, policies and construction activity"	2013	Australia	Architettonica
Marianne Kjendseth Wiik , Selamawit Mamo Fufa , Torhildur Kristjansdottir, Inger Andresen	Lessons learnt from embodied GHG emission calculations in zero emission buildings (ZEBs) from the Norwegian ZEB research centre	2017	Norvegia	Architettonica
Ludovica Danza, Lorenzo Belussi, Giulia Guazzi, Italo Meroni, Francesco Salamone	Durability of technologies in the keeping of nZEB's performances	2018	Italia	Architettonica

I principi della procedura di progettazione integrata e il collegamento con le tecnologie di costruzione "intelligente".	Metodologie di efficienza energetica e tecniche applicate a livello di edificio, progettazione integrata come strumento di supporto per il concetto di energia zero	/	L'integrazione delle varie operazioni e della gestione dell'edificio nelle smart grid attraverso un approccio tecnologico per ridurre al minimo il consumo di energia.
Costruzione di previsioni sulle prestazioni energetiche con un metodo di simulazione dinamica	Indicatori energetici di un appartamento in fase di progettazione e in esercizio	Strumenti basati sul metodo mensile (PHPP e nazionale) e con una simulazione oraria del software IDA ICE	Le analisi di consumo energetico confermano che il consumo di energia misurato riflette adeguatamente lo standard della casa passiva
Definizione di edifici a energia quasi zero (NZEB) che rappresentano una delle maggiori opportunità per aumentare il risparmio energetico in Europa	Definizioni EU-NZEB e US-NZEBs, distinzione tra energia e energia primaria e tra fonti di energia e vettori energetici	Grafici per la stima dei consumi energetici	A partire dalle tendenze generali di consumo di energia negli edifici residenziali e non, questo documento delinea il quadro politico europeo sugli edifici nZEB
Esamina di tre aspetti interconnessi degli edifici a energia zero (ZEB): definizioni, politiche governative e attività di costruzione	Fabbisogno energetico ed emissioni di carbonio	Confronto fra casi studio	I progressi nel campo dell'edilizia sono ancora limitati ai progetti dimostrativi situati in paesi che hanno già stabilito politiche ZEB o una tradizione
Discussione della metodologia di calcolo e i risultati delle emissioni di gas serra (GHG) derivanti da studi di casi di emissioni zero (ZEB) dal centro di ricerca ZEB norvegese	Involucro dell'edificio e la produzione e la sostituzione di materiali	/	Indicazioni pratiche per i calcoli delle emissioni di gas serra e le strategie di riduzione nei futuri progetti ZEB norvegesi
Valutazione della durabilità delle soluzioni tecnologiche adottate per la costruzione di un nZEB	Prestazioni dei materiali ed elementi tecnici nel corso della vita	Analisi sul degrado durante il ciclo vita: sistemi di smaltatura, VIP, pannelli fotovoltaici e GSHP	Punto di vista critico sul tema e attenzione alle soluzioni tecniche implementate in un caso di studio

Literature review

Usman Ijaz Dara, Igor Sartori, Laurent Georgesa, Vojislav Novakovic	"Advanced control of heat pumps for improved flexibility of Net-ZEB towards the grid"	2013	Norvegia	Architettonica
Cristina Baglivo, Paolo Maria Congedo, Andrea Fazio, Domenico Laforgia	Multi-objective optimization analysis for high efficiency external walls of nZEB in the Mediterranean climate	2014	Italia	Architettonica
Gabriele Lobaccaro, Aoife Houlihan Wiberg, Giulia Ceci, Mattia Manni, Nicola Lolli, Umberto Berardi	Parametric design to minimize the embodied GHG emissions in a ZEB	2017	Norvegia	Architettonica

Analisi della flessibilità di combinazioni di impianti per la produzione di calore che potrebbero offrire dei vantaggi alla rete	Analisi di due diverse configurazioni idrauliche della pompa di calore con accumulo di energia termica e quattro diverse strategie di controllo	/	E' possibile ottenere una flessibilità impiantistica significativa per i Net-ZEB se è disponibile un controllo adeguato
Applicazione di un quadro metodologico comparativo che fornisce soluzioni ottimali in termini di costi per un edificio non residenziale	Localizzazione dell'edificio, le caratteristiche geometriche, le proprietà termiche dell'involucro e i sistemi tecnici per HVAC	Analisi finanziarie e a scala macroeconomica	Requisiti minimi da direttiva EPBD per stabilire misure di efficienza energetica con l'integrazione delle fonti di energia rinnovabile
Progettazione parametrica per ridurre al minimo le emissioni di gas serra e l'energia operativa incorporate in un edificio a emissioni zero a Oslo	Radiazione solare e illuminazione diurna, e analisi dell'impatto ambientale	Software Grasshopper	L'approccio alla progettazione parametrica fornisce al progettista suggerimenti di soluzioni a basso impatto

1 Quadro delle strategie energetico ambientali in Europa

Come già anticipato precedentemente, il maggior consumo di energia, a scala europea, è imputabile al settore edile, in quanto circa il 40% dell'energia finale scaturisce da edifici commerciali, uffici e residenze.

A questo presupposto è strettamente legato il concetto di efficienza energetica, su cui si basano la maggior parte delle politiche internazionali; in particolare, vi è un vero e proprio processo relativo alle pratiche ambientali che vede come risultato finale l'insieme di politiche energetiche oggi vigenti a scala europea.

Il primo passo verso quella che è l'attuale strategia politica in termini di efficienza energetica, venne fatto, nel 2007 a Bruxelles, in occasione della cosiddetta "Comunicazione della commissione al consiglio europeo e al parlamento europeo", in cui venne introdotta la prima proposta di Politica energetica per l'Europa.

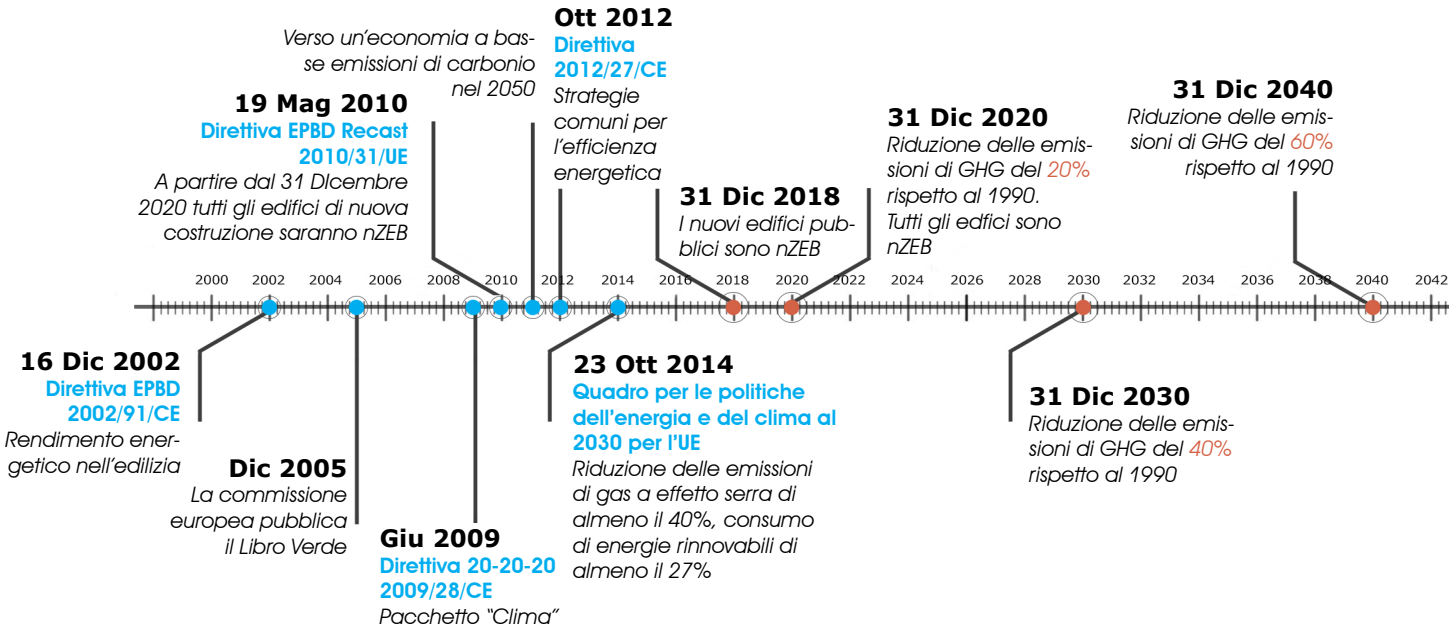
Lo scopo che tale politica si prefiggeva di raggiungere, in parallelo alla stesura delle misure d'intervento "Pacchetto Clima 20-20-20", era una sostanziale riduzione delle emissioni di carbonio e altri gas serra, così da avviare un processo verso il raggiungimento di una strategia climatica futura.

Sulla base di un evidente effetto negativo provocato dalle modalità di approvvigionamento energetico (per lo più costituito da energia da combustibili fossili) si innesca, inoltre, un processo di sensibilizzazione all'uso dell'energia rinnovabile.

Il miglioramento dell'efficienza energetica di edifici nuovi ed esistenti rappresenta quindi una sfida cruciale per limitare i consumi energetici e combattere la cosiddetta "fuel poverty".

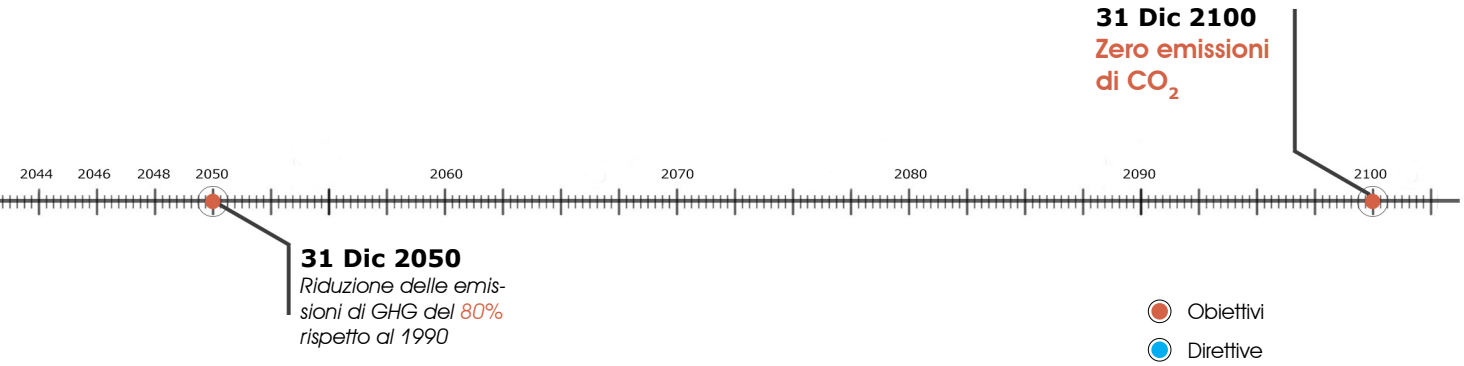
A tal proposito la Commissione europea ha deciso di sostenere tutte quelle pratiche che prediligono l'efficienza energetica, limitando la domanda d'energia a favore di un incremento nell'utilizzo delle fonti rinnovabili.

Già a partire dal protocollo di Kyoto, la Commissione Europea ha



intrapreso delle strategie basate sulla promozione di soluzioni di efficientamento energetico, per lo più caratterizzate da consumi energetici contenuti e sostenibili per la comunità stessa. E' il 2005, quando la Commissione europea redige un documento, il cosiddetto "Libro Verde", al fine di dettagliare maggiormente quelle che sono le operazioni da applicare per il miglioramento dell'efficienza energetica, fra queste ad esempio, si fa riferimento ad azioni incentivanti a livello europeo e all'adozione di tecniche e tecnologie ecocompatibili.

Possiamo, dunque, considerare il Libro Verde come la matrice su cui successivamente si sono innestate ulteriori strategie energetiche, primo fra tutti, il Piano d'Azione del Consiglio europeo 2007-2009 che in termini di efficienza energetica, ricalcava gli obiettivi propri del Libro Verde, a dimostrazione del fatto che si trattasse di un ottimo punto di partenza, a cui affiancare l'adozione di ulteriori politiche energetiche quale ad esempio l'applicazione del Pacchetto Clima-Energia 20-20-20. L'obiettivo, di quest'ultimo, è quello di contrastare il cambiamento climatico, abbassando le emissioni di gas serra del 20%, promuovendo l'utilizzo di fonti rinnovabili da utilizzarsi in una quota



4

Figura 4
Timeline Direttive Europee e relativi obiettivi in materia di efficienza energetica degli edifici.
Elaborazione personale.

pari al 20% per aumentare quindi l'efficienza energetica complessiva di un ulteriore 20%.

-20 %

Riduzione in UE delle emissioni di gas serra rispetto al livello misurato nel 1992

+20 %

Incremento dei livelli di efficienza energetica in UE

+20 %

Crescita dell'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia entro il 2020

Sebbene gli obiettivi del Piano 20-20-20 sembrino al quanto difficili da perseguire nei tempi richiesti, l'Europa ha sostenuto fortemente il conseguimento dei propositi contenuti nel Pacchetto e attraverso l'emanazione del nuovo Piano d'azione per l'efficienza energetica, del 2011, ha adottato delle strategie di coordinazione e monitoraggio molto stringenti nei confronti degli stati membri.

1.1 Direttive europee: La Direttiva 2002/91/CE

> *"L'obiettivo della presente direttiva è promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi."* [2]
>
> *(Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee - DIRETTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia)*

Fra i principali provvedimenti nell'ambito energetico a livello europeo, troviamo sicuramente la Direttiva comunitaria 2002/91/CE riguardante le prestazioni energetiche degli edifici, altrimenti nota come Energy Performance of buildings Directive, EPBD, resa pubblica sulla Gazzetta Ufficiale nel gennaio 2003.

Tale direttiva imponeva agli stati membri di ridurre la richiesta d'energia nel settore edilizio e adottare delle strategie volte al miglioramento energetico degli edifici che avrebbero portato ad una diminuzione del 22% fino al 2010 dei consumi energetici totali, oltre che una notevole riduzione delle emissioni di CO_2.

La stessa Direttiva, inoltre, forniva una prima metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, l'applicazione dei requisiti minimi per gli edifici di nuova costruzione, la riproposizione della certificazione energetica e la realizzazione di azioni ispettive per le componenti impiantistiche degli edifici esistenti.

Di per se, dunque, la Direttiva mirava all'applicazione di tali misure sugli edifici di nuova costruzione oppure esistenti ad uso prevalentemente residenziale, escludendo ad esempio gli edifici di culto o

[2] Gazzetta ufficiale delle Comunità europee, "Direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del consiglio del 16/12/2002 sul rendimento energetico nell'edilizia".

Viene citato integralmente un estratto da:
Gazzetta ufficiale delle Comunità europee
Direttiva 2002/91/CE del 16/12/2002

quelli vincolati e identificabili come beni storici. Era, inoltre, ammessa una differenziazione delle metodologie, a scala regionale, per il calcolo del rendimento energetico degli edifici, basata su un'impostazione comune.

1.2 Direttive europee: La Direttiva 2010/31/CE

"1. Gli Stati membri provvedono affinché:
a) entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero;
b) a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero.

Gli Stati membri elaborano piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero. Tali piani nazionali possono includere obiettivi differenziati per tipologia edilizia.

2. Gli Stati membri procedono inoltre, sulla scorta dell'esempio del settore pubblico, alla definizione di politiche e all'adozione di misure, quali la fissazione di obiettivi, finalizzate a incentivare la trasformazione degli edifici ristrutturati in edifici a energia quasi zero e ne informano la Commissione nei piani nazionali di cui al paragrafo 1." [3]

La Direttiva 2010/31/CE o EPBD Recast, entra in vigore il 9 luglio 2010, in sostituzione della precedente Direttiva 2002/91/CE.
La nuova Direttiva viene varata sulla base dei principi fondamentali della precedente, ampliando il campo d'applicazione ed incrementando le misure per l'efficientamento energetico.
Essa proponeva di estendere gli obblighi sui requisiti di prestazione

[3] Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, "Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del consiglio del 19/05/2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia".

energetica e renderli via via sempre più stringenti, verso quindi una visione nZEB; inoltre, imponeva l'obbligo di giustificazione dei livelli di prestazione energetica, in quanto in precedenza, alcuni stati membri avevano imposto dei limiti relativamente "deboli".

Punto fondamentale della Direttiva, è la necessità di abbassare maggiormente le emissioni di gas serra, rispetto a quanto stabilito nel Piano 20-20-20, migliorando le prestazioni energetiche nel settore edilizio e prescrivendo alle nuove costruzioni, a partire dal 2020, l'obbligo della costruzione di edifici ad energia" quasi zero", alimentati fondamentalmente con fonti rinnovabili.

Gli Stati membri erano, inoltre, obbligati a recepire la nuova Direttiva entro e non oltre il 9 luglio 2012.

La Direttiva Europea EPBD 2010/31/UE contiene, dunque, disposizioni in merito ad una metodologia da adottare per il calcolo delle prestazioni energetiche, i requisiti minimi da rispettare in materia di edifici nZEB e i piani da attuare a scala nazionale al fine di accrescere il numero di edifici a energia quasi zero.

Viene citato integralmente un estratto da:
Gazzetta ufficiale delle Comunità europee
Direttiva 2010/31/UE del 19/05/2010

1.3 Direttive europee: La Direttiva 2012/27/CE

Con la pubblicazione della nuova Direttiva 2012/27/CE [4] l'Unione Europea sancisce un insieme di strategie comuni per la promozione dell'efficienza energetica, quale punto chiave da seguire al fine di raggiungere gli obiettivi dapprima delineati nel Pacchetto "Clima 20-20-20".

E' fatto obbligo, inoltre, che gli stati membri forniscano dei percorsi formativi e dei sistemi di certificazione, ai professionisti e ai fornitori delle tecnologie e dei sistemi costruttivi ad alta efficienza energetica, facendo in modo che queste modalità di qualificazione siano quanto più allineate e condivisibili a scala europea.

Tale Direttiva, inoltre, pone un obbligo molto importante anche agli edifici industriali, dunque edifici molto energivori, imponendo loro la diagnosi energetica al fine di constatare i reali consumi energetici e l'adeguatezza degli impianti installati, in una visione complessiva di sostenibilità ambientale, incrementabile migliorando le eventuali criticità riscontrate in fase di diagnosi.

Questo strumento, recepito successivamente anche in Italia, si caratterizza, dunque, come un vero e proprio strumento strategico a scala europea. Esso delinea quelli che sono i piani energetici più importanti da applicare sul territorio nazionale per il raggiungimento di un buon risultato in termini di risparmio energetico.

In modo particolare, la Strategia Energetica Nazionale, altrimenti nota come SEN, si basa proprio sui principi e sugli obiettivi sopra indicati con il preciso intento di adeguarsi al mercato dell'energia europeo al fine di abbassare i costi e surclassare i traguardi stabiliti da Pacchetto Clima 20-20-20 ,con un sostanziale calo delle emissioni di GHG e un incremento nell'utilizzo di energia prodotta da fonti rinnovabili.

[4] Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, "Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del consiglio del 25/10/2012 sull'efficienza energetica".

Viene citato integralmente un estratto da:
Gazzetta ufficiale delle Comunità europee
Direttiva 2012/27/UE del 25/10/2012

1.4 Recepimento da parte degli Stati Membri

E' necessario in presenza di un contesto molto fragile dal punto di vista climatico e ambientale, intraprendere delle decisioni strategiche in grado di supportare lo sviluppo di città sostenibili, o meglio, di città vivibili.
Alla base di questo concetto, vi è un uso consapevole ed intelligente delle normative e dei finanziamenti atti a incentivare interventi di riqualificazione urbana. Occorre analizzare i risultati che il susseguirsi di norme degli ultimi anni hanno apportato sul territorio in ambito di efficienza energetica, al fine di delineare un quadro generale su come tali norme stanno effettivamente plasmando il settore edilizio.
E' importante capire che il corretto utilizzo delle norme e un'attenta gestione della strategia nel suo complesso, determinano la riuscita dell'obiettivo di riqualificazione delle città e l'affermazione della tendenza a costruire edifici ad energia quasi zero, come espresso fra le prerogative perseguibili dall'Europa entro il 2021.
La strategia di ampliamento degli edifici ad energia quasi zero all'interno del panorama edilizio dovrebbe poter essere attuata sulla base di una visione comune, ovvero secondo politiche e misure condivise. Ciò che invece è stato riscontrato sin da subito è una difficoltà nel conciliare e raccordare le normative locali. Dunque, per far fronte a questa problematica, la Commissione Europea ha stipulato le cosiddette Azioni Concertate (C.A.), nonché un insieme di norme tecniche a supporto della Direttiva, in grado di agevolare il recepimento della stessa da parte degli Stati membri.
Tali norme tecniche includono:

- La metodologia di calcolo del fabbisogno energetico per la climatizzazione, la ventilazione, la produzione di acqua calda e l'illuminazione;
- Le parti che compongono l'attestato di prestazione energeti-

ca e le procedure per esprimere il rendimento energetico degli edifici;
- I sistemi e le tecniche di controllo impiantistico.

L'intento, dunque, è stato quello di allineare i vari stati membri al recepimento di quanto stabilito nella Direttiva, in cui la maggior parte dei paesi ha acquisito la stessa, predisponendo misure strategiche strutturate su scala nazionale, mentre nel caso particolare dell'Italia, si è deciso si emanare leggi a livello nazionale ma affidandone l'attuazione ad organi sottostanti. Ciò che emerge da questa situazione è un'eterogeneità nell'applicazione delle politiche di efficienza energetica, in quanto i riscontri numerici che permettono di rilevare le prestazioni energetiche, relativi ai vari stati membri, non possono essere confrontabili fra loro in quanto ottenuti attraverso procedure di calcolo differenti. Ciò che si evince, però dai vari risultati a disposizione, è che i requisiti da rispettare nei diversi Stati membri, sono rintracciabili in un intervallo compreso fra 0 kWh/(m^2.y) e 270 kWh/(m_2.y) e fanno riferimento per lo più al consumo di energia primaria espresso in kWh/m^2/ y. Inoltre, è facile constatare che i consumi più elevati corrispondono agli edifici di grandi dimensioni e specializzati in particolari attività, come ad esempio gli ospedali. Viceversa, gli edifici residenziali presentano consumi più contenuti.
Ben diversa è la situazione riguardante l'energia da fonti rinnovabili; è stato rilevato, infatti, che solo pochi stati membri hanno stabilito una quota minima percentuale da raggiungere, mentre la maggior parte di essi presenta dei risultati in termini qualitativi e non quantitativi.
Al momento, tutti gli stati sono allineati con quanto espresso nella Direttiva ma seppure si proceda sempre più verso un miglioramento delle metodologie e delle norme per la valutazione delle performance energetiche, è ancora necessario attuare ulteriori sforzi in tal ambito, al fine di raggiungere la giusta consapevolezza e maturità.

2 Evoluzione delle norme italiane in termini di efficienza energetica e utilizzo di fonti rinnovabili

L'Italia è oggi uno degli stati membri protagonisti del cosiddetto processo di "transizione energetica" che si sta via via sviluppando nelle varie realtà europee e non.

Tale trasformazione è attuata con il preciso intento di raggiungere l'obiettivo di decarbonizzazione territoriale; ciò si rende possibile attraverso la diffusione tecnologica e l'incremento dell'impiego di fonti rinnovabili in grado di incentivare le operazioni di efficienza energetica.

Al fine di tracciare un quadro completo degli obiettivi di sviluppo energetico in campo nazionale si è di seguito proceduto a delineare quelle che si sono attestate come le tappe di fondamentale importanza in ambito legislativo e che rappresentano il reale impegno dell'Italia nel contesto energetico.

Il target italiano attuale è quello di riuscire ad abbassare del 33% le emissioni entro il 2030 per cui sono coinvolti tutti i settori produttori di energia. Nell'ambito di quest'analisi viene dato particolare accento al settore edilizio e a come proprio attraverso strategie di efficientamento energetico che vedono l'applicazione di energia da fonti rinnovabili, questo sia in grado di influenzare la crescita sostenibile sul territorio nazionale.

Le regolamentazioni orientate allo sviluppo dell'efficienza energetica sono dunque la chiave per rafforzare in modo efficace la sicurezza dell'approvvigionamento delle risorse e per la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra. In modo particolare, è possibile notare come si sia reso necessario implementare delle leggi volte al miglioramento dell'efficienza energetica nelle abitazioni civili, dove risiede un elevato consumo di energia finale.

2.1 Quadro evolutivo in materia di efficienza energetica

A livello nazionale, in Italia, il concetto di efficienza energetica viene esplicitato nel D.lgs. 192/2005 (con il quale viene attuata la Direttiva EPBD, a fronte del superamento della precedente legge 10/1991), poi modificato dal D.L. 63/2013, e successivamente diventato L. 90/2013, in cui assume grande rilievo la presenza delle fonti rinnovabili in grado di coprire il fabbisogno energetico relativo al singolo edificio.

Il D.Lgs 192/2005, integrato successivamente dal D.Lgs 311/2006, prevedeva, attraverso specifici decreti attuativi, la redazione di un regolamento relativo alle metodologie per il calcolo e il rispetto dei requisiti minimi in termini di prestazione energetica, oltre che un regolamento con il quale identificare gli organismi e le figure competenti abilitati alla certificazione energetica.

A partire dal 2009, con i DPR 59/2009 e il DM 26/06/2009, è stato, inoltre, stabilito l'obbligo alla produzione di un Attestato di Certificazione Energetica al momento dell'intervento sul singolo edificio, per cui vengono definiti i requisiti da rispettare per quanto concerne la climatizzazione invernale ed estiva, la produzione di acqua calda sanitaria e l'illuminazione artificiale.

Tali prescrizioni vengono comprovate nel D.lgs n. 28 del 2011 che ha a sua volta stabilito un incremento nel tempo dell'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica, in modo tale da garantire il contemporaneo rispetto della copertura del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, per il riscaldamento e raffrescamento dell'edificio.

Un ulteriore passo in campo normativo è stato fatto con l'entrata in vigore del D.M. 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici".

Sono state riformulate le trasmittanze minime relative agli involucri edilizi, infatti quest'ultime sono state abbassate del 15% per le costruzioni eseguite a partire dal 1° luglio 2015, ulteriormente più basse del 15% a partire dal 1° gennaio 2021. Inoltre, sempre secondo quanto indicato dal Decreto Ministeriale di cui all'articolo 4, comma 1, del decreto legislativo 192/2005, si definiscono le modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e l'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici, delle prescrizioni e dei requisiti per la definizione di un edificio nZEB:

" • *Tutti gli indici, calcolati tenendo conto dei requisiti minimi (in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici), risultano inferiori ai corrispondenti indici, di seguito elencati, ottenuti per l'edificio di riferimento (edificio uguale a quello di progetto in termini di geometria, orientamento, localizzazione, destinazione d'uso e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati che rispettano i requisiti minimi di legge):*

- il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (H'T) risulti inferiore al corrispondente valore limite riportato in Tabella 18 all'interno dell'Appendice A;

- L'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile, ovvero Asol,est/Asup,utile risulti inferiore al corrispondente valore limite riportato in Tabella 19 all'interno dell'Appendice A del decreto relativamente agli edifici di categoria E1;

- L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPH), l'indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva, compreso, se necessario, il controllo dell'umidità (EPC), l'indice di prestazione energetica globale, espresso in energia primaria (EPgl), sia totale che non rinnovabile devono

[5] Decreto legislativo 19 agosto 2005, n.192. Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

risultare inferiori ai corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento;

- i rendimenti dell'impianto di climatizzazione invernale (H), di climatizzazione estiva (C) e di produzione dell'acqua calda sanitaria (W) risultino maggiori ai valori dei rispettivi rendimenti indicati per l'edificio di riferimento;

- *Sono rispettati gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c).*" [5]

Viene citato integralmente un estratto da:
Decreto Ministeriale
decreto legislativo 192/2005, articolo 4, comma 1

Figura 5
Requisiti previsti dalla normativa si applicano secondo modalità differenti in funzione della tipologia d'intervento.
Rielaborazione personale.

CATEGORIE DI INTERVENTO
I requisiti previsti dalla nuova normativa si applicano secondo modalità differenti (globale o parziale) in base al tipo di intervento.

NUOVE COSTRUZIONI
VERIFICA GLOBALE

AMPLIAMENTO DI EDIFICI ESISTENTI
(> 15% e > 500 mc)
- sia in adiacenza che in sopra elevazione
- chiusura di spazi aperti (logge, porticati, etc.).
Requisiti da rispettare solo sulla nuova porzione di edificio.
VERIFICA GLOBALE

EDIFICI SOTTOPOSTI A DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE
VERIFICA GLOBALE

RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 1° LIVELLO interessano l'involucro edilizio con **S>50%** con ristrutturazione degli impianti di climatizzazione invernale o estiva
Requisiti da applicarsi all'intero edificio.
VERIFICA GLOBALE

RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 2° LIVELLO interessano l'involucro edilizio con **S>25%**, con o senza ristrutturazione degli impianti di climatizzazione
Requisiti da applicarsi all'oggetto di intervento con estensione all'intera parte edilizia ristrutturata.
VERIFICA PARZIALE

RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE interessano l'involucro edilizio con **S≤25%.**
Requisiti da applicarsi solo all'oggetto di intervento.
VERIFICA PARZIALE

5

2.2 Quadro evolutivo in materia di utilizzo delle fonti rinnovabili

Il Decreto Rinnovabili (D.Lgs n.28/2011) è entrato in vigore il 29 marzo 2011. Recepisce la Direttiva 2009/28/CE e definisce gli strumenti e gli incentivi necessari per il raggiungimento degli obiettivi 2030 in relazione alle energie rinnovabili.

Essa definisce rinnovabili tutti i tipi di energia che derivano da fonti non fossili.

Viene esplicitato che a partire dal 1° gennaio 2017, gli edifici di nuova costruzione o sottoposti a ristrutturazione rilevante debbano essere provvisti di impianti di produzione di energia rinnovabile per almeno il 50% dell'energia spesa. Tale vincoli sono stati inoltre prorogati al 2018 attraverso l'attuazione del D.L 244/2016, altrimenti conosciuto come "decreto Milleproroghe". Nell'ambito della nuova costruzione sono incluse anche la demolizione, la ricostruzione e l'ampliamento di edifici per una percentuale di volume superiore al 15% rispetto allo stato di fatto. E' previsto inoltre che gli edifici vengano progettati in modo da garantire l'approvvigionamento da fonti rinnovabili in una percentuale pari almeno al 50% all'acs, il riscaldamento e raffreddamento. A differenza degli edifici pubblici poi che devono garantire una quota minima del 55% di energia prodotta da fonti rinnovabili, per gli edifici privati questa corrisponde al 45%.

Eccezioni sono previste per gli edifici collocati nei centri storici (zone A del D.M n 1444/1968), la cui quota è ulteriormente ridotta. Infine, nel momento in cui sussistano delle incompatibilità fra il manufatto storico e l'implementazione di tecnologie per la produzione da fonte rinnovabile, tali prescrizioni possono considerarsi nulle.

Esistono infine diversi progetti a scala internazionale atti al raggiungimento di elevati livelli si sostenibilità ambientale, tra cui ad esempio gli obiettivi posti sia dall'Unione Europea (con la Direttiva RED II per il 2030), ed il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima per ciò che riguarda il contesto italiano. In tal ambito, il Decreto Rinnovabili rappresenta un'importante tappa per traguardare gli obietti climatici prefissati e la decarbonizzazione dell'economia nazionale.

3 Cos'è un nZEB

> *«edificio a energia quasi zero»: "edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze (...)."* [6]

[6] Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, "Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del consiglio del 19/05/2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia".

Il termine NZEB è stato introdotto nel 2010 all'interno della Direttiva Europea 2010/31/UE, altrimenti nota come EPBD recast (Energy Performance of Building Directive) che va ad esplicitare ancor meglio i contenuti della precedente Direttiva Europea 2002/91/CE ovvero EPBD. Essa ha rappresentato un punto di partenza in termini di definizione delle performance dell'edificio; da qui, gli stati membri hanno dovuto adeguarsi all'introduzione di normative a scala nazionale che incentivassero la costruzione di edifici con elevate prestazioni energetiche. Dunque, un edificio può essere definito nZEB nel momento in cui i suoi consumi energetici sono quasi pari a zero; parliamo per l'appunto di edifici ad elevata efficienza energetica ovvero con consumi molto bassi e il cui fabbisogno energetico è garantito da ener-

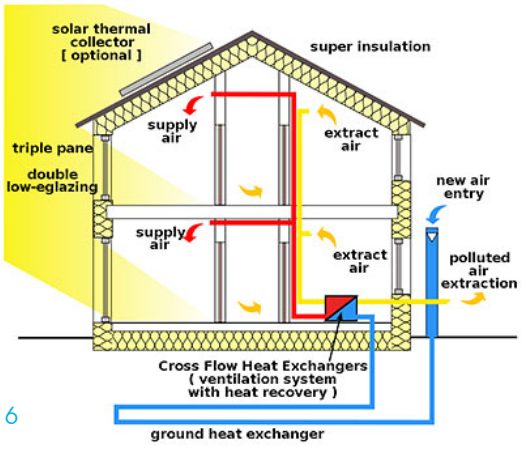


Figura 6
Schema funzionale di casa *passiva*.
Fonte: http://unizeb.dii.unipd.it.

Viene citato integralmente un estratto da:
Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea
Direttiva 2010/31/UE del 19/05/2010

gia prodotta da fonti rinnovabili in loco.
Alla base della definizione di edificio ad energia quasi zero vi è la quantificazione delle prestazioni che l'edificio è in grado di raggiungere. E' per questo motivo che l'energia prodotta e a disposizione dell'abitazione viene calcolata al fine di verificare il rispetto dei requisiti che ci permettono di identificare un edificio come nZEB; in particolare si fa riferimento alla misurazione dell'energia impiegata per i servizi di riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria. Caratteristica tipica degli edifici nZEB è la loro possibilità di scambiare energia con più reti di distribuzione, quali ad esempio la rete del teleriscaldamento o quella elettrica. Si inseriscono in questa modalità di scambio di risorse anche le quote di surplus energetico prodotte da fonte rinnovabile che possono, infatti, a loro volta essere cedute ai sistemi di distribuzione con i quali l'abitazione è collegata, bilanciando e talvolta compensando l'energia derivante dall'impiego di combustibili fossili. Come precedentemente accennato, un edificio ad energia quasi zero deve dunque poter soddisfare determinati requisiti tecnici in termini di:

- Isolamento termico dell'involucro edilizio
- Rispetto di regole stringenti sugli impianti termici

Più specificamente, tenendo conto di quanto espresso nel D.M. 26 giugno 2015 (D.M. requisiti minimi), un edificio nZEB, di nuova costruzione o esistente, può definirsi tale quando sono contemporaneamente rispettati:

" • *Tutti i requisiti previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3 del decreto requisiti minimi, 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 rinnovabili* " [7]

Inoltre, la presente definizione di nZEB, concede ad ogni stato una certa autonomia nell'individuazione degli elementi che contribuiscono alla realizzazione di un edificio ad energia quasi zero. Questa possibilità ha permesso in questo modo di non tralasciare quelle che sono le peculiarità locali. Molti studi hanno messo in luce una condizione di grande eterogeneità in ambito europeo, in termini di panorama edilizio e di condizioni ambientali, da tenere in stretta considerazione quando si parla di nZEB. Ciò che si evince dalle politiche e dalle strategie oggi messe in atto dagli stati membri dell'Unione Europea, è sicuramente la volontà di raggiungere risultati positivi in termini di riduzione dei consumi energetici, attraverso l'applicazione di specifici target e in relazione a condizioni climatiche differenti.
Dunque, si rende necessario attuare strategie che si dimostrino flessibili a seconda della localizzazione geografica di un intervento piuttosto che di un altro, che tengano fortemente in considerazione le caratteristiche locali e territoriali. Inoltre, è opportuno identificare quelle condizioni in grado di veicolare una scelta progettuale verso una visione nZEB. Si pensi, ad esempio a come individuare le tipologie edilizie, a scala europea, plausibilmente, ponendo una distinzione fra nuovo costruito e ristrutturazione e le problematiche che le diverse situazioni portano con sé, classificando e trattando se possibile gli edifici in base alla loro destinazione d'uso, pubblica o privata o ancora, specificando l'entità della domanda di energia o di produzione di energia.

[7] Decreto ministeriale del 26 giugno 2015. *"Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici".*

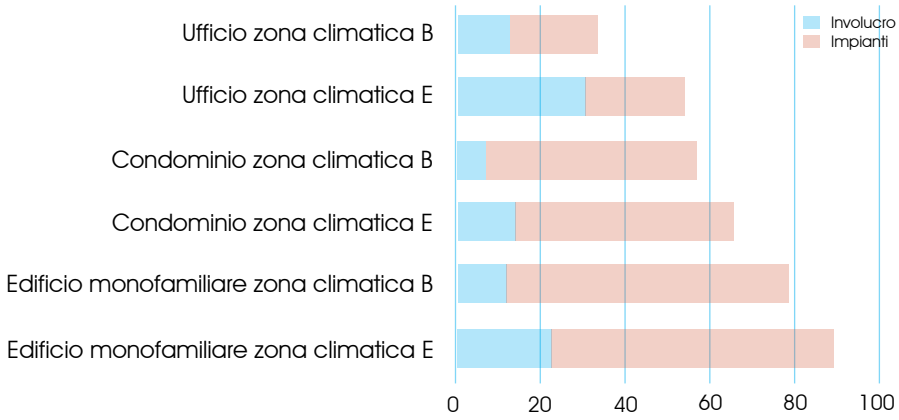
Viene citato integralmente un estratto da:
Decreto Ministeriale 26 giugno 2015
"Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici"

3.1 Implicazioni economiche nella costruzione di edifici nZEB

In seguito all'emanazione della Direttiva EPBD recast, la maggior parte degli stati membri ha stabilito i requisiti minimi per raggiungere il livello nZEB di edifici nuovi ed esistenti. La Direttiva ha anche introdotto una metodologia cost-optimal come principio guida per stabilire i requisiti energetici degli edifici, in modo tale che le opzioni di progettazione nZEB comportino il minor costo globale durante il ciclo di vita stimato degli edifici. (riformulare testo)

I dati estrapolati dal V Rapporto sull'Efficienza Energetica (RAEE) di ENEA, ci restituiscono quella che è l'attuale situazione del settore edilizio nazionale attraverso un'accurata analisi dei costi correlati alla costruzione di edifici nZEB.

Nello specifico, grazie all'attuazione del Piano d'azione PANZEB che ha introdotto strategie di diffusione degli edifici ad energia quasi zero, è stato possibile delineare i presunti costi aggiuntivi per la costruzione (di cui è possibile leggerne la stima nel grafico sottostante) o riqualificazione di questa tipologia edilizia, coerentemente con le caratteristiche geografiche e morfologiche in cui si va ad intervenire.



7

Figura 7
Rappresentazione dei costi aggiuntivi (€/m²) per realizzare un nuovo edificio nZEB. Rielaborazione personale.

La situazione complessiva, per quanto ci è stato riportato dagli studi condotti da ENEA, è quella di un settore edilizio pronto ad adottare nuove strategie e tecniche di efficientamento sebbene siano ancora pochi i casi d'applicazione. Questo particolare rallentamento è causato principalmente dal costo delle nuove tecnologie rispetto a quello delle più tradizionali tecniche edilizie. Nonostante quest'ultima considerazione possa apparire scoraggiante c'è da dire che è già piuttosto affermata una componente di rinnovo nel mercato edilizio, caratterizzata da tutta quella sfera dell'impiantistica funzionale all'efficienza energetica, alle nuove modalità di gestione del processo costruttivo qual è ad esempio il "facility menagement" e la visione sempre più integrata fra fase costruttiva e d'utilizzo dell'edificio. Tali strategie trovano la loro applicazione attraverso l'utilizzo di nuovi processi, primo fra tutti l'utilizzo della metodologia BIM, la propensione verso costruzioni fondate sui principi di prefabbricazione e in ultimo l'analisi dei processi relativi all'edificio a partire dalle fasi di progetto e cantierizzazione, rese sempre meno impattanti a fronte del bilancio energetico condotto sull'intero ciclo vita del manufatto edilizio. L'efficienza energetica è dunque la strada migliore da percorrere in questo momento, in quanto catalizzatrice di sconti fiscali e sovvenzioni a suo favore che incrementano gli investimenti nel settore edilizio. Investire in operazioni di riqualificazione energetica o di nuova costruzione ad energia quasi zero ci condurrà ad ottenere notevoli risultati ed ingenti risparmi energetici che equipareranno gli obiettivi prefissati al 2020.

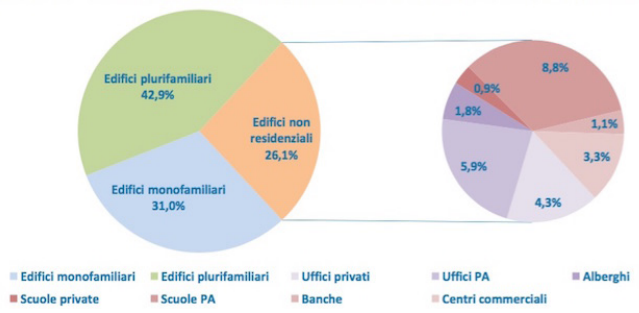


Figura 8
Risparmio energetico atteso al 2020 per tipologia di edificio.
Fonte: Ministero dello sviluppo economico.

3.2
Gli nZEB in Italia: strumenti e prospettive

Fra tutti gli stati membri, l'Italia ricopre una buona posizione in termini di recepimento della direttiva EPBD del 2010, in cui è previsto il rispetto dei requisiti minimi di prestazione energetica e l'inclusione di ulteriori indici, confrontabili con i valori limite dell'edificio di riferimento.
Oggi giorno, risultano sempre più importanti le operazioni di monitoraggio sulle prestazioni degli edifici NZEB, esse consentono di definire quelle che sono le politiche e le proposte in grado di delineare il panorama edilizio odierno, pubblico e privato.
Dalle prime statistiche ottenute da uno studio condotto nel 2017 da ENEA, consultando i dati degli edifici NZEB con certificazione APE, costruiti fra il 2016 e il 2017, è emerso che si tratta di circa 600 edifici, per lo più di nuova costruzione, realizzati seguendo gli standard del decreto del 2015. Tali costruzioni, inoltre, sono caratterizzate da un buon isolamento dell'involucro, sono provviste di pompe di calore ed impianto fotovoltaico, o di caldaia a condensazione ed impianto solare per la produzione di acs; circa la metà di esse utilizza la ventilazione meccanica controllata e solo un a minima percentuale di edifici fa affidamento all'utilizzo di biomasse, avendo solo i servizi di riscaldamento e acs. Inoltre, impianti di monitoraggio e regolazione sono stati rilevati nell'analisi di un campione più ristretto di edifici NZEB, forniti ad ENEA direttamente da proprietari e progettisti.
Ciò che appare ancora oggi, un tema da approfondire, è la problematica relativa ai costi della costruzione di un edificio NZEB. Alla base del problema, vi è un errato approccio all'analisi dei costi, in quanto pare essere assente una metodologia di stima dei costi, tarata sull'intero ciclo vita dell'edificio. Questa è la ragione per cui i costi iniziali risultano molto alti, e i tempi di ritorno dell'investimento iniziale molto lunghi. Nel caso del panorama italiano, si distinguono in particolare due progetti "Horizon 2020" con il preciso scopo di abbassare i costi nella costruzione di edifici ad energia quasi zero.
Si tratta del progetto "CONZEBs" (Solution sets for the Cost reduction

of new Nearly Zero-Energy Buildings), finalizzato alla presentazione di un set di soluzioni costruttive per edifici plurifamiliari con un costo contenuto, e "A-ZEB" che mirerà a documentare i vantaggi perseguibili adottando strategie di riqualificazione energetica.

Dai primi dati ottenuti dal progetto "A-ZEB" si evince che i costi relativi alla fase costruttiva pesano maggiormente rispetto a quelli della fase di pieno funzionamento e attività dell'edificio. Le spese in fase di realizzazione, infatti, sono circa il 70% e i costi energetici della fase operativa equivalgono al 17% del costo complessivo dell'edificio nel corso della sua vita utile; dunque, al contrario di quanto possibile per edifici tradizionali, nel caso degli nZEB, i costi iniziali per la costruzione non possono essere confrontabili con quelli della fase operativa.

Per definire un quadro più chiaro si è proceduto alla stima dell'extra-costo che si presenta al momento della costruzione di un nZEB.

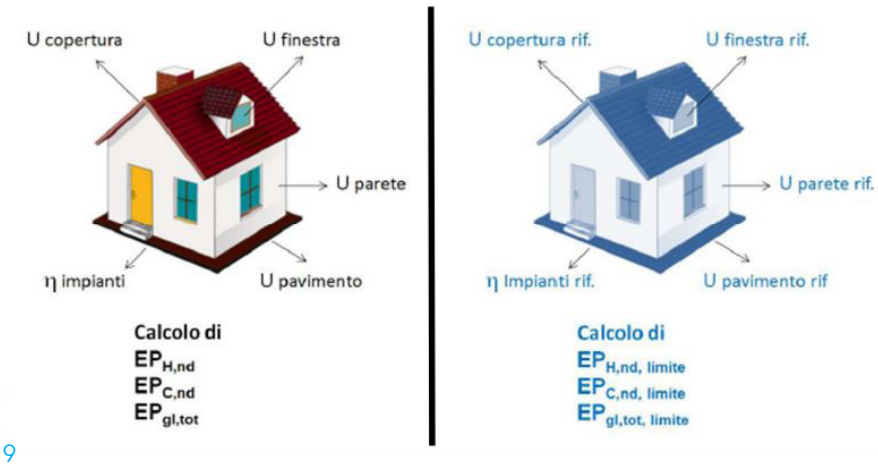
Ovviamente, il calcolo di tale costo è eseguito sulla base di precisi parametri di costo coinvolti; inoltre, va specificato che quest'ultimi non considerano eventuali limitazioni nelle scelte progettuali come ad esempio un'impossibilità di integrazione dell'impianto solare termico. Dalle stime condotte dal Ministero dello Sviluppo economico si evince che il sovra costo nel settore residenziale è dato in prevalenza dalla componente impiantistica o dai sistemi di coibentazione della struttura. In ultima analisi va sottolineato che le attuali strategie di efficienza energetica sono il risultato di operazioni di ottimizzazione dei costi in relazione ai consumi [8] (Regolamento delegato N.244/2012).

Per cui spesso i tentativi di superamento dei requisiti richiesti per la costruzione di nZEB implica un aumento dei costi di realizzazione che difficilmente riescono ad essere recuperati in termini di risparmio energetico nella fase operativa. Tali condizioni possono essere attualmente ponderate e bilanciate con la promozione di campagne d'incentivazione che permettono lo sviluppo dell'edilizia nZEB nell'attesa di nuovi scenari di mercato favorevoli.

[8] https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PANZEB.

3.3 L'edificio di riferimento

L'edificio di riferimento è un edificio ideale dal punto di vista delle caratteristiche energetiche, al quale l'edificio reale fa riferimento.
Secondo quanto indicato nel decreto attuativo D. M. 26 giugno 2015, esso viene preso in considerazione per la determinazione del calcolo e dei consumi energetici e l'assegnazione della classe energetica.
"Questo è un edificio ideale che ha la stessa geometria (forma, superfici calpestabili, superfici degli elementi disperdenti) ubicazione ed orientamento dell'edifico reale ma avente caratteristiche termo-fisiche e parametri energetici predeterminati in funzione della zona climatica e del periodo considerato (2015-2018 e 2019.2021).
Con edificio di riferimento si intende quindi un edificio avente un fabbricato di riferimento e degli impianti tecnici di riferimento."
Dunque, la valutazione delle performance energetiche di un edificio è fondata sul confronto diretto con l'edificio di riferimento.
E' richiesto, inoltre, che gli indici EPH,nd, EPC,nd, ed EPgl,tot, risultino inferiori ai corrispettivi valori dell'edificio di riferimento, EPH,nd,limite, EPC,nd,limite, ed EPgl,tot,limite, come espresso nel decreto.
In caso si analizzi un nuovo edificio o uno in ristrutturazione, i requisiti minimi sono definiti attraverso il confronto con l'edificio di riferimento, in base alla tipologia costruttiva e alla relativa classe climatica.
L'edificio di riferimento è, perciò, definito da precisi attributi costruttivi, desumibili dalle seguenti tabelle.



9

Figura 9
Confronto con l'edificio di riferimento.
Fonte: http://Nuova_Classificazione_Energetica.

- **PARAMETRI RELATIVI AL FABBRICATO:**

Nelle tabelle sottostanti sono indicati i valori relativi alle trasmittanze di riferimento delle strutture che compongono l'involucro e che tengono conto dell'incidenza del ponte termico. Tali valori sono utilizzati nel calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio e vengono riportate in relazione alla loro entrata in vigore, ovvero rispettivamente il 1° ottobre 2015 e il 1° gennaio 2019, mentre per gli edifici a carattere pubblico tali valori acquisiranno validità a partire dal 1° gennaio 2021.

Tabella 1
Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra. Appendice A del D.M. 26/05/2015.

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015 (1)	2019/2021 (2)
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

1

Tabella 2
Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati. Appendice A del D.M. 26/05/2015.

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015 (1)	2019/2021 (2)
A e B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

2

Tabella 3
Trasmittanza termica U delle opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra. Appendice A del D.M. 26/05/2015.

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015 (1)	2019/2021 (2)
A e B	0,46	0,44
C	0,40	0,38
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

3

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015 (1)	2019/2021 (2)
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,20
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

4

Tabella 4
Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati.
Appendice A del D.M. 26/05/2015.

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015 (1)	2019/2021 (2)
Tutte le zone	0,8	0,8

5

Tabella 5
Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti.
Appendice A del D.M. 26/05/2015.

Zona climatica	g_{gl+sh}	
	2015 (1)	2019/2021 (2)
Tutte le zone	0,35	0,35

6

Tabella 6
Valore del fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud.
Appendice A del D.M. 26/05/2015.

• PARAMETRI RELATIVI AGLI IMPIANTI TECNICI:

Di seguito sono riportati i parametri relativi agli impianti tecnici dell'edificio di riferimento, in quanto esso si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edifico reale, e la metodologia per la determinazione dell'energia primaria. In assenza del servizio energetico nell'edificio reale non si considera fabbisogno di energia primaria per quel servizio.

Tabella 7
Efficienze medie η_{gn} dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi di H, C, W e per la produzione di energia elettrica in situ.
Appendice A
del D.M. 26/05/2015.

Sottosistemi di generazione:	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
- Generatore a combustibile liquido	0,82	-	0,80	-
- Generatore a combustibile gassoso	0,95	-	0,85	-
- Generatore a combustibile solido	0,72	-	0,70	-
- Generatore a biomassa solida	0,72	-	0,65	-
- Generatore a biomassa liquida	0,82	-	0,75	-
- Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3,00	(*)	2,50	-
- Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico	-	2,50	-	-
- Pompa di calore ad assorbimento	1,20	(*)	1,10	-
- Macchina frigorifera a fiamma indiretta	-	$0,60 \cdot \eta_{gn}$ (**)	-	-
- Macchina frigorifera a fiamma diretta	-	0,60	-	-
- Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1,15	1,00	1,05	-
- Cogeneratore	0,55	-	0,55	0,25
- Riscaldamento con resistenza termica	1,00	-	-	-
- Teleriscaldamento	0,97	-	-	-
- Teleraffrescamento	-	0,97	-	-
- Solare termico	0,3	-	0,3	-
- Solare fotovoltaico	-	-	-	0,1
- Mini eolico e mini idroelettrico	-	-	-	(**)

NOTA: Per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifero inferiore

(*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffrescamento si considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologie

(**) Si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale

- **ALTRI PARAMETRI PER LE VERIFICHE DI LEGGE:**

Coefficiente medio globale di scambio termico

1. Per la verifica si calcola il coefficiente medio globale di scambio termico H'T come:

$$H'T = H_{tr,adj} / \sum_k A_k \qquad [(W/m^2)\cdot K]$$

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro calcolato con la UNI/TS 11300-1 (W/K);
A_k è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) che costituisce l'involucro (m^2).

2. Il valore di H'T deve essere inferiore al valore massimo ammissibile in base alla zona climatica e al rapporto S/V.

Numero riga	Rapporto di forma	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	S/V ≥0,7	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	0,7> S/V ≥0,4	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	0,4> S/V	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
Numero riga	Rapporto di forma	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
4	Ampliamenti e ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

Tabella 8
Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'T [$(W/m^2)\cdot K$] Appendice A del D.M. 26/05/2015.

8

Area solare equivalente estiva

1. Si calcola l'area equivalente estiva Asol,est dell'edificio come sommatoria delle aree equivalenti estive di ogni componente vetrato k:

$$A_{sol,est} = \sum_k F_{sh,ob} \cdot g_{gl+sh} \cdot (1 - F_F) \times A_{w,p} \times F_{sol,est} \quad [m^2]$$

Dove:

$F_{sh,ob}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie vetrata k–esima, riferito al mese di luglio; g_{gl+sh} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra calcolata nel mese di luglio, quando la schermatura solare è utilizzata; F_F è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;

$A_{w,p}$ è l'area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra);

$F_{sol,est}$ è il fattore di correzione per l'irraggiamento incidente, ricavato come rapporto tra l'irradianza media nel mese di luglio, nella località e sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale di Roma, sul piano orizzontale.

2. Il valore di $A_{sol,est}$ rapportato all'area della superficie utile deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in tabella.

Tabella 9
Valore massimo ammissibile del rapporto tra area solare equivalente estiva dei componenti finestrati e l'area della superficie utile Asol,est/Asup utile (-).
Appendice A
del D.M. 26/05/2015.

#	Categoria edificio	Tutte le zone climatiche
1	Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonchè per la categoria E.1 (3)	≤ 0,030
2	Tutti gli altri edifici	≤ 0,040

Indici di prestazione termica utile per i servizi di riscaldamento e raffrescamento e indice totale dell'edificio, tali valori devono essere inferiroi ai corrispondenti limiti relativi all'edificio di riferimento:

$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,\ limite}$

$EP_{c,nd} < EP_{c,nd,\ limite}$

$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,\ limite}$

Efficienza media stagionale degli impianti di climatizzazione invernale ed estiva e di produzione di acqua calda sanitaria con valori maggiori di quelli relativi all'edificio di riferimento:

$\eta_H > \eta_{H,limite}$

$\eta_C > \eta_{C,limite}$

$\eta_W > \eta_{W,limite}$

4 Valutazione delle prestazioni energetico-ambientali di un manufatto edilizio

La valutazione di un edificio può essere affrontata su due livelli differenti: quello energetico e quello legato alla sostenibilità ambientale. La valutazione energetica permette di individuare i livelli di consumo energetico di un edificio ed eventualmente rintracciare le componenti in grado di contribuire positivamente al livello di efficienza del manufatto. D'altro canto, invece, la valutazione delle prestazioni ambientali implica l'analisi della componente di consumo legata ad aspetti di sostenibilità complessiva dell'edificio, a partire dalla fase di progettazione, costruzione e utilizzo dello stesso. Sulla base di quanto stabilito dalle normative vigenti, la certificazione deve poter essere riconosciuta a livello internazionale e deve avvalersi di metodologie con una precisa valenza scientifica, capaci di contestualizzare la valutazione in funzione delle condizioni climatiche, economiche e sociali in cui ci si trovi ad operare.

4.1 Valutazione delle prestazioni energetiche

Poter valutare l'efficienza energetica e dunque le prestazioni degli edifici è ormai un'operazione essenziale che si inserisce all'interno delle dinamiche di pianificazione territoriale, sia a scala nazionale che internazionale. Certificare il livello energetico di un manufatto edilizio ci da la possibilità di identificare oggettivamente i consumi e quindi la domanda d'energia in funzione degli usi e delle utenze. Dunque, seppure attraverso operazioni di tipo analitico ci viene restituita una percezione di quella che è dal punto di vista quantitativo e qualitativo la situazione del patrimonio urbanizzato.

Gli strumenti di valutazione energetica, perciò, permettono di identificare gli interventi e di conformarli alle diverse realtà costruttive territoriali, con il preciso scopo di ridurre l'impatto ambientale attraverso l'abbassamento della domanda energetica che si traduce in riduzione delle emissioni inquinanti. La certificazione energetica si configura

pertanto come una componente essenziale all'interno dell'attuale sviluppo sostenibile, in quanto in grado di fornire precisi dati ed indicazioni prestazionali ed in più orientare le strategie di incentivazione per l'efficientamento energetico oltre che fornire una stima dell'efficienza e della qualità energetica. Le premesse per un'adeguata e quanto più omogenea diffusione della certificazione energetica nel settore edile sono oramai comprovate; ciò che deve tutt'oggi ancora delinearsi chiaramente è l'idea che la valutazione delle prestazioni energetiche si possa identificare come uno step all'interno del processo edilizio e non come un'operazione a se stante.

4.2 Valutazione delle prestazioni ambientali

L'obiettivo che si sta cercando di perseguire attraverso l'attuazione delle nuove strategie territoriali è quello di effettuare un vero e proprio cambio di rotta nelle modalità di intervento e progettazione edilizia; l'idea è infatti quella di riuscire a favorire i meccanismi costruttivi che prediligono la qualità dell'intervento a favore della sostenibilità ambientale. Da questo nuovo modo di affrontare il processo edilizio emerge la volontà di combinare le pratiche di quantificazione delle performance energetiche a quelle che sono le caratteristiche del sito d'intervento, le potenzialità dell'area e delle risorse naturali a disposizione in grado di fornire energia all'edificio. La sostenibilità e la compatibilità ambientale sono dunque i parametri qualitativi da valutare e certificare in modo tale dal fungere da strumento di diffusione delle pratiche del progettare sostenibile e che si pongono alla base delle future esperienze d'incentivazione. Promuovere la qualità dell'abitare vuol dire anche rendere flessibile le prescrizioni in ragione delle differenti situazioni locali, dei materiali e delle tecnologie, dell'utilizzo razionale delle risorse climatiche ed energetiche e della gestione del processo edilizio nella sua complessità.

4.3 Standard internazionali di certificazione energetica

All'interno del panorama edilizio internazionale è possibile identificare diverse modalità di valutazione delle prestazioni energetico-ambientali, nate con il preciso scopo di certificare il raggiungimento di elevati livelli di sostenibilità nel campo dell'edilizia pubblica e privata.
Negli anni, diverse sono state le organizzazioni che hanno sviluppato veri e propri sistemi di valutazione volontaria delle prestazioni ener getiche degli edifici in grado di identificare oltre che al consumo d'energia anche l'impronta ecologica degli stessi.
In modo particolare distinguiamo due approcci alla certificazione energetica:
l'approccio fondato sul rilevamento dei requisiti qualitativi del manufatto edilizio determinato da un sistema a punteggio la cui somma complessiva ci restituisce il livello di sostenibilità dell'edificio.
l'approccio fondato sulla valutazione dell'intero processo edilizio, con particolare attenzione alla quantificazione dell'energia impiegata nelle diverse fasi del ciclo vita dell'edificio; questo sistema di basa perciò sull'applicazione dell'analisi LCA.
In linea generale si tratta di metodologie di certificazione che utilizzano dei sistemi a punteggio che vanno a valutare le tipologie costruttive adottate, il design d'involucro, il livello di compatibilità e di comfort ambientale e la domanda d'energia richiesta nel corso della vita dell'edificio.
Queste vengono di seguito elencate distinguendo i sistemi di certificazione nazionali da quelli internazionali.

- **ESEMPI INTERNAZIONALI:**

SISTEMI GBC Il Green Building Challenge (GBC) è un network composto da Istituti ed Enti pubblici e privati appartenenti a più di 20 nazioni il cui obiettivo è sviluppare e sperimentare un nuovo metodo per la valutazione della performance ambientale degli edifici. Lo schema di analisi elaborato dal GBC è uno strumento operativo che consente di effettuare la valutazione dell'impatto ambientale di una costruzione durante tutto il ciclo di vita attraverso l'attribuzione di un punteggio di performance all'edificio che ne permette la classificazione in una scala di qualità.

10

BREEAM Il sistema BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) è il primo strumento di tipo commerciale per la valutazione della qualità ambientale degli edifici che sia stato sviluppato, è datato infatti 1990, ed è divenuto un punto di riferimento per i metodi prodotti successivamente.
Considera nella valutazione dell'impatto ambientale della costruzione le seguenti problematiche ecologiche:
- gestione (procedure per la verifica della performance e politiche ambientali);
- uso dell'energia (consumi ed emissioni di CO2);
- benessere e comfort (interno ed esterno);
- inquinamento (aria e acqua);
- trasporti (emissioni di CO2 e accessibilità con mezzi pubblici o biciclette);
- uso del terreno (riuso di aree industriali o siti contaminati);
- ecologia (valore ecologico del sito);
- materiali (eco-compatibilità dei materiali da costruzione);
- acqua (consumi).

11

Figura 10
Logo certificazione GBC.

Figura 11
Logo certificazione BREEM.

12

LEED Il Leadership in Energy and Environmental Design è un schema di valutazione della qualità energetico ambientale delle costruzioni, promulgato negli Stati

Uniti nel marzo del 2000, di applicazione volontaria, orientato al mercato e formato su una base di consenso. Il sistema è stato infatti promosso dall'US Green Council Membership che rappresenta tutti gli attori del settore delle costruzioni e in ogni fase di elaborazione è stato offerto a un esame pubblico.

Il LEED è destinato ai progettisti e ai gestori dei processi di costruzione di edifici

commerciali, come guida per un design eco-compatibile dato che è strutturato come una check-list ed organizzato in base a problematiche ecologiche familiari agli architetti.

Figura 12
Logo certificazione LEED.

Figura 13
Logo certificazione HQE.

Figura 14
Logo certificazione MINERGIE.

13

HQE Il sistema francese Haute Qualité Environnementale si basa su due componenti:

- un obiettivo di qualità ambientale (QE) dei fabbricati per ottenere, migliorare o mantenere la qualità dei fabbricati nel campo delle operazioni di costruzione, ristrutturazione e gestione
- un sistema di "gestione ambientale delle operazioni" per organizza

14

MINERGIE Minergie è un sistema elaborato in Svizzera che permette di rilasciare un marchio di qualità destinato agli edifici nuovi e rinnovati. Il marchio è tutelato congiuntamente dalla Confederazione, dai Cantoni e dall'economia che lo proteggono da qualsiasi abuso. L'obiettivo principale è il comfort: il comfort nelle abitazioni e sul posto di lavoro per tutti gli utenti degli edifici. Un involucro dell'edificio di alta qualità e un ricambio d'aria sistematico permettono di garantire tale comfort. L'indice energetico è la grandezza di riferimento che permette di quantificare la qualità della costruzione e di procedere a una valutazione attendibile.

Per le attività produttive, esistono dei regolamenti e delle norme che tendono a responsabilizzare le imprese nei riguardi del miglioramento continuo delle proprie prestazioni ambientali: ISO 14001 La norma internazionale ISO 14001 porta ad un'attestazione di conformità del sistema di gestione ambientale (SGA) dell'organizzazione ai requisiti della norma; la conformità è attestata da un terzo indipendente (organismo di certificazione) accreditato secondo i requisiti dell'European Accreditation (EA). La norma richiede che l'azienda definisca i propri obiettivi e target ambientali e implementi un sistema di gestione ambientale (SGA) che permetta di raggiungerli.
La logica volontaristica della ISO 14001 lascia la libertà all'azienda di scegliere quali e quanti obiettivi di miglioramento perseguire, anche in funzione delle possibilità economiche e del livello tecnologico già esistente in azienda.

EMAS Il Regolamento europeo EMAS si propone l'obiettivo di favorire, su base volontaria, una razionalizzazione delle capacità gestionali dal punto di vista ambientale delle organizzazioni (intese come società, aziende, imprese, autorità o istituzioni, o parte o combinazione di essi, con o senza personalità giuridica pubblica o privata, aventi amministrazione o funzioni proprie), basata non solo sul rispetto dei limiti imposti dalle leggi, che rimane comunque un obbligo dovuto, ma sul miglioramento continuo delle proprie prestazioni ambientali, sulla creazione di un rapporto nuovo e di fiducia con le istituzioni e con il pubblico e sulla partecipazione attiva dei dipendenti. Porta ad una dichiarazione ambientale destinata alla comunicazione con il pubblico il cui contenuto informativo è convalidato, per gli aspetti di attendibilità, da un terzo indipendente (verificatore ambientale) accreditato secondo i requisiti dell'Eco Management and Audit Scheme (EMAS).

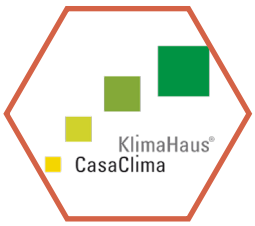
15

Figura 15
Logo certificazione EMAS.

- **ESEMPI NAZIONALI:**

16

ITACA E' la traduzione italiana del sistema internazionale GBC elaborata da un tavolo di lavoro promosso da alcune regioni italiane.



17

CASA CLIMA E' un sistema di certificazione principalmente energetica sviluppato dalla Provincia di Bolzano per il rilascio di una certificazione energetica che informa il consumatore attraverso una presentazione semplificata riguardo al fabbisogno energetico di una casa. Il senso del certificato CasaClima è quello di facilitare l'utente nel decidere l'acquisto o l'affitto di un'abitazione mediante la trasparenza dei costi energetici.

18

SB100 E' un sistema integrato messo a punto da una rete di enti pubblici attraverso i loro tavoli tecnici e da un comitato scientifico coordinato da ANAB Associazione Nazionale Architettura Bioecologica che affronta in modo complessivo gli aspetti dello sviluppo sostenibile (ecologico, sociale, economico) applicati al settore edilizio. Il sistema si basa su un metodo prestazionale sviluppato in un software open source che consente in modo semplice l'attribuzione di un punteggio al fabbricato che esprime il livello di sostenibilità e il fabbisogno energetico.

Figura 16
Logo certificazione ITACA.

Figura 17
Logo certificazione Casa Clima.

Figura 18
Logo certificazione SB100.

Figura 19
Logo certificazione INBAR.

19

INBAR E' una procedura di certificazione delle performance energetico ambientali degli edifici (a carattere volontario) messa a punto da INBAR Istituto Nazionale di Bioarchitettura®, in linea con gli standards di certificazione energetico ambientale accettati a livello internazionale, capace di valutare l'impatto di una costruzione durante tutto il suo ciclo di vita. Il MARCHIO intende certificare un corretto processo edilizio che porta al conseguimento di prestazioni energetico am-

bientali ritenute caratterizzanti l'edilizia sostenibile. La procedura di certificazione fa riferimento alla fase decisionale, a quella realizzativa ed infine a quella gestionale di edifici di nuova realizzazione e di recupero a carattere residenziale o a questa assimilabili.

BEST Class E' una procedura per la certificazione energetica degli edifici, elaborata nell'ambito di un contratto di ricerca tra il dipartimento BEST del Politecnico di Milano e la Provincia di Milano. Gli edifici vengono classificati secondo due indicatori di prestazione, il primo riguarda il comportamento energetico dell'involucro, il secondo riguarda il comportamento energetico del sistema edificio - impianto. La procedura di calcolo si basa sulla norma UNI EN 832 nella quale sono state introdotte delle semplificazioni allo scopo di rendere la procedura stessa più oggettiva e soprattutto replicabile.

20

ICMQ E' uno schema di certificazione degli edifici finalizzato al rilascio del certificato "Sistema edificio".

21

Figura 20
Logo certificazione SACERT.

Figura 21
Logo certificazione ICMQ.

4.4
La certificazione energetica come strumento a supporto della definizione di nuovi modelli energetici

Nel settore edilizio incidente sulle attuali e future trasformazioni territoriali, acquisiranno fondamentale importanza, dunque, le nuove normative in ambito energetico. I continui sviluppi in tal senso condurranno ad una riformulazione delle strategie vigenti che dovrebbero tenere maggiormente conto delle tecniche costruttive, della compatibilità e del rendimento del sistema edificio-impianto.
Per la futura evoluzione del settore costruttivo sarà dunque determinante l'attuazione di nuove strategie energetiche che favoriscano l'acquisizione di energia dall'ambiente circostante e allo stesso tempo predispongano scelte costruttive eco-compatibili.
Il punto di partenza sono senz'altro le realtà politiche che sino ad oggi hanno definito e veicolato le scelte di tipo energetico sul nostro territorio. Alla base dell'analisi dei piani e degli allegati energetici riferibili ai territori che hanno visto il maggior sviluppo di edifici nZEB (fra cui quelli analizzati nei capitoli successivi) sono rintracciabili dei punti comuni e delle linee guida che vedono questi strumenti di pianificazione allineati rispetto al raggiungimento di precisi obiettivi di risparmio energetico.
Alla base dell'attuazione di questi strumenti di progettazione urbana vi è certamente la centralizzazione della dimensione ambientale o meglio di sostenibilità ambientale, incardinata su precisi criteri di conservazione, selezione e rigenerazione del panorama edilizio. Tali criteri vanno dunque ricercati attraverso l'applicazione di protocolli e modalità di certificazione oggi in rapida diffusione; questi ultimi si configurano come uno step pressoché necessario se vogliamo riuscire ad ottenere dei risultati in termini di sostenibilità che siano quantificabili e che soprattutto rispondano positivamente in termini di garanzia di basso impatto ambientale.
Questi principi devono necessariamente trovare riscontro anche nella formulazione dei nuovi strumenti di pianificazione energetica e allo

stesso tempo essere complementari a nuove condizioni: ad esempio una maggiore selettività delle risorse presenti sull'area d'intervento e delle caratteristiche climatiche del luogo, nella fattispecie l'incidenza della radiazione solare, la qualità dell'aria, la ventilazione ecc.
Al principio di selettività poi andrebbe associata la capacità di rigenerazione del manufatto edilizio, nella misura in cui esso è in grado di ricreare le opportune condizioni di comfort abitativo attraverso la giusta progettazione ed installazione della componente impiantistica.
Gli edifici del prossimo futuro, in quanto edifici ad energia quasi zero dovrebbero poter rispettare i principi di compatibilità ambientale, rintracciabili nella tendenza a costruire in rapporto all'ambiente e alle sollecitazioni dell'ambiente stesso. Inoltre, non meno importante, dovrebbe essere la versatilità dell'edificio rintracciabile nelle scelte dei materiali, ancor meglio se individuati attraverso le operazioni di valutazione prima citate e certificabili attraverso gli opportuni protocolli vigenti; questi costituiscono l'involucro ed è per questo che le scelte costruttive dovrebbero essere delle scelte oculate in cui sia tenuta in larga considerazione la capacità degli stessi di fruttare il più possibile le loro capacità intrinseche a favore del comfort indoor, il tutto in una visione dii qualità ambientale e rispetto del contesto in cui si opera.

5 Regione Piemonte: "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero"

La Giunta regionale piemontese nell'ambito degli strumenti di incentivazione previsti dalla legge regionale 23/2002 (Disposizioni in campo energetico), ha approvato i criteri e le modalità per la concessione di contributi in conto capitale, nella misura del 25% dei costi ammissibili, per la realizzazione di edifici "a energia quasi zero", ossia edifici ad altissima prestazione energetica e che utilizzano energia prevalentemente da fonti rinnovabili. [9]

[9] Regione Piemonte: Bando regionale per la concessione di contributi per la realizzazione di edifici a energia quasi zero (D.G.R. 41-2373 del 22/07/2011).

A concretizzare quanto sopra espresso sono stati predisposti il bando e i relativi allegati tecnici approvati con determinazione dirigenziale n. 160 del 25 luglio 2011.

Con la pubblicazione di tale bando, la Regione Piemonte si dimostra attiva nel campo dell'architettura sostenibile, attraverso la realizzazione di edifici ad energia quasi zero sperimentali, che si attestano come punto di partenza per una futura realizzazione di un territorio energeticamente efficiente.

Inoltre, attraverso questa iniziativa, l'Ente Regione Piemonte si attesta come un precursore nell'ambito degli edifici nZEB, in quanto al momento della pubblicazione di questo bando non era ancora stata ufficialmente introdotta la definizione di edifici nZEB a scala nazionale.

La realizzazione di queste abitazioni legate a progetti di competenza dell'amministrazione pubblica mettono in luce le reali ricadute operative sul territorio e la proposta di indagare maggiormente aspetti della progettazione sostenibile ed incentivare in futuro le iniziative di efficientamento sia alla scala architettonica che a quella più vasta.

Viene citato integralmente un estratto da:
Bando regionale per la concessione di contributi per la realizzazione di edifici a energia quasi zero
#D.G.R. 41-2373 del 22/07/2011

5.1 Finpiemonte: ruolo e gestione del bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici ad energia quasi zero"

Finpiemonte è una società "in house", ovvero a totale capitale pubblico, di proprietà della Regione Piemonte al 97% , delle Camere di Commercio del Piemonte, di alcune Province e del Comune di Torino.

Nasce nel 1977 ed è la struttura che si occupa della gestione e amministrazione dei fondi che la Regione predispone per gli interventi di sviluppo sul territorio regionale. Nello specifico, la società svolge attività di supporto nelle dinamiche pubbliche regionali, in modo tale da valutare la fattibilità delle strategie territoriali e l'applicabilità di investimenti a vantaggio dello sviluppo nell'ambito della ricerca e dell'innovazione.

Finpiemonte, oltre a concedere finanziamenti ed incentivi agli attori operanti sul territorio regionale, si dedica allo studio del territorio mettendo in pratica programmi che consentono operazioni di monitoraggio degli interventi effettuati.

Il ruolo di una società come questa che opera nell'ambito della agevolazioni e delle strategie finanziarie a livello regionale si è rilevato di fondamentale importanza nello sviluppo dei progetti ammessi al bando.

Nelle dinamiche di adesione, controllo ed erogazione delle agevolazioni, Finpiemonte ha svolto una funzione di mediazione e di congiunzione tra il sistema creditizio incaricato della disposizione del contributo, le figure professionali impiegate nella progettazione e i beneficiari, nonché investitori principali e proprietari degli edifici realizzati secondo i termini stabiliti nel bando e approvati da Finpiemonte.

In particolar modo, il Bando prevedeva la richiesta del contributo per la realizzazione di edifici ad energia quasi zero, da soggetti "in qualità di proprietari o titolari di diverso diritto reale o di godimento rispetto all'intervento (da realizzarsi in Piemonte)".

Inoltre, venivano puntualmente espressi quelli che sono i costi am-

missibili da bando, definiti tali se relativi ad opere finalizzate ad ottenere ottime prestazioni dal punto di vista energetico.

Nel dettaglio, si fa riferimento:

> "a) spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, collaudo e certificazione dell'edificio (nei limiti dell'importo massimo del 15% delle spese ammissibili);
> b) fornitura e posa in opera dei materiali e dei componenti necessari a realizzare:
> - L'involucro edilizio a elevate prestazioni che delimita il volume climatizzato;
> - L'impiantistica innovativa a servizio dell'edificio."

Finpiemonte aveva, inoltre, predisposto una procedura per l'assegnazione dell'agevolazione, nonché un contributo a fondo perduto, pari al 25 % dei costi ammissibili inclusivi di IVA; tale contributo vedeva come soglia massima erogabile una quota pari ad euro 200.000,00 per ogni singolo intervento ammesso al bando. L'incentivo, infine, non era previsto per "interventi i cui costi ammissibili determinavano un contributo inferiore ad euro 20.000,00."
Tutte le operazioni relative al recepimento e alla valutazione delle varie domande da parte dei singoli proprietari, facevano fede alla gestione del bando da parte di Finpiemonte che predisponeva l'erogazione del contributo, in seguito ad un'attenta esamina della validità delle documentazioni, funzionali alla concessione del contributo stesso.
Le domande venivano vagliate seguendo un preciso iter valutativo, coordinato da un apposito Comitato Tecnico di Valutazione, al termine di 90 giorni dalla presentazione delle domande, Finpiemonte comunicava l'esito ad ogni singolo beneficiario.

Tutti gli interventi ammessi al bando, dovevano poter essere realizzati entro delle tempistiche ben definite attraverso un crono-programma che aveva una durata massima di 24 mesi a partire dalla data di concessione del contributo, fatta eccezione per particolari casi, ben motivati, in cui questo limite di tempo era slittato a 30 mesi.

Inoltre, va evidenziato che i beneficiari degli interventi ammessi al bando, erano tenuti a rispettare i termini previsti, quali ad esempio quelli relativi alla fine dei lavori, per cui era necessario presentare opportuna rendicontazione.

Altro obbligo per i beneficiari era quello di inviare direttamente a Finpiemonte i dati di monitoraggio, adeguatamente prelevati e inseriti nei relativi fogli di monitoraggio dei consumi energetici, reperibili sullo stesso sito di Finpiemonte.

Vengono, infine, delegate alla Regione, le operazioni di verifica e conformità degli interventi e delle modalità realizzative degli stessi, che può a sua volta decidere di ridurre o revocare l'agevolazione erogata nel caso di mancato adempimento da parte del beneficiario di quanto esplicitato all'interno del bando.

Viene citato integralmente un estratto da:
Bando regionale per la concessione di contributi per la realizzazione di edifici a energia quasi zero
#D.G.R. 41-2373 del 22/07/2011

5.2 Requisiti minimi degli edifici a energia quasi zero ammessi al bando

All'interno dell'Allegato 2 del bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero" sono esplicitati i requisiti minimi che l'edificio in progetto deve rispettare al fine di poter essere definito come edificio ad energia quasi zero e soprattutto per poter godere dei contributi erogati dalla Regione Piemonte, attraverso l'adesione al bando. In modo particolare, viene sottolineato che gli edifici definiti idonei e quindi ammissibili al bando, sono quelli che in fase di valutazione risultano avere dei fabbisogni di energia termica per il riscaldamento nella stagione invernale e per il raffrescamento in quella estiva, molto contenuti.
E' fatto obbligo che tali edifici rispettino i seguenti requisiti minimi:

- Il fabbisogno ideale di energia per il riscaldamento $Q_{H,nd}$ (UNI TS 11300-1) non deve superare i 15 (KWh/m^2) *anno.
- Il fabbisogno ideale di energia per il raffrescamento $Q_{C,nd}$ (UNI TS 11300-1) non deve superare i 10 Kwh/mq*anno.
- Il fabbisogno di energia primaria totale dell'edificio (considerando i seguenti servizi energetici: riscaldamento invernale, raffrescamento estivo, preparazione di acqua calda sanitaria e illuminazione) deve essere coperto mediante produzione da fonti energetiche rinnovabili, tramite impianti localizzati sull'edificio o sulle pertinenze dello stesso per una quota pari ad almeno il 50%.

E' bene specificare, inoltre, che al momento della pubblicazione del bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero" la normativa nazionale vigente in campo di efficienza energetica era il Decreto del Presidente della Repubblica del 2 aprile 2009 n.59 entrato in vigore il 25 Giugno 2009, ovvero il D.P.R. 59 del 2009, che andava ad introdurre delle modifiche ai requisiti di

prestazione energetica invernale e nuovi requisiti per quella estiva.
Inoltre, il bando attua la L.R. 23 ottobre 2002 che pone la regione Piemonte al raggiungimento degli obiettivi nazionali in ambito energetico (articolo 12 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia) attraverso la realizzazione di interventi di efficientamento energetico, attuabili col sostegno di contributi regionali.
Infine, il bando imponeva agli edifici dichiarati ammissibili, il calcolo dell'energia primaria attraverso l'utilizzo dei fattori di conversione dell'energia primaria stessa a partire dai diversi vettori energetici sotto indicati.

Vettore energetico	$f_{P,tot}$
Gasolio	1,35
Olio combustibile	1,35
Gas naturale	1,36
GPL	1,36
Carbone	1,40
Biomasse	1,09
Energia elettrica da rete	2,18
Fonti rinnovabili (sia elettrica sia termica)	1,00
Energia elettrica da cogenerazione locale	1,00

Tabella 10
Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici 2011.

10

I fattori di conversione dell'energia primaria, aggiornati ad oggi, risultano diversi rispetto a quelli precedentemente illustrati in tabella, che fanno riferimento all'anno 2011.

Vettore energetico	$f_{P,nren}$	$f_{P,ren}$	$f_{P,tot}$
Gas naturale [1]	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide [2]	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose [2]	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete [1]	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento [4]	1,50	0	1,50
Rifiuti solidi urbani	0,20	0	0,20
Teleraffrescamento	0,50	0	0,50
Energia termica da collettori solari	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno-free cooling	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno-pompa di calore	0	1,00	1,00

NOTA:
[1] I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti dal GSE (Gestore Servizi Energetici)

11

Tabella 11
Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici $f_{P,TOT} = f_{P,REN} + f_{P,NREN}$ 2016.
Allegato 1, Art.1.1, D.M. 26/06/2015.

6 Guida alla lettura dei dati di monitoraggio

Uno degli obblighi imposti ai beneficiari degli interventi ammessi al bando è la raccolta a cadenza mensile dei dati di consumo energetico degli edifici, nei successivi tre anni dopo la fine delle operazioni di efficientamento energetico.
Come già precedentemente detto, tali dati dovevano essere inviati in Finpiemonte sottoforma di fogli Excel, il cui template era disponibile sul sito di Finpiemonte, opportunamente compilati dai singoli proprietari.
Il template è stato completato di tutti i dati mensili reperiti attraverso un sistema di monitoraggio inserito in ogni edificio che ha permesso di estrapolare i consumi elettrici e del gas naturale dai singoli contatori.
L'elaborazione ed interpretazione di questi dati parte perciò dalla lettura dei fogli Excel sopraggiunti in Finpiemonte; ad ogni edificio perciò corrisponde una serie di fogli di lavoro contenente i valori rilevati e pertinenti a diverse sezioni espresse nel template stesso, specificate di seguito.

Foglio **"ANAGRAFICA INTERVENTO"**: in questo foglio che si attesta come il primo della serie, l'utente è tenuto ad inserire i dati principali relativi all'edificio, oltre che alla sua localizzazione geografica e all'indicazione del mese di rilevazione dei dati.

Foglio **"T INTERNA ZONA 1"**: in questo foglio l'utente va ad inserire la temperatura rispetto alla zona termica 1 dell'edificio.

Foglio **"T INTERNA ZONA 2"**: in questo foglio l'utente può inserire ulteriori valori di temperatura interna laddove venga individuata una seconda zona termica.

Foglio " T INTERNA ZONA 3": in questo foglio l'utente può inserire ulteriori valori di temperatura interna laddove venga individuata una terza zona termica.

Foglio **"CONSUMO GAS GN"**: in questo foglio l'utente va ad inserire il dato relativo al consumo di gas rilevato nell'ultimo giorno del mese di monitoraggio considerato.

Foglio **"CONSUMO ENERGIA ELETTRICA EE"**: in questo foglio l'utente va ad inserire il valore del consumo di energia elettrica totale in ingresso al contatore opportunamente collocato nell'edificio.

Foglio **"ENERGIA ELETTRICA DA FER EErinn"**: in questo foglio l'utente inserisce i valori relativi alla produzione settimanale di energia elettrica da fotovoltaico o da altri impianti a fonte rinnovabile di cui l'edificio è dotato.

Foglio **"ENERGIA ELETTRICA RISCALDAMENTO ACS EEi"**: in questo foglio l'utente è tenuto ad inserire i valori relativi all'energia elettrica consumata settimanalmente dal sistema edificio-impianto per i servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.

Foglio **"ENERGIA ELETTRICA RAFFRESCAMENTO EEe"**: in questo foglio l'utente inserisce i valori settimanali di energia elettrica consumata dal sistema edificio-impianto per il servizio di raffrescamento estivo, per cui il foglio va compilato solo ed esclusivamente per i mesi della relativa stagione di raffrescamento.

Foglio **"ENERGIA ELETTRICA ILLUMINAZIONE EEill"**: in questo foglio l'utente può inserire i dati relativi ai consumi di energia elettrica, rilevati

settimanalmente, per far fronte all'illuminazione artificiale. Tale parametro è opzionale per cui l'utente può decidere di non compilarlo laddove non sia presente nell'edificio un sistema di rilevazione opportuno.

Foglio **"ENERGIA ELETTRICA AUSILIARI EEaux"**: in questo foglio l'utente è tenuto ad inserire i valori di energia elettrica consumata, settimanalmente, dagli eventuali sistemi ausiliari presenti nell'edificio; il rilevamento di questo parametro e la compilazione di tale foglio è opzionale.

Foglio **"ENERGIA TERMICA SOLARE ST"**: in questo foglio l'utente inserisce i valori settimanali di energia atermica utile prodotta dall'impianto solare termico installato a supporto dell'edificio stesso.

Foglio **"ENERGIA TERMICA PDC ETpdc"**: in questo foglio l'utente deve inserire i valori di energia termica utile prodotta dalla presenza di una pompa di calore, rilevati settimanalmente.

Foglio **"ENERGIA TERMICA ALTRO GENERATORE ETgen"**: in questo foglio l'utente è tenuto ad inserire i valori di energia termica utile prodotta dalla presenza di diversi sistemi di generazione installati a servizio dell'edificio che siano diversi dalla pompa di calore e/o dal sistema solare termico.

7 Processo di rielaborazione dati e verifica dei requisiti richiesti dal bando

Nei capitolo a seguire verranno presentati i risultati delle analisi effettuate sui dati di monitoraggio relativi a una parte degli edifici che sono stati ammessi al bando, nello specifico di diciassette edifici rispetto ai venticinque totali.

Quello che è stato fatto è un raffronto puntuale fra i dati di monitoraggio e i dati di progetto al fine di verificare la reale situazione dei consumi energetici degli edifici del bando, ed il conseguente livello di efficienza energetica degli stessi.

Per la verifica dei requisiti richiesti dal bando è stato necessario selezionare solo quei casi che presentavano un rilevamento dei parametri di monitoraggio che fosse costituito quanto meno da dodici mensilità di dati.

In modo particolare, sono stati verificati due dei tre i requisiti espressi nel paragrafo 6.3 del bando, nonché il fabbisogno termico invernale $QH,nd/Su$ con valori inferiori o uguali a 15 (KWh/m^2)*anno e la verifica del requisito sulla copertura energetica da fonti rinnovabili, $QPtot,RINN/QPtot$ pari o superiore al 50%.

Non è stato possibile verificare il terzo requisito richiesto dal bando, ovvero quello relativo al fabbisogno per il raffrescamento estivo $QC,nd/Su$ minore uguale 10 (KWh/m^2)*anno, in quanto non sono presenti i dati di monitoraggio rispettivamente al raffrescamento estivo.

7.1 Verifica del fabbisogno termico invernale

Per determinare i valori relativi al fabbisogno termico invernale e verificare che essi rispettassero i valori limiti imposti dal bando, nonché riferiti ai requisiti minimi del D.M. 26 giugno 2005, si è proceduto partendo dall'acquisizione dei dati di consumo dell'energia elettrica per i servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, presenti nel foglio "Energia elettrica riscaldamento acs EEi" e i dati

relativi alla produzione di energia termica della pompa di calore installata, rispettivamente nel foglio "Energia termica Etpdc" dei fogli di monitoraggio.
A questi dati, preventivamente rielaborati, è stato applicato il metodo dei rendimenti con il quale è stato possibile desumere il $Q_{H,nd}$ mensile nella stagione di riscaldamento e verificare che il requisito $Q_{H,nd}/Su \leq 15$ (kWh/m^2)* anno fosse più o meno rispettato.

7.2 Metodo dei rendimenti

Alla Norma Tecnica UNI TS 11300 – Parte 2 consente di determinare il fabbisogno di energia utile per la preparazione dell'acqua calda sanitaria, il rendimento dei sottosistemi dell'impianto ed il rendimento globale medio stagionale.
Si è dunque fatto riferimento alla procedura indicata dalla Norma Tecnica al fine di determinare il fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento.
Per far ciò il punto di partenza è stata la suddivisione in due macrosistemi: produzione di acqua calda sanitaria e riscaldamento, per i quali si sono considerati i rispettivi sottosistemi di emissione, regolazione, distribuzione e generazione. Per ogni sottosistema, inoltre, sono state computate le eventuali aliquote di energia persa.
In ultima analisi, si trova il sistema di generazione che in tutti i casi analizzati presentava una duplice valenza, ovvero: produrre calore sia per il riscaldamento degli ambienti interni che per l'acqua calda sanitaria. Di conseguenza, al fine di ottenere il valore relativo al singolo fabbisogno per il riscaldamento invernale $Q_{H,nd}$ richiesto dalle verifiche del bando, si è sottratto il fabbisogno per la produzione di acs $Q_{W,nd}$.
Quest'ultimo a sua volta, è stato calcolato sempre applicando la procedura indicata dalla UNI 11300-2, punto 7.1.1, ovvero in base al

volume d'acqua richiesto in funzione della destinazione d'uso e di quella che è la differenza fra temperatura di erogazione e la temperatura d'immissione dell'acqua fredda, di cui di seguito:

$$Q_w = \sum_i \rho_w \cdot c_w \cdot \sum_i [V_{w,i} \cdot (\theta_{er,i} - \theta_0)] \cdot G$$

Dove:

Q_w = fabbisogno di energia termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria [kWh];

ρ_w = massa volumica dell'acqua, da ipotizzare pari a 1000 [kg/m^3];

c_w = calore specifico dell'acqua, pari a 1,162 $\cdot 10^{-3}$ [kWh/(kg $\cdot$ K)];

$V_{w,i}$ = volume di acqua giornaliero per l'i-esimo servizio richiesto espresso in [m^3/d];

$\theta_{er,}$ = temperatura di erogazione dell'acqua per l'i-esimo servizio richiesto [°C];

θ_0 = temperatura dell'acqua in ingresso [°C];

G = numero di giorni del periodo considerato per il calcolo [d];

L' importante specificare che trattandosi di un'analisi su edifici con destinazione d'uso residenziale, il volume d'acqua giornaliero V_w fa riferimento all'esclusivo utilizzo domestico, per cui V_w è calcolato come segue:

$$V_w = a \cdot Su + b$$

Dove:

a = indicatore presente in tabella N [l/m^2 d];

Su = superficie utile dell'abitazione [m^2];

Tabella 12
Parametri a e b, da prospetto 30, UNI 11300-2.

	$S_u \leq 35$ m^2	$35 < S_u \leq 50$ m^2	$50 < S_u \leq 200$ m^2	$S_u > 200$ m^2
a [l/m^2 d]	0	2,667	1,067	0
b [l/d]	50	-43,33	36,67	250

b = indicatore presente in tabella N [l/d];

Si specifica, inoltre:

$\theta_{er,}$ = 40 °C;

θ_0 = si calcola attraverso la procedura indicata dalla UNI 11300-2 in cui si prevede di utilizzare come θ_0 la media annuale delle temperature medie mensili dell'aria esterna delle singole località;

Dopo aver calcolato Q_w si procede con la determinazione dell'energia termica prodotta dall'impianto solare termico, il cui dato è reperibile nel foglio di monitoraggio "Energia termica solare ST" e lo si confronta con il fabbisogno di energia utile per la produzione di acqua calda sanitaria Q_w

- Se $Q_{st} < Q_w$, cioè se l'energia termica prodotta dall'impianto solare termico (Q_{st}) è minore del fabbisogno di energia utile per la produzione di acs (Q_w) allora Q_{st} è completamente utilizzabile:

$$Q_{st,Ut} = Q_{st} \quad [kWh]$$

Dove:

$Q_{st,Ut}$ = energia termica da impianto solare termico realmente utilizzabile [kWh];

- Se $Q_{st} > Q_w$, cioè se l'energia termica prodotta dall'impianto solare termico (Q_{st}) è in grado di utilizzarne una quota massima pari a Q_w :

$$Q_{st,Ut} = Q_w \quad [kWh]$$

Il surplus dato dalla differenza di Q_{st} - Q_w, non è incluso nel calcolo dell'energia primaria da fonti rinnovabili.

7.3 Coefficiente di rendimento di generazione delle pompe di calore: C.O.P.

Gli edifici analizzati fanno affidamento nella maggior parte dei casi, all'utilizzo di una pompa di calore per far fronte ai servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.

La pompa di calore mette in atto i principi di funzionamento di un ciclo termodinamico meglio conosciuto come Ciclo di Carnot; il suo scopo è quello di trasferire il calore e di conseguenza energia termica, da una "sorgente" a temperatura inferiore ad una a temperatura superiore, in tal modo si effettua un'operazione di tipo inverso rispetto a ciò che accade normalmente in natura, dove al contrario, il trasferimento di calore avviene in maniera spontanea da una temperatura maggiore ad una inferiore.

Il circuito di cui una pompa di calore è dotata, include principalmente compressori, condensatori e scambiatori di calore, nonché tubazioni in cui passa un fluido frigorigeno che compie una serie di trasformazioni ovvero evaporazioni e condensazioni che permettono di acquisire calore da un ambiente a temperatura minore, cioè freddo e trasferirlo ad uno a temperatura maggiore, ovvero caldo.

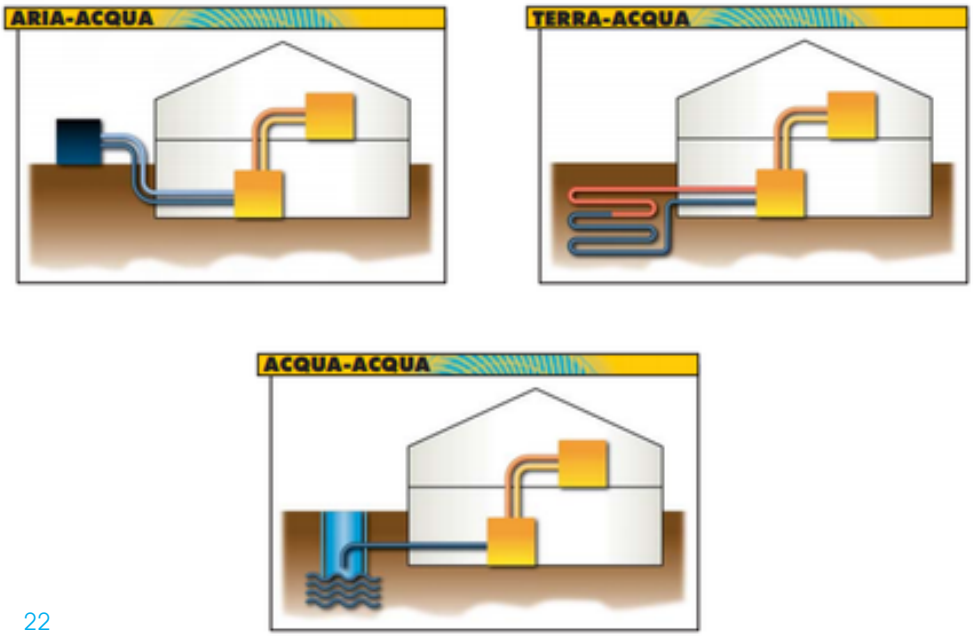
Osservando nel dettaglio il funzionamento del circuito della pompa di calore si individuano due fasi essenziali: la fase di condensazione e quella di evaporazione. In quest'ultima fase il fluido esegue un passaggio di stato da liquido a gassoso e in tal modo preleva calore dall'ambiente in cui è posto lo scambiatore, raffreddandolo.

Successivamente, il fluido allo stato gassoso viene portato ad alta pressione all'interno di un compressore, in tal modo viene poi trasferito in un condensatore, dove raffreddandosi e condensando, rilascerà calore all'ambiente da riscaldare.

Inoltre grazie al loro grado di reversibilità, le pompe di calore possono invertire il ciclo e funzionare anche con lo scopo di raffrescare, prelevando calore dall'ambiente interno e trasferendolo all'esterno.

In base al tipo di mezzo esterno utilizzato come sorgente fredda, che

sia aria, acqua o il terreno, le pompe di calore vengono identificate come aero-termiche, idro-termiche o geotermiche.
E' evidente che l'utilizzo di macchine così funzionanti porta ad un potenziale incremento delle fonti rinnovabili e quindi a una maggiore efficienza dell'edificio.



22

Figura 22
Tipologie di pompe di calore.
Fonte: http://www.efficienzaenergetica.enea.it/Cittadino/climatizzatori/solo-freddo-e-pompe-di-calore.

E' possibile distinguere varie tipologie di pompe di calore in base al pozzo freddo e al pozzo caldo per cui sono caratterizzate.
In tal senso, facciamo riferimento alle cosiddette pompe di calore aria-acqua, aria-aria, terra-acqua e acqua-acqua.
Il vantaggio di pompe come queste è quello di attingere a risorse di tipo rinnovabile, si pensi ad esempio alle pompe Aria-aria che utilizzano come pozzo freddo l'aria in ambiente esterno, disponibile in maniera illimitata. Lo svantaggio però, è che la potenza della pom-

pa diminuisce all'abbassarsi della temperatura della sorgente, per cui spesso risulta più conveniente l'adozione di una pompa di calore che abbia l'aria interna come sorgente fredda, che si trova ad una temperatura maggiore rispetto all'esterno.

Per quanto riguarda le pompe di calore che utilizzano l'acqua come sorgente fredda, anche se richiedono costi aggiuntivi sull'installazione di ulteriori tubazioni, questo tipo di pompa di calore consente delle buone prestazioni senza essere influenzata dal clima esterno.

Infine, le pompe geotermiche, sebbene relativamente costose, utilizzano il terreno come sorgente fredda a vantaggio di una minor numero di sbalzi di temperatura rispetto all'aria.

Il livello di efficienza di una pompa di calore è espresso attraverso l'indicatore C.O.P. che è dato dal rapporto fra l'effetto utile ovvero l'energia termica prodotta e l'energia impiegata per compiere il ciclo, nonché l'energia elettrica utilizzata. Sulla determinazione del valore di C.O.P. di una pompa di calore influiscono diversi fattori, fra cui ad esempio le condizioni di temperatura ed il tipo di fluido utilizzato.

I valori di C.O.P. sono generalmente maggiori di 1 e si attestano intorno a valori prossimi a 3. Ciò vuol dire che vengono forniti circa 3kWh di energia termica per il riscaldamento, a fronte di 1kWh di energia elettrica consumata. Di seguito vengono riportati in tabella i valori minimi di C.O.P. vigenti a partire dal 2016, di quelle che sono le tipologie di pompe di calore più diffuse.

TIPO DI PDC esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP
aria/aria	Bulbo secco entrata: 7 °C Bulbo secco entrata: 6 °C	Bulbo secco entrata: 20 °C Bulbo secco entrata: 15 °C	3,5
aria/acqua potenza termica utile <35kW	Bulbo secco entrata: 7 °C Bulbo secco entrata: 6 °C	Bulbo secco entrata: 30 °C Bulbo secco uscita: 35 °C	3,8
aria/acqua potenza termica utile ≥35kW	Bulbo secco entrata: 7 °C Bulbo secco entrata: 6 °C	Bulbo secco entrata: 30 °C Bulbo secco uscita: 35 °C	3,5
acqua/aria	Bulbo secco entrata: 15 °C Bulbo secco uscita: 12 °C	Bulbo secco entrata: 20 °C Bulbo secco entrata: 15 °C	4,2
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10 °C	Temperatura entrata: 30 °C Temperatura uscita: 35 °C	4,2

13

Tabella 13
Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche servizio di riscaldamento, 2016. Integrazioni al d.P.P. 13/07/2009, n.11-13/Leg. e s.m.i.

Nella fase di analisi dei dati di monitoraggio, si è proceduto a calcolare i valori di C.O.P. degli edifici esaminati attraverso il rapporto fra l'effetto utile e l'energia elettrica consumata, partendo dall'acquisizione dei dati di energia termica prodotta della pompa di calore presente nel foglio "Energia termica pdc ET_{pdc}" e quelli di energia elettrica consumata, in "Energia elettrica riscaldamento acs EE_i".
Il C.O.P. è stato calcolato per tutte le mensilità che compongono la stagione di riscaldamento a partire da dati di monitoraggio a disposizione. Nei casi studio, dunque, il rendimento di generazione corrisponde ai valori di C.O.P. il cui valore varia di mese in mese.
Possiamo vedere nella tabella successiva le caratteristiche delle pompe di calore installate nei 17 edifici e i corrispondenti valori di potenza utile nominale degli impianti.

NZEB	Tipologia	Servizio	Potenza utile nominale [kW]	C.O.P.
1	aria/acqua	riscaldamento + acs	6,84	3,35
2	aria/acqua	riscaldamento + acs	12,3	3,4
3	aria/acqua	riscaldamento + acs	10.00	3,6
4	aria/acqua	riscaldamento + acs	6.00	3,25
5	aria/acqua	riscaldamento + acs	6.00	3,4
6	aria/acqua	riscaldamento + acs	7,28	3,6
7	aria/acqua	riscaldamento + acs	6,31	3,5
8	aria/acqua	riscaldamento + acs	6.00	3,2
9	aria/aria	riscaldamento + acs	6,1	3,5
10	aria/aria	riscaldamento + acs	11,2	3,35
11	aria/acqua	riscaldamento + acs	8,82	3,55
12	aria/acqua	riscaldamento + acs	8,3	3,55
13	aria/acqua	riscaldamento + acs	11,2	4,46
14	aria/acqua	riscaldamento + acs	9,11	3,94
15	aria/acqua	riscaldamento + acs	13,72	4,37
16	aria/acqua	riscaldamento + acs	11,6	3,3
17	aria/acqua	riscaldamento + acs	16,5	4,47

Tabella 14
Requisiti e condizioni Caratteristiche pompe di calore installate dei 17 casi studio

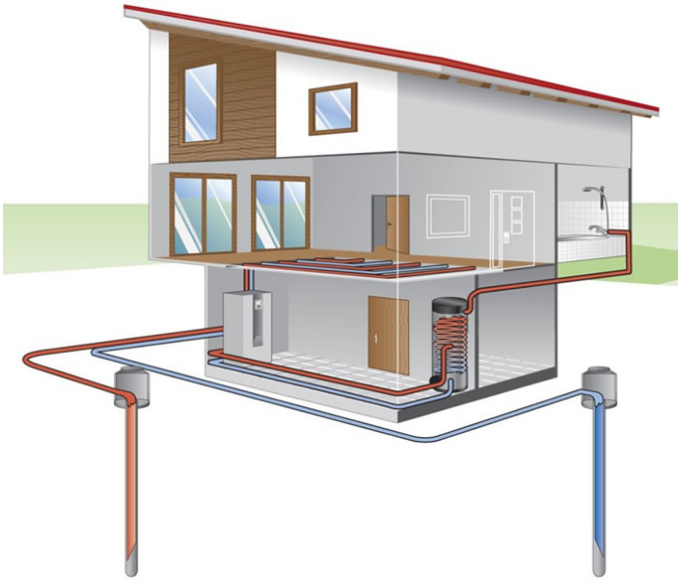
14

Quello che si può notare dalla precedente tabella è che la maggior parte dei casi studio presenta una pompa di calore aria-aria oppure aria-acqua al fine di produrre calore per far fronte alle esigenze di riscaldamento e acqua calda sanitaria.

In entrambi i casi la sorgente fredda è rappresentata dalla componente dell'aria mentre il pozzo caldo può essere costituito anch'esso da aria oppure dall'acqua, implicando l'utilizzo di un sistema di erogazione basato sulla presenza di termosifoni o pannelli radianti a pavimento.

23

Figura 23
Rappresentazione impianto con pompa di calore aria-aria.
Fonte: http://www.tecnosolitalia.com/



24

Figura 24
Rappresentazione impianto con pompa di calore aria-acqua.
Fonte: http://www.tecnosolitalia.com/

7.4 Verifica del requisito relativo alla copertura energetica da fonti rinnovabili

Il secondo requisito preso in esame è stato quello relativo alla copertura energetica da fonti rinnovabili, per cui veniva richiesto di rispettare che $QP_{tot,RINN}/QP_{tot} \geq 50\%$.

A questo proposito sono stati selezionati e utilizzati al fine del calcolo i dati presenti nei seguenti fogli di monitoraggio: foglio "Consumo energia elettrica EE", foglio "Energia elettrica da FER EE_{rinn}", foglio "Energia termica solare ST", foglio "Energia termica pdc ET_{pdc}".

Al fine di determinare la quota relativa alla produzione di energia da fonti rinnovabili è stato necessario definire il fabbisogno di energia primaria totale QP_{tot}, ovvero la domanda annua d'energia primaria calcolata a monte delle conversioni operate dagli impianti dell'edificio, inclusiva di quella relativa alla climatizzazione invernale, alla climatizzazione estiva e alla produzione di acqua calda sanitaria.

In riferimento ai dati di monitoraggio a disposizione, si è fatto riferimento all'energia totale in ingresso al sistema edificio-impianto (foglio "Consumo energia elettrica EE") in modo tale da considerare tutti gli eventuali servizi energetici relativi all'abitazione.

Nello specifico il fabbisogno di energia primaria totale QP_{tot} è dato da:

$$QP_{tot} = QP_{tot,RINN} + QP_{tot,NRINN}$$

Dove:

QP_{tot} = fabbisogno di energia primaria totale dell'edificio [kWh];

$QP_{tot,RINN}$ = energia primaria da fonti rinnovabili, da impianti a servizio dell'edificio [kWh];

$QP_{tot,NRINN}$ = energia primaria da fonti non rinnovabili [kWh];

• CALCOLO DI $QP_{tot,NRINN}$

Il valore relativo al $QP_{tot,NRINN}$ è stato ottenuto prendendo in considerazione fra i dati di monitoraggio l'energia elettrica in ingresso al contatore delle abitazioni esaminate, per cui erano presenti dei rilevamenti mensili nello specifico foglio "Consumo energia elettrica EE". Tali valori sono stati poi opportunamente moltiplicati per il loro fattore di conversione in modo tale da trasformare le varie quote di energia elettrica in energia primaria.

$$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} \cdot f_{p,el}$$

Dove:

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [kWh];

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-];

• CALCOLO DI $QP_{tot,RINN}$

Il valore relativo al $QP_{tot,RINN}$, ovvero l'energia primaria proveniente dall'utilizzo di fonti rinnovabili è risultato più complesso da ricavare, in quanto i dati di monitoraggio a disposizione tengono conto di tutta l'energia prodotta da fonte rinnovabile, non specificando la quantità realmente utilizzata a cadenza mensile.

Per cui si è dovuto innanzitutto calcolare la quota di energia elettrica da solare termico e fotovoltaico utile. A partire dai singoli dati mensili di monitoraggio di energia elettrica in ingresso al contatore Q_{in} [kWh] (foglio "Consumo energia elettrica EE") e di energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico Q_{fv}[kWh] (foglio "Energia elettrica da FER EE-$_{rinn}$") si è proceduto a confrontare i due dati e a definire l'energia elettrica utile da fonte rinnovabile a partire dalle seguenti considerazioni:

- Se $Q_{fv} < Q_{in}$, cioè se l'impianto solare fotovoltaico produce una quantità di energia elettrica inferiore rispetto a quella in ingresso al sistema edificio-impianto, allora la quota realmente utilizzabile dall'edificio ($Q_{fv,Ut}$) corrisponde a Q_{fv}.

$$Q_{fv,Ut} = Q_{fv} \quad [kWh]$$

- Se $Q_{fv} > Q_{in}$, cioè se l'impianto solare fotovoltaico produce una quantità di energia elettrica maggiore rispetto a quella in ingresso al sistema edificio-impianto, allora la quota realmente utilizzabile dell'edificio ($Q_{fv,Ut}$) è al massimo pari a Q_{in}.

$$Q_{fv,Ut} = Q_{in} \quad [kWh]$$

L'energia in eccesso in questo caso, rappresenta un surplus d'energia elettrica che equivale a $Q_{fv} - Q_{in}$, che viene escluso dal calcolo dell'energia primaria proveniente da fonti rinnovabili.

Si è seguito lo stesso ragionamento per individuare la quota di energia utile prodotta dagli impianti di solare termico installati su tutti gli edifici analizzati.

Per cui dopo aver calcolato il fabbisogno di energia per la produzione di acqua calda sanitaria (Q_w) seguendo quanto indicato nella UNI 11300-2 e precedentemente spiegato nel paragrafo (....) si è proceduto operando un confronto fra l'energia prodotta dall'impianto solare termico (foglio "Energia solare ST") e il fabbisogno di energia per la produzione di acqua calda sanitaria Q_w.

Si è dunque constatato che:

- Se $Q_{st} < Q_w$, cioè l'energia termica che l'impianto solare è stato in grado di produrre è minore del fabbisogno di energia per la produzione di acqua calda sanitaria, allora l'energia pro-

veniente dal solare termico è quella realmente utilizzabile ($Q_{st,Ut}$).

$$Q_{st,Ut} = Q_{st} \quad [kWh]$$

- Se $Q_{st} > Q_w$, cioè se l'impianto solare produce una quota di energia maggiore rispetto al fabbisogno termico richiesto per l'acqua calda sanitaria, allora la quota utilizzabile ($Q_{st,Ut}$) sarà pari al valore relativo al fabbisogno termico per acs (Q_w).

$$Q_{st,Ut} = Q_w \quad [kWh]$$

Infine, è coinvolta nel calcolo della componente rinnovabile anche l'energia recuperata dalla pompa di calore $Q_{rec,pdc}$ che è data dalla differenza fra l'effetto utile della pompa di calore (foglio "Energia termica pdc ET_{pdc}") e l'energia elettrica consumata (foglio "Energia elettrica riscaldamento acs EE_i") per la produzione di calore per i servizi di riscaldamento e acqua calda sanitaria.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in} \quad [kWh]$$

In fine, una volta ottenuti i valori relatici all'energia termica utile prodotta da impianto solare, l'energia elettrica utile da fotovoltaico e l'energia termica recuperata dalla pompa di calore, è stato possibile calcolare la quota di energia totale proveniente da fonti rinnovabili $QP_{tot,RINN}$.

$$QP_{tot,RINN} = Q_{fv,Ut} \cdot f_{p,fv} + Q_{st,Ut} \cdot f_{p,st} + Q_{rec,pdc} \cdot f_{p,pdc}$$

Dove:

$QP_{tot,RINN}$ = energia primaria da impianti a fonte rinnovabili di pertinenza dell'edificio [kWh];

$Q_{fv,Ut}$ = energia elettrica da impianto fotovoltaico a servizio dell'edificio [kWh];

$f_{p,fv}$ = fattore di conversione da energia elettrica da fotovoltaico ad energia primaria [-];

$Q_{st,Ut}$ = energia termica utile prodotta dall'impianto solare termico [kWh];

$f_{p,st}$ = fattore di conversione da energia termica da impianto solare ad energia primaria [-];

$Q_{rec,pdc}$ = energia termica di recupero della pompa di calore [kWh];

$f_{p,pdc}$ = fattore di conversione da energia termica di recupero della pompa di calore ad energia primaria [-];

E' bene specificare che i fattori di conversione in energia primaria applicati rispettivamente per la quota di energia da fotovoltaico, da solare termico e da energia recuperata dalla pompa di calore fanno riferimento ai valori tabulari presenti nell'Allegato 1, Art 1.1 del D.M. 26/0/2015 che equivalgono tutti ad 1, ragion per cui per semplificazione vengono espressi qui di seguito con la dicitura di $f_{p,rinn}$.

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) \cdot f_{p,rinn}$$

7.5 Elaborazione della firma energetica

Al fine di monitorare la situazione relativa ai consumi energetici di ogni edificio analizzato, si è deciso di elaborare una firma energetica, in questo modo è stato possibile riassumere graficamente tutti i risultati relativi ai consumi nel corso dell'anno, consentendo una maggiore percezione del comportamento energetico delle abitazioni e la reale rispondenza con i dati progettuali dei fabbricati.

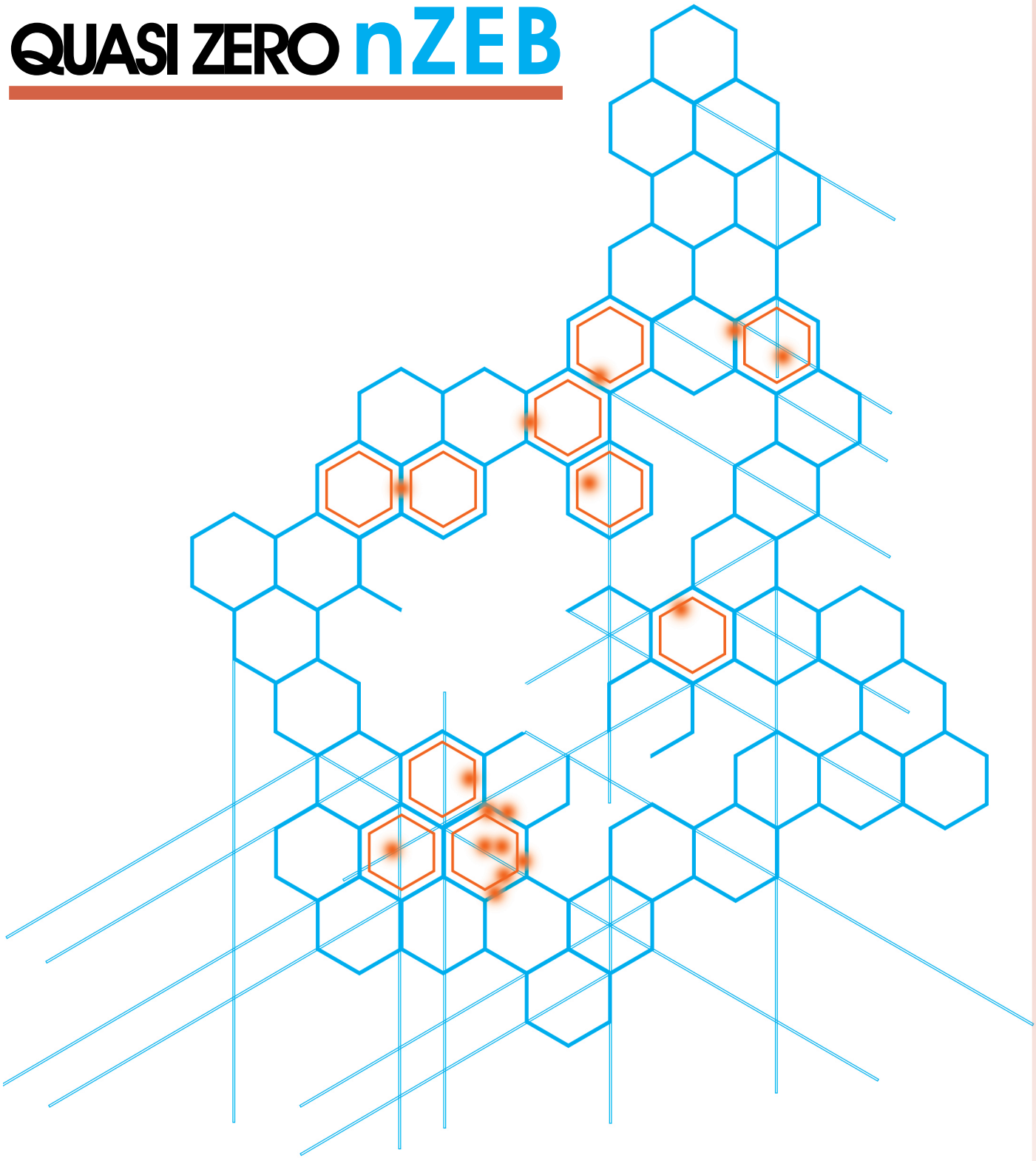
La costruzione di queste elaborazioni grafiche è avvenuta mettendo in correlazione il fabbisogno d'energia termica per il riscaldamento invernale medio giornaliero, ricavato dividendo il fabbisogno termico mensile per il numero di giorni di ogni mese, con il dato di temperatura media esterna, estrapolato dalla banca dati meteorologica regionale e normalizzato rispetto ai valori di temperatura da normativa UNI 10349.

Si definiscono i punti sul diagramma cartesiano mettendo nelle ascisse la temperatura esterna media e sulle ordinate il valore relativo al fabbisogno di energia termica medio giornaliero. A questo punto si traccia la retta di regressione lineare dei punti che è rappresentativa dell'andamento dei consumi stagionali rilevati.

La firma energetica è dunque uno strumento molto utile per monitorare il reale funzionamento dell'impianto in esercizio e di conseguenza i consumi energetici della stagione invernale, il cui possibile incremento è desumibile da un eventuale cambio ed innalzamento della pendenza della retta nel corso di una o più annualità. Possiamo infine aggiungere che l'uso della firma energetica è importante per il progettista che può valutare approssimativamente il comportamento dell'involucro e dell'impianto; a chi redige la diagnosi energetica dell'edificio, per valutare il funzionamento del generatore in funzione di eventuali interventi migliorativi all'edificio; all'utente finale, nonché l'abitante stesso per interpretare comportamenti inadeguati nella conduzione dell'impianto.

Contributi a fondo perduto per la realizzazione di

EDIFICI AD ENERGIA QUASI ZERO nZEB



8 Catalogazione degli edifici nZEB analizzati

Figura 25
Geolocalizzazione degli interventi nZEB sul territorio piemontese.

25

Attraverso questa rappresentazione digitale della regione Piemonte, si è andati a geolocalizzare gli edifici vincitori del bando "Contributi per la realizzazione di edifici ad energia quasi zero".

Questo ha permesso di georiferire in modo puntuale le diverse abitazioni e di contestualizzarle rispetto al territorio regionale; in tal senso è possibile evidenziare come la maggior parte degli interventi finanziati dal bando siano concentrati nell'area del cunese, sebbene sussistano altri interventi anche nelle province di Torino, Asti, Novara e Biella ma in maniera molto più frammentaria.

In prima analisi non è possibile individuare delle precise motivazioni in merito alla localizzazione degli edifici, in quanto non era specificatamente richiesto un'analisi territoriale che ponesse in evidenza particolari caratteristiche di criticità o vantaggi dal punto di vista delle risorse naturali presenti nelle viarie aree d'intervento.
Dunque questa rappresentazione grafica si pone come contributo preliminare alle analisi condotte nei capitoli seguenti e consente di stabilire oltre che la localizzazione geografica delle abitazioni, anche il livello di risposta a campagne di incentivazione regionale come quella oggetto di studio in questa tesi.
Vengono inoltre, di seguito, riportati puntualmente i dati progettuali raccolti nella fase di ricerca e le verifiche d'ammissibilità al bando che hanno per l'appunto consentito l'assegnazione e l'erogazione dei contributi concessi dal bando.
L'insieme delle informazioni progettuali, delle considerazioni sui dati di monitoraggio e del riferimento geografico dei diversi casi hanno permesso successivamente di trarre delle conclusioni che non si limitano alla sola constatazione dei livelli di efficienza del sistema edificio-impianto ma ne ricercano delle correlazioni con il contesto territoriale e con le variabili climatiche tipiche delle aree prese in esame.

CASO STUDIO 01

CASO STUDIO 01

8.1

DATI DI PROGETTO

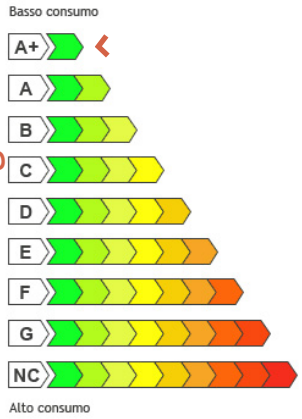
Anagrafica edificio

COMUNE
Cigliano (VC)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2613 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 4,0326 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2012

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . .Legno lamellare e cappotto in fibra cellulosa

VOLUME LORDO . . . . . 665,25 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .492,28 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . 128,78 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,74 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,170 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,883 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 2
f.t. + 1 interrato

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 370.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 164.881,25

IMPORTO EROGATO . . . . . .€ 41.220,31

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica, pilotato da temperatura esterna
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 300 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	NIBE split
POTENZA UTILE NOMINALE:	6,84 kW

Impianto solare termico

n° 2 collettori solari Wolf modello CFK-1.
Superficie captante complessiva di 5,20 m^2

Impianto fotovoltaico

Installazione in copertura n° 12 pannelli fotovoltaici di tipo cristallino da 1,5 m^2 ciascuno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 1718$ kWh
$S_u = 128,78$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 13,34$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1242$ kWh
$S_u = 128,78$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 9,64$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 9014,00$ kWh
$QP_{tot} = 11988,00$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 75,19$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 02

CASO STUDIO 02

8.2

DATI DI PROGETTO

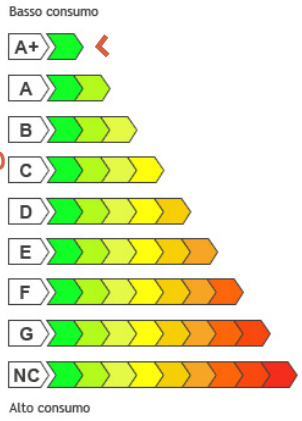
Anagrafica edificio

COMUNE
Morozzo (CN)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2850 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 26,4104 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2011

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura tradizionale in laterocemento

VOLUME LORDO . . . . . .1002,56 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .731,87 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 215,73 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,73m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,131 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,693 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 2
f.t. + 1 interrato

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 540.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 197.362,82

IMPORTO EROGATO . . . . . .€ 49.342,45

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore elettrica aria-acqua
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Termoregolazione ambiente attraverso cronotermostati; regolazione climatica
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 500 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	ROTEX compact 516
POTENZA UTILE NOMINALE:	12,30 kW

Impianto solare termico

n° 4 collettori solari Rotex modello V26P.
Superficie captante complessiva di 5,80 m^2

Impianto fotovoltaico

Installazione in copertura di impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 3,20 kWp e superficie di circa 14 m^2

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 2792$ kWh
$S_u = 215{,}71$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 12{,}74$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1976$ kWh
$S_u = 215{,}75$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 9{,}15$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 7277$ kWh
$QP_{tot} = 10127$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 71{,}95$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 03

CASO STUDIO 03

8.3

DATI DI PROGETTO

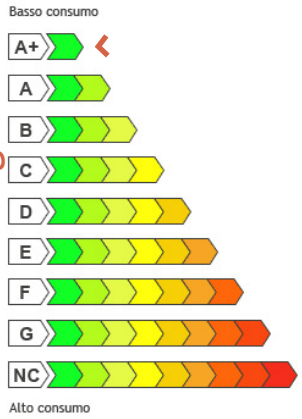
Anagrafica edificio

COMUNE
Mezzomerico (NO)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2650 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 11,8236 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2011

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura portante in legno con cappotto in fibra di legno

VOLUME LORDO . . . . . .607,54 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .449,58 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 139,45 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,74m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,149 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .0,880 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 2

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 300,000.00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 92.995,78

IMPORTO EROGATO . . . . . € 23.248,94

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-aria alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Cronotermostato in ambiente programmabile settimanalmente per ogni singolo ambiente
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Unità split
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Intermittente
ACCUMULO TERMICO:	Non presente
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Aria
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	DAIKIN VRV - III S
POTENZA UTILE NOMINALE:	10 kW

Impianto solare termico

n° 2 collettori solari.
Superficie captante di ciascun pannello pari a 2,33 m^2

Impianto fotovoltaico

Impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 4,00 kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 1618$ kWh
$S_u = 139{,}45$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 11{,}61$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 877$ kWh
$S_u = 139{,}45$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 6{,}29$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 7400$ kWh
$QP_{tot} = 9510$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 77{,}81$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 04

CASO STUDIO 04

8.4

DATI DI PROGETTO

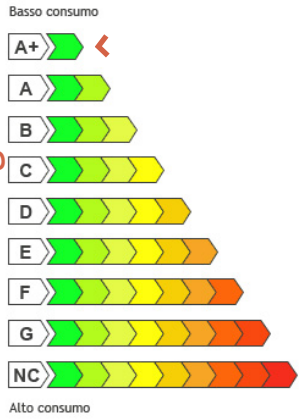
Anagrafica edificio

COMUNE
Cureggio (NO)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2536 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 7,5547 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2012

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura in c.a., pareti perimetrali blocchi isolanti

VOLUME LORDO . . . . . .1028,70 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .839,90 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 288,40 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,81m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,175 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .0,952 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 2

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 1.303.443,55

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . .€ 339.536,23

IMPORTO EROGATO . . . . . € 84.884,05

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Intermittente
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 350 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	NIBE 55
POTENZA UTILE NOMINALE:	6 kW

Impianto solare termico

Impianto solare termico a servizio dell'impianto di ACS

Impianto fotovoltaico

Impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 6kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 2838$ kWh
$S_u = 288{,}40$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 9{,}84$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 2416$ kWh
$S_u = 288{,}40$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 8{,}38$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 8954$ kWh
$QP_{tot} = 16094$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 55{,}63$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 05

CASO STUDIO 05

8.5

DATI DI PROGETTO

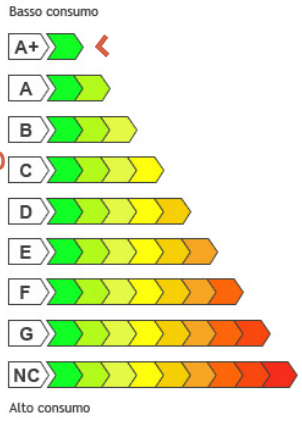
Anagrafica edificio

COMUNE
Villanova Mondovì (CN)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2802 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 4,3404 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2012

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura in c.a., cappotto esterno, tetto piano

VOLUME LORDO . . . . . .686,60 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .580,50 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 178,00 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,85 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,151 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,238 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 2

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . .€ 454.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . .€ 267.798,45

IMPORTO EROGATO . . . . . € 66.949,61

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Non presente
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	VAILLANT
POTENZA UTILE NOMINALE:	6 kW

Impianto solare termico

n° 4 collettori solari.
Superficie captante complessiva di 7,80 m^2

Impianto fotovoltaico

Impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 4,50 kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 2498$ kWh
$S_u = 178{,}00$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 14{,}04$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1605$ kWh
$S_u = 178{,}00$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 9{,}02$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 7860$ kWh
$QP_{tot} = 11180$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 70{,}30$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 06

CASO STUDIO 06

8.6

DATI DI PROGETTO

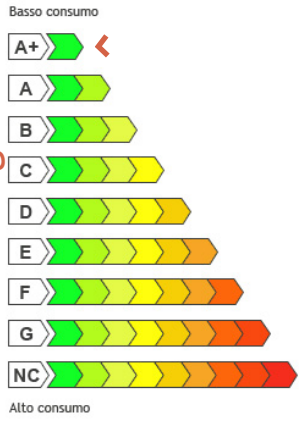
Anagrafica edificio

COMUNE
Roccaforte Mondovì (CN)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2862 GG

Classe energetica



Dati generali

CATEGORIA D'USO	Residenziale
ANNO DI COSTRUZIONE	2011
TIPOLOGIA DI EDIFICIO	Ristrutturazione nel 2011
VOLUME LORDO	1104,84 m^3
SUPERFICIE LORDA	784,44 m^2
SUPERFICIE UTILE	259,40 m^2
FATTORE DI FORMA S/V	0,72 m^{-1}
U MEDIA SUP. OPACHE	0,150 [W/m^2K]
U MEDIA SUP. TRASPARENTI	1,633 [W/m^2K]
NUMERO DI PIANI	2
NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI	2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO	€ 471.500,00
IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO	€ 230.238,65
IMPORTO EROGATO	€ 57.559,69

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-aria alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica, pilotato da temperatura esterna
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Serbatorio inerziale acqua calda/refrigerata
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	-
POTENZA UTILE NOMINALE:	11,20 kW

Impianto solare termico

Impianto solare termico abbinato a bollitore d'accumulo per la produzione di ACS; area di captazione netta pari a 12 m^2

Impianto fotovoltaico

Installazione impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 8,00 kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 2802$ kWh
$S_u = 259{,}40$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 10{,}80$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1849$ kWh
$S_u = 259{,}40$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 7{,}13$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 9310$ kWh
$QP_{tot} = 14850$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 62{,}69$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 07

CASO STUDIO 07

8.7

DATI DI PROGETTO

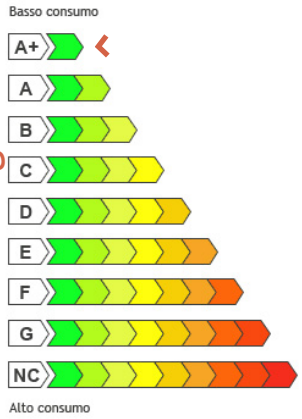
Anagrafica edificio

COMUNE
Biella (BI)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2589 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 17,5607 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2012

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Setti perimetrali in c.a., realizzati in opera con un innovativo cassero isolante a perdere

VOLUME LORDO . . . . . .735,59 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .579,19 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 149,91 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,79 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,119 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,710 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 2

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . .€ 240.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . .€ 160.675,68

IMPORTO EROGATO . . . . . € 40.168,92

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Non presente
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	CLIVET Elfofreh 300
POTENZA UTILE NOMINALE:	6,31 kW

Impianto solare termico

Impianto solare termico di superficie complessiva pari a 7,5 m^2

Impianto fotovoltaico

Installazione su pensilina situata al confine del lotto di riferimento di impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 5,00 kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 2081$ kWh
$S_u = 149{,}91$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 13{,}18$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 718$ kWh
$S_u = 149{,}91$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 4{,}79$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 8931$ kWh
$QP_{tot} = 11791$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 72{,}74$ %

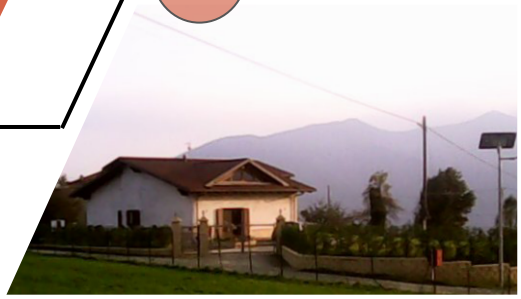
VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 08

CASO STUDIO 08

8.8

DATI DI PROGETTO



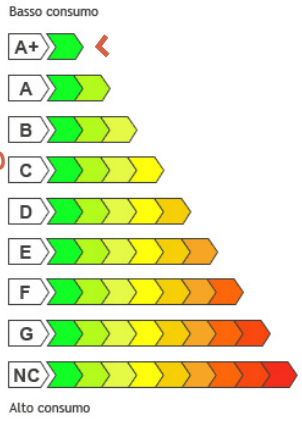
Anagrafica edificio

COMUNE
Coassolo Torinese (TO)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
3467 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 13,377 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2012

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura in c.a., moduli prefabbricati per muri perimetrali, tetto in legno

VOLUME LORDO . . . . . .620,31 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .554,45 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 128,13 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,89 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,157 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,939 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 1
f.t. + interrato + sottotetto non abitabile

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 1

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . .€ 206.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . .€ 131.057,50

IMPORTO EROGATO . . . . . € 32.764,38

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione pilotato dalla temperatura media rilevata
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Non presente
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	DAIKIN Rotex
POTENZA UTILE NOMINALE:	6 kW

Impianto solare termico

Impianto solare termico con superficie captante netta pari a 15 m^2

Impianto fotovoltaico

Installazione di impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 3,50 kW

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 1713$ kWh
$S_u = 128{,}13$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 13{,}37$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1171$ kWh
$S_u = 128{,}13$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 9{,}14$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 5180$ kWh
$QP_{tot} = 9160$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 56{,}55$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 09

CASO STUDIO 09

8.9

DATI DI PROGETTO

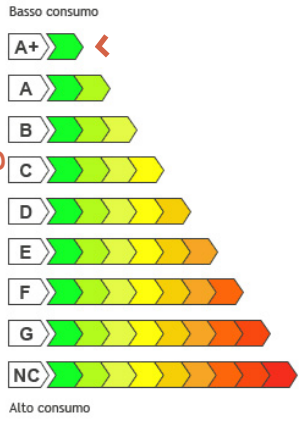
Anagrafica edificio

COMUNE
Genola (CN)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2741 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 2,8447 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2011

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Muratura in blocchi bioterm

VOLUME LORDO . . . . . .1027,83 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .741,37 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 198,97 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,73 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,156 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .0,832 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 2

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 450.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . .€ 150.900,00

IMPORTO EROGATO . . . . . € 37.725,00

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-aria alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 250 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Aria
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	VAILLANT
POTENZA UTILE NOMINALE:	6,10 kW

Impianto solare termico

N° 3 collettori solari
Superficie captante complessiva di 6,96 m^2

Impianto fotovoltaico

Installazione in copertura n° 24 pannelli fotovoltaici da 250 W

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 2091{,}17$ kWh
$S_u = 198{,}97$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 10{,}51$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1854$ kWh
$S_u = 198{,}97$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 9{,}32$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 5758$ kWh
$QP_{tot} = 9905$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 59{,}13$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 10

CASO STUDIO 10

8.10

DATI DI PROGETTO

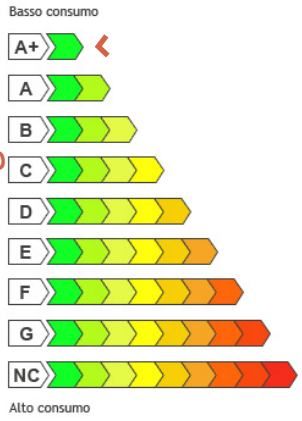
Anagrafica edificio

COMUNE
Rocca De' Baldi (CN)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2828 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 9,3102 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2012

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura in c.a. con cappotto esterno

VOLUME LORDO . . . . . .986,90 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .727,10 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 218,90 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,74 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,152 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,938 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI . . . . . .2 f.t. + 1 interrato

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . .€ 473.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . .€ 284.705,09

IMPORTO EROGATO . . . . . € 41.220,31

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-aria alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Unità split
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Non presente
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Aria
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	DAIKIN Rotex compact 516
POTENZA UTILE NOMINALE:	7,28 kW

Impianto solare termico

Impianto composto da collettori solari abbinati a bollitore d'accumulo per la produzione di ACS

Impianto fotovoltaico

Installazione in copertura di pannelli fotovoltaici di superficie complessiva pari a 20 m^2

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 2630$ kWh
$S_u = 218{,}90$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 12{,}02$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1418$ kWh
$S_u = 218{,}90$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 6{,}48$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 9425$ kWh
$QP_{tot} = 16857$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 55{,}91$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 11

CASO STUDIO 11

8.11

DATI DI PROGETTO

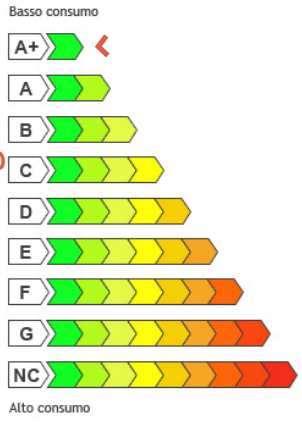
Anagrafica edificio

COMUNE
Samone (TO)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2728 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 26,8746 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2014

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura portante in c.a. cellulare autoclavato

VOLUME LORDO . . . . . .948,58 m³

SUPERFICIE LORDA . . . . . .666,65 m²

SUPERFICIE UTILE . . . . . 226,91 m²

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,70 m⁻¹

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,206 [W/m²K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,022 [W/m²K]

NUMERO DI PIANI 2

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 212.692,88

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 181.610,96

IMPORTO EROGATO . . . . . € 45.402,72

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 300 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	-
POTENZA UTILE NOMINALE:	16 kW

Impianto solare termico

N° 2 collettori solari.
Superficie captante di ciascun collettore di 2,50 m^2

Impianto fotovoltaico

Installazione impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 2kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 2768,30$ kWh
$S_u = 226,91$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 12,20$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1599,71$ kWh
$S_u = 226,91$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 7,05$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 8700$ kWh
$QP_{tot} = 13414,33$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 64,85$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 12

CASO STUDIO 12

8.12

DATI DI PROGETTO

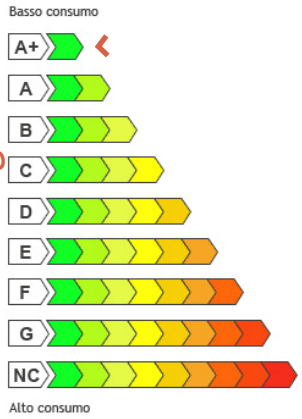
Anagrafica edificio

COMUNE
Samone (TO)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2728 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 26,8746 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2013

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura portante in laterocemento e solaio in c.a.

VOLUME LORDO . . . . . 1.256,528 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .854,866 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 276,16 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,68 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,113 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,258 [W/m^2K]
]

NUMERO DI PIANI 2

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 636.002,48

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 239.869,30

IMPORTO EROGATO . . . . . € 59.967,32

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione tramite termovalvole in ogni ambiente
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 300 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	Tonon Forty-Polaris 09
POTENZA UTILE NOMINALE:	8,30 kW

Impianto solare termico

Impianto solare termico con superficie captante pari a 7,50 m^2

Impianto fotovoltaico

Installazione di impianto fotovoltaico con superficie captante pari a 43,16 m^2 e potenza di picco pari a 6,24 kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 3551$ kWh
$S_u = 276,16$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 12,86$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 2722,93$ kWh
$S_u = 276,16$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 9,86$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 10853$ kWh
$QP_{tot} = 21483,10$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 50,5$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 13

CASO STUDIO 13

8.13

DATI DI PROGETTO

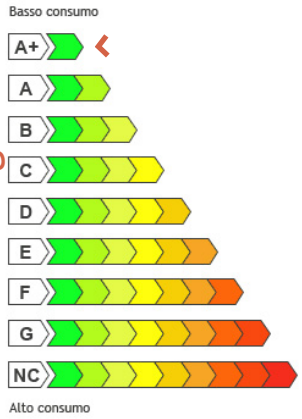
Anagrafica edificio

COMUNE
Mondovì (CN)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2640 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 5,3207 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2013

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura portante in c.a. e solaio in laterocemento

VOLUME LORDO . . . . . 944,40 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .695,66 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 248,50 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 1,00 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . .0,164 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,162 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 2

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 462.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 281.662,46

IMPORTO EROGATO . . . . . € 70.415,61

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica, pilotato da temperatura esterna
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 200 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	MITSUBISHI - PUHZ-HW112YHA2
POTENZA UTILE NOMINALE:	6 kW

Impianto solare termico

Impianto composto da 2 collettori solari abbinati a bollitore d'accumulo per la produzione di ACS

Impianto fotovoltaico

Installazione impianto fotovoltaico composto da 21 pannelli con potenza di picco ciascuno pari a 255 Wp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 3044,12$ kWh
$S_u = 248,50$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 12,25$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 2045,16$ kWh
$S_u = 248,50$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 8,23$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 3658,06$ kWh
$QP_{tot} = 5206,67$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 70$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 14

CASO STUDIO 14

8.14

DATI DI PROGETTO

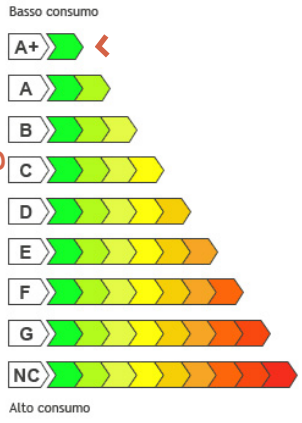
Anagrafica edificio

COMUNE
Sant'Albano Stura (CN)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2782 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 2,642 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2013

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . .

VOLUME LORDO . . . . . 1162,5 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . 979 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 316 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,84 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,116 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,300 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI 1
f.t. + 1 sottotetto non riscaldato

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 1

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 322.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 268.617,08

IMPORTO EROGATO . . . . . € 67.156,70

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica, pilotato da temperatura esterna
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 300 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	CLIVET – WSAR 61
POTENZA UTILE NOMINALE:	16,7 kW

Impianto solare termico

Installazione di impianto solare termico per la copertura per la produzione di ACS composto da pannelli sottovuoto

Impianto fotovoltaico

Installazione di impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 20 kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 1074,4$ kWh
$S_u = 316$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 13,4$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 695,2$ kWh
$S_u = 316$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 12,2$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 27685$ kWh
$QP_{tot} = 23195$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 100$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 15

CASO STUDIO 15

8.15

DATI DI PROGETTO

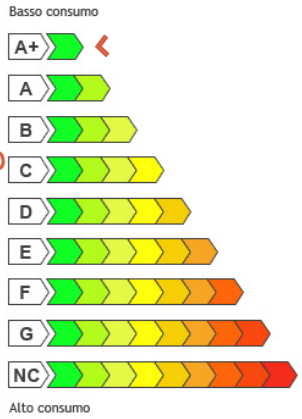
Anagrafica edificio

COMUNE
Grana (AT)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2725 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 15,8662 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2014

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura portante in legno

VOLUME LORDO . . . . . .664,6 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .465,53 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 137,02 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,70 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,147 [W/m^2K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .0,980 [W/m^2K]

NUMERO DI PIANI . . . . . .1 f.t. + 1 interrato

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 1

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 450.000,00

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 129.953,16

IMPORTO EROGATO . . . . . € 32.488,29

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Caldaia a gas metano e termocamino con potenza resa all'acqua del circuito di riscaldamento
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica, pilotato da temperatura rilevata in ambiente
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Non presente
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Caldaia a condensazione
COMBUSTIBILE:	Gas metano
MARCA - MODELLO:	COSMOGAS SOLARDENS SDS15
POTENZA UTILE NOMINALE:	13,72 kW

Impianto solare termico

N° 4 collettori solari con superficie captante di 2,50 m^2.

Impianto fotovoltaico

Impianto fotovoltaico con moduli in silicio cristallino integrato nella copertura con potenza di picco pari a 2,88 kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 1938,83$ kWh
$S_u = 137,02$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 14,15$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1296,20$ kWh
$S_u = 137,02$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 9,46$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 3834,87$ kWh
$QP_{tot} = 5522,87$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 69,43$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 16

CASO STUDIO 16

8.16

DATI DI PROGETTO

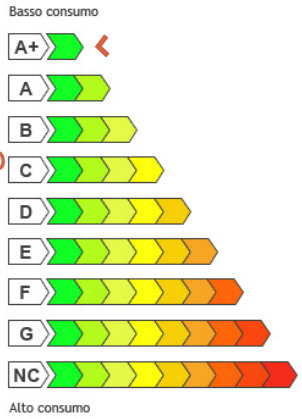
Anagrafica edificio

COMUNE
Trinità (CN)

ZONA CLIMATICA
E

GRADI GIORNO
2647 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 24,0418 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2014

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Pareti perimetrali in mattoni porizzati PILONE BIO-TERM

VOLUME LORDO . . . . . .909,33 m^3

SUPERFICIE LORDA . . . . . .728,80 m^2

SUPERFICIE UTILE . . . . . 191,80 m^2

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,80 m^{-1}

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,150 [W/m²K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .0,965 [W/m²K]

NUMERO DI PIANI 2

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 165.496,47

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 180.940,00

IMPORTO EROGATO . . . . . € 45.235,00

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Gruppo di termoregolazione in centrale termica, pilotato da temperatura esterna
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 300 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	OCHSNER GMLW 14 plus
POTENZA UTILE NOMINALE:	11,6 kW

Impianto solare termico

N° 5 collettori solari di superficie captante pari a 2,50 m^2 ciascuno.

Impianto fotovoltaico

Installazione di impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 6,40 kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 2769$ kWh
$S_u = 191{,}80$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 14{,}40$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1756$ kWh
$S_u = 191{,}8$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 9{,}20$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 13630$ kWh
$QP_{tot} = 13404$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 100$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

CASO STUDIO 17

CASO STUDIO 17

8.17

DATI DI PROGETTO

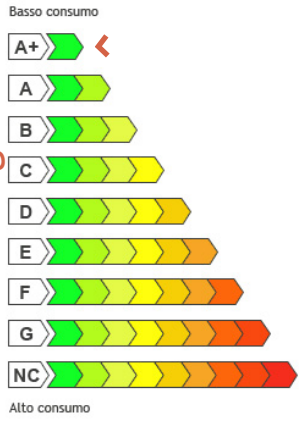
Anagrafica edificio

COMUNE
Caraglio (CN)

ZONA CLIMATICA
F

GRADI GIORNO
3062 GG

Classe energetica



Indice di prestazione energetica globale: 2,9814 kWh/m² anno

Dati generali

CATEGORIA D'USO . . . . . Residenziale

ANNO DI COSTRUZIONE 2015

TIPOLOGIA DI EDIFICIO . . . . . Struttura portante in laterocemento e tetto in legno

VOLUME LORDO . . . . . .473,08 m³

SUPERFICIE LORDA . . . . . .492,28 m²

SUPERFICIE UTILE . . . . . 145,23 m²

FATTORE DI FORMA S/V . . . . . 0,70 m⁻¹

U MEDIA SUP. OPACHE . . . . . 0,149 [W/m²K]

U MEDIA SUP. TRASPARENTI . . . . . .1,107 [W/m²K]

NUMERO DI PIANI . . . . . .2 f.t. + 1 interrato

NUMERO DI PIANI CLIMATIZZATI 2

Quadro economico

IMPORTO PROGETTO . . . . . € 193.675,75

IMPORTO AMMISSIBILE DA BANDO . . . . . € 180.597,48

IMPORTO EROGATO . . . . . € 45.146,77

Impianto termico

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:	Impianto termico funzionale ai servizi di riscaldamento e produzione di ACS
SISTEMI DI GENERAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pompa di calore aria-acqua alimentata da fonte rinnovabile
SISTEMI DI TERMOREGOLAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Termoregolazione ambiente mediante cronotermostati; regolazione climatica
TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA:	Pannelli radianti a pavimento
TIPO DI CONDUZIONE PREVISTA:	Continua ad attenuazione notturna
ACCUMULO TERMICO:	Puffer di accumulo con capacità 500 l
SERVIZIO:	Riscaldamento + ACS
FLUIDO TERMOVETTORE:	Acqua
TIPO DI GENERATORE:	Pompa di calore
COMBUSTIBILE:	Energia elettrica
MARCA - MODELLO:	ROTEX/HPSU compact 516/RRHQ016
POTENZA UTILE NOMINALE:	16,05 kW

Impianto solare termico

n° 4 collettori solari associati a puffer di accumulo di capacità 500 litri.

Impianto fotovoltaico

Installazione in copertura n° 18 pannelli fotovoltaici con potenza di picco complessiva di 4 kWp

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DELL' EDIFICIO

$Q_{H,nd} / S_u \leq 15$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{H,nd} = 1422$ kWh
$S_u = 145{,}2$ m^2
$Q_{H,nd} / S_u = 9{,}79$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DELL' EDIFICIO

$Q_{C,nd} / S_u \leq 10$ (kWh/m^2) · anno

$Q_{C,nd} = 1369$ kWh
$S_u = 145{,}20$ m^2
$Q_{C,nd} / S_u = 9{,}43$ (kWh/m^2) · anno

FABBISOGNO DI ENERGIA TOTALE DELL'EDIFICIO COPERTO DA FONTI RINNOVABILI

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \geq 50$ %

$QP_{tot,RINN} = 12155$ kWh
$QP_{tot} = 5030$ kWh
$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} = 91$ %

VERIFICHE D'AMMISSIBILITÀ AL BANDO

9 Analisi dei dati di monitoraggio

La volontà di analizzare gli edifici facenti parte del Bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero" indetto dalla regione Piemonte, nasce da uno studio preliminare delle caratteristiche climatiche e territoriali che regolano oggi il panorama edilizio, in special modo quello a scala regionale.

E' risaputo che le particolari condizioni morfologiche del territorio piemontese e di tutta la Pianura Padana, caratterizzati dai confini naturali che sono le catene montuose, vanno a creare delle condizioni di criticità dal punto di vista ambientale. Questo territorio, infatti, non potendo far affidamento ad una buona ventilazione, contrastata per l'appunto da evidenti "ostacoli" naturali, vede crescere sempre più le problematiche legate all'inquinamento atmosferico.

Ovviamente, un grande contributo all'affermarsi di questa condizione ambientale, lo danno le modalità di produzione dell'energia nell'ambito dell'edilizia e degli usi civili. Pensiamo infatti che per fronteggiare un'ingente richiesta energetica riferita ai servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, utilizzando caldaie, stufe e bruciatori di ogni tipo, si va ad alimentare l'immissione degli agenti inquinanti.

Questa è la motivazione principale che ha spinto la Regione Piemonte, a partire dal 2001, ad attivarsi nell'adozione di nuove strategie di consumo energetico, di generazione dell'energia stessa e di promozione delle misure per l'abbassamento delle percentuali di inquinanti sul territorio. Il 2001 si afferma, perciò, l'anno di partenza verso l'acquisizione di una consapevolezza delle criticità energetico-ambientali, da cui è stato possibile delineare un'evoluzione delle politiche regionali che hanno anticipato le attuali regolamentazioni in materia di efficienza energetica. Si pensi ad esempio che nel 2002 con la legge n.23, la Regione Piemonte ha fornito le prime disposizioni in ambito energetico, ponendo le basi alla formazione del nuovo Piano

Energetico Regionale. Ovviamente, questi tentativi di una pianificazione politica in tal ambito, hanno trovato in seguito, una matrice comune nel recepimento delle Direttive Europee, dapprima con la Direttiva 2002/91/CE e poi dopo con la Direttiva 2010/31 UE.
In concomitanza con l'applicazione dell'ultima Direttiva sopra citata, nasce la volontà della Regione Piemonte di intraprendere delle iniziative sperimentali attraverso l'utilizzo di nuove tecnologie per l'efficienza energetica in edilizia. Fra queste, si inserisce la promozione del Bando Contributi per edifici ad energia quasi zero, di cui in questo lavoro di tesi ci si è occupati di analizzare.

26

Figura 26
Immagine bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero"
Fonte: Legge Regionale 7 ottobre 2002 n. 23. Deliberazione della Giunta Regionale n. 41-2373 del 22/07/2011.

In questo capitolo viene messo in luce il comportamento energetico dei diciassette edifici nZEB costruiti in Piemonte e precedentemente analizzati che dovevano rispondere a precise prerogative del bando, di seguito elencate.

1

- Alto livello di isolamento termico dell'involucro opaco con una trasmittanza termica U = 0,15 W/m^2/K da confrontare con il valore di 0,30 W/m^2/K, definito all'interno del D.M. 26 giugno 2015.

2

- Applicazione di nuove tecnologie per la costruzione dell'involucro opaco, quali ad esempio setti in legno strutturale o XLAM,

blocchi porosi o ancora pareti in cemento con casseforme isolanti a perdere a sostituzione delle più tradizionali applicazioni costruttive in mattoni con isolamento interno, esterno o intermedio.

3

• Involucro trasparente caratterizzato tripli vetri con U = 1,0 W/m^2/K decisamente più basso del valore standard di 1,6 W/m^2/K; ad ogni apertura, inoltre, dovrebbe essere previsto un adeguato sistema di ombreggiamento.

4

• Installazione di un sistema di ventilazione con recupero di calore con eventualmente un sistema di preriscaldamento geotermico e recupero termodinamico attivo.

5

• Produzione di energia termica da fonte rinnovabile, proveniente ad esempio, da impianto solare per l'acqua calda sanitaria o da una pompa di calore in grado di fornire energia sia per il riscaldamento che per il raffreddamento; in modo particolare, si predilige l'adozione di un sistema combinato composto da pompa di calore aria-aria o aria-acqua associata ad un impianto solare termico e ad un sistema di erogazione a pannelli radianti a pavimento con potenza installata di 8-10W/m^2.

6

• Contributo dell'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica a servizio del sistema edificio-impianto.

7

• Installazione di un sofisticato sistema di monitoraggio.

Attraverso i vari criteri di analisi e calcolo dei consumi energetici, prima illustrati, è stato possibile realizzare un confronto fra i dati di progetto, quindi fra quelle che erano le aspettative iniziali di questi edifici ad energia quasi zero e la situazione attuale, deducibile attraverso la rappresentazione dei profili di consumo energetico degli stessi. Ciò che appare evidente è come la componente meteorologica e morfologica del territorio piemontese, abbiano fortemente influenzato e caratterizzato i risultati finali, ragione per la quale i consumi energetici rilevati sono stati adeguatamente normalizzati rispetto alle suddette condizioni delle località in cui ogni nZEB è collocato.

NZEB	Comune	Altitudine [m.a.s.l]	HDD UNI 10349 at 20° C	Zona Climatica	Volume [m^3]	Superficie Utile [m^2]	S/V [m^{-1}]
1	Cigliano (VC)	237	2607	E	665,25	128,78	0,74
2	Morozzo (CN)	431	2772	E	1002,56	215,73	0,73
3	Mezzomerico (NO)	266	2965	E	607,54	139,45	0,74
4	Cureggio (NO)	289	2989	E	1028,7	288,4	0,81
5	Villanova (CN)	520	2869	E	686,6	178.00	0,85
6	Roccaforte (CN)	574	2918	E	1104,84	259,4	0,72
7	Biella (BI)	420	2893	E	735,59	149,91	0,79
8	Coassolo T.se (TO)	742	3176	F	620,31	128,13	0,89
9	Genola (CN)	345	2684	E	1027,83	198,27	0,73
10	Rocca De' Baldi (CN)	414	2754	E	986,9	218,9	0,74
11	Samone (TO)	247	2670	E	948,58	226,91	0,7
12	Samone (TO)	247	2670	E	1256,52	276,16	0,68
13	Mondovì (CN)	395	2735	E	944,4	248,5	0,74
14	Sant'Albano Stura (CN	378	2718	E	1162,5	316.00	0,84
15	Grana (AT)	289	2801	E	664,6	137,02	0,7
16	Trinità (CN)	383	2723	E	909,33	191,8	0,8
17	Caraglio (CN)	575	2919	E	676,2	145,23	0,7
18	Galliate (NO)	153	2850	E	1103,74	198,03	0,65
19	Sinio (CN)	357	2696	E	1336,93	291,77	0,7
20	Lerma (AL)	293	2740	E	1033,76	332,38	0,67
21	Rivarolo C.Se (TO)	304	2728	E	698,92	251,09	0,8
22	Sant'Albano Stura (CN	378	2718	E	1162,5	316.00	0,84
23	Chiesanuova (TO)	664	3096	F	1135,51	225,56	0,79
24	Garbagna N.se (NO)	132	2828	E	640,82	143.00	0,74
25	Netro (BI)	606	3083	F	515,33	119,33	0,75

15

Tabella15
Dati di progetto relativi alle condizioni climatiche locali dei 17 casi studio.

Di fatto, i presupposti che caratterizzavano il bando hanno trovato complessivamente un buon riscontro nei casi analizzati. Dunque, è senz'altro possibile raggiungere degli ottimi risultati in termini di consumo energetico e tanto più di bassa domanda di energia.

Oltretutto è stato appurato che edifici con caratteristiche geometriche ed impiantistiche come quelli vincitori del bando, sono in grado di raggiungere una buona percentuale di energia prodotta attraverso fonti rinnovabili, nel particolar caso, da impianti a solare termico e fotovoltaico oltre che all'utilizzo di pompe di calore o generatori a biomassa. Dei venticinque edifici finanziati attraverso il bando indetto dalla regione Piemonte, in questa tesi si è scelto di analizzarne solo una parte, ovvero le diciassette abitazioni per cui era possibile effettuare uno studio quanto più completo dei consumi energetici, sulla base soprattutto di una completezza e coerenza dei dati di monitoraggio a disposizione. Le caratteristiche di queste costruzioni, principalmente case unifamiliari sono state raggruppate in una tabella riassuntiva (Tabella x) dove è possibile constatare che tutte le abitazioni sono situate in piccoli comuni, principalmente localizzati nelle provincie di Torino, Cuneo, Novara e Biella. Esse si trovano ad un'altitudine media di 378 m s.l.m e presentano un volume lordo riscaldato medio pari a 905 m^3 ed una superficie utile riscaldata media pari a 220 m^2 con un conseguente rapporto superficie/volume di 0.77 m^{-1}.

Tabella 16
Dati di progetto relativi agli impianti installati dei 17 casi studio.

NZEB	Volume [m^3]	S/V [m^{-1}]	U involucro opaco [$W/m^2/K$]	U involucro trasparente [$W/m^2/K$]	Sistema di Emissione	Servizio	Potenza pompa di calore [kW]	Combustibile	Tipologia di pompa di calore	Potenza fotovoltaico [kW]	ST area [m^2]	Anni di monitoraggio
1	665,25	0,74	0,17	0,883	Pavimento radiante	R+ACS	6,84	EE	aria-acqua	4,4	4,2	2014
2	1002,56	0,73	0,131	0,693	Pavimento radiante	R+ACS	12,3	EE	aria-acqua	3,4	5,8	2015-2016
3	607,54	0,74	0,149	0,88	Split	R+ACS	10	EE	aria-acqua	4.0	4,66	2014-2015
4	1028,7	0,81	0,175	0,952	Pavimento radiante	R+ACS	6	EE	aria-acqua	6.0	7,5	2014
5	686,6	0,85	0,151	1,238	Pavimento radiante	R+ACS	6	EE	aria-acqua	4,5	7,8	2015-2016
6	1104,84	0,72	0,15	0,633	Pavimento radiante	R+ACS	11,2	EE	aria-acqua	8.0	12.00	2015
7	735,59	0,79	0,119	0,71	Pavimento radiante	R+ACS	6,31	EE	aria-acqua	5.0	7,5	2014-2015
8	620,31	0,89	0,157	0,939	Pavimento radiante	R+ACS	6	EE	aria-acqua	3,5	15.00	2015-2016
9	1027,83	0,73	0,156	0,832	Split	R	6,1	EE	aria-aria	6.0	6,96	2014-2016
10	986,9	0,74	0,152	0,938	Split	R	7,28	EE	aria-aria	6,5	9,3	2015
11	948,58	0,7	0,206	1,022	Pavimento radiante	R+ACS	16	EE	aria-acqua	3.0	5.00	2017
12	1256,52	0,68	0,113	1,258	Pavimento radiante	R+ACS	8,3	EE	aria-acqua	6,24	7,5	2016-2017
13	944,4	0,74	0,164	1,162	Pavimento radiante	R+ACS	6.0	EE	aria-acqua	5,35	5.00	2016-2017
14	1162,5	0,84	0,116	1,3	Pavimento radiante	R+ACS	16,7	EE	aria-acqua	4,2	25.00	2015-2016-2017
15	664,6	0,7	0,147	0,98	Pavimento radiante	R+ACS	13,72	EE	aria-acqua	2,88	10.00	2016
16	909,33	0,8	0,15	0,965	Pavimento radiante	R+ACS	11,6	EE	aria-acqua	6,4	12,5	2015-2016-2017
17	672,2	0,7	0,149	1,107	Pavimento radiante	R+ACS	16,05	EE	aria-acqua	4,5	9,4	2016

Inoltre, come già specificato precedentemente, era necessario l'adozione di soluzioni tecnologiche e costruttive che garantissero alle abitazioni di rispettare i seguenti requisiti, oggetto delle analisi condotte:

- Bassa domanda di energia per il riscaldamento:
  $QH,_{nd}/Su \leq 15$ kWh/m^2/anno
-Bassa domanda di energia per il raffrescamento:
  $QC,_{nd}/Su \leq 10$ kWh/m^2/anno
- Intenso utilizzo di energia da fonti rinnovabili :
  $EP_{tot,RINN}/EP_{tot} \geq 50\%$

9.1 Considerazioni in merito a risultati relativi al fabbisogno termico invernale $QH,_{nd}$

Di seguito in tabella vengono riportati in maniera sintetica i risultati delle analisi condotte per la verifica del fabbisogno termico invernale $QH,_{nd}/Su$ dei 17 edifici per i quali è stato possibile condurre uno studio puntuale dei dati di monitoraggio a disposizione.
In tabella è possibile rintracciare dei valori di scarto relativo, utili ad identificare lo scostamento fra i dati di progetto e quelli di consumo reale. Possiamo osservare come tali valori percentuali si attestino prevalentemente intorno ad un valore medio percentuale pari a 20 %.
Inoltre, sono presenti casi, quali 4, 5, 8, 9, 16, in cui il requisito relativo al fabbisogno termico invernale $QH,_{nd}/Su$ (kWh/m^2) · anno non risulta rispettato e per cui possiamo osservare dei valori di progetto più alti rispetto ad altre casistiche che sono state analizzate.
Tendenzialmente, da quanto possiamo osservare dal grafico (Figura 27) di confronto fra i dati di $QH,_{nd}$ di progetto e quelli realistici, sebbene entrambi le serie di dati presentino un andamento simile, i dati di monitoraggio si configurano proporzionalmente più alti di quelli progettuali, con particolari casi in cui essi sono decisamente più alti

Casi studio	$Q_{H,nd}$ da progetto [(kWh/m²) - a]	$Q_{H,nd}$ da monitoraggio [(kWh/m²) - a]	Scarto relativo [-]
1	13.34	14.89	12%
2	12.74	11.80	8%
2	12.74	11.14	13%
3	11.61	13.77	19%
3	11.61	12.60	9%
4	9.84	17.72	80%
5	14.04	14.42	3%
5	14.04	16.70	19%
6	10.80	14.24	32%
7	13.18	15.17	15%
7	13.18	14.76	12%
8	13.37	16.26	22%
8	13.37	16.79	26%
9	10.51	16.07	53%
9	10.51	18.00	71%
10	12.02	13.02	8%
11	12.20	11.40	11%
12	12.86	11.43	11%
13	12.25	12.79	4%
13	12.25	12.35	1%
14	13.40	10.83	19%
14	13.40	10.73	20%
14	13.40	14.00	4%
15	14.15	14.66	4%
16	14.40	16.61	15%
16	14.40	18.30	27%
16	14.40	18.94	32%
17	9.79	14.84	52%

Tabella 17
Confronto fra QH,nd di progetto e QH,nd da monitoraggio dei 17 casi studio.

17

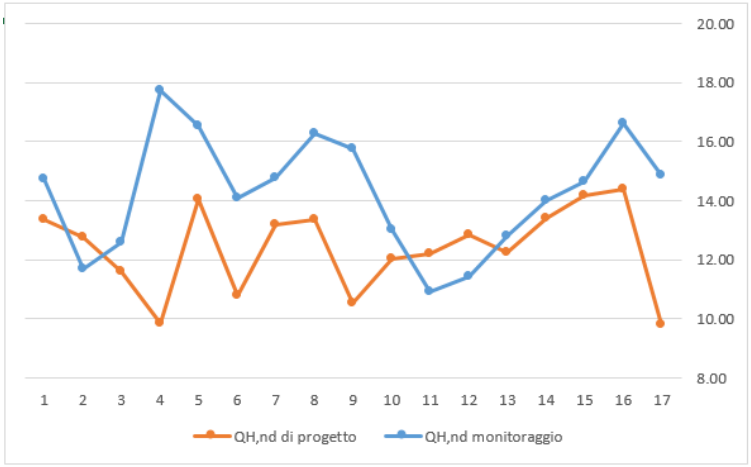


Figura 27
Rappresentazione grafica fra QH,nd di progetto e QH,nd da monitoraggio dei 17 casi studio.

27

rispetto ai corrispettivi di progetto, ed in tal caso infatti questi casi non risultano rispettare il relativo requisito sul fabbisogno termico invernale. Viceversa, sono evidenti delle situazioni, in particolare per i casi 11 e 12, in cui invece il reale fabbisogno termico invernale risulta più basso di quello previsto in fase progettuale.

L'analisi sui dati di monitoraggio è stata effettuata sulla base del calcolo delle performance mensili relative alla stagione di riscaldamento, ovvero dal mese di gennaio a quello di aprile e dal mese di ottobre sino a dicembre. Questa valutazione ha permesso di tener conto delle diverse condizioni di temperatura e di rintracciare le possibili cause alla base delle incongruenze rilevate rispetto ai dati di progetto. Il fabbisogno termico invernale è stato calcolato tenendo conto dei consumi di energia elettrica per il servizio di riscaldamento, rilevati dal sistema di monitoraggio installato in ogni abitazione. I dati di consumo sono stati acquisiti mensilmente e di seguito rappresentati

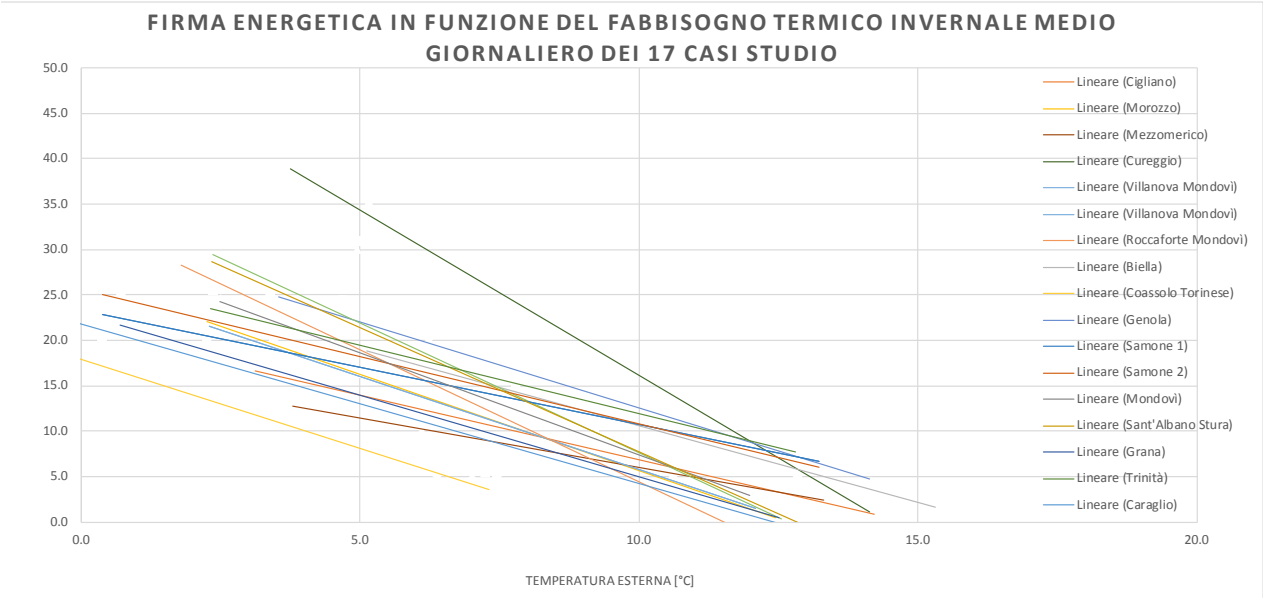


Figura 28
Rappresentazione grafica delle firme energetiche dei 17 casi studio.

attraverso il grafico delle firme energetiche; nel dettaglio, vengono messi in relazione il consumo d'energia giornaliero normalizzato rispetto alla superficie riscaldata dell'edificio, espresso in kWh/m^2/d,

con i valori di temperatura media esterna espressa in °C, i cui dati sono stati estrapolati dalla banca dati meteorologica presente sul sito di Arpa Piemonte e poi corretti secondo la procedura indicata dalla norma UNI 10349. E' possibile fare alcune osservazioni in merito alla pendenza delle rette del grafico; questa dipende dall'influenza che diverse variabili, di tipo climatico o geometrico, hanno sui consumi energetici. Essa è legata in particolare ad effetti legati alla temperatura esterna come la dispersione dell'edificio e le perdite proporzionali dell'impianto. Laddove è evidente una minima pendenza delle rette che rappresentano la firma energetica, possiamo dedurne un adeguato livello di isolamento termico della struttura correlato ad una buona efficienza del sistema impiantistico che regola il servizio di riscaldamento. Allo stesso tempo dove la pendenza della retta risulta piuttosto accentuata allora è riscontrabile un alto livello dei consumi oltre che alla non verifica del requisito inerente al fabbi-

NZEB	Trasmittanza media sup. opache [W/m2/K]	Trasmittanza media sup. trasparenti [W/m²/K]	S/V [m⁻¹]	$Q_{H,nd}$ /S_u [(kWh/m²) - a]
1	0,17	0,883	0,74	14,89
2	0,131	0,693	0,73	11,80 11,14
3	0,149	0,88	0,74	13,77 12,60
4	**0,175**	**0,952**	**0,81**	**17,72**
5	0,151	**1,238**	**0,85**	14,42 **16,70**
6	0,15	0,633	0,72	14,24
7	0,119	0,71	**0,79**	**15,17** 14,76
8	0,157	**0,939**	**0,89**	**16,26** **16,79**
9	0,156	**0,832**	0,73	**16,07** **18,00**
10	0,152	0,938	0,74	13,02
11	0,206	1,022	0,7	11,40
12	0,113	1,258	0,68	11,43
13	0,164	1,162	0,74	12,79 12,35
14	0,116	1,3	0,84	10,83 10,73 14,00
15	0,147	0,98	0,70	14,66
16	0,15	**0,965**	**0,80**	**16,61** **18,30** **18,94**
17	0,149	1,107	0,70	14,84

Tabella 18
Caratteristiche d'isolamento termico: trasmittanza media superficiale strutture opache e trasparenti e relazione con i valori di QH,nd/Su.

18

sogno termico invernale. Inoltre, come si evince dalla tabella 18, è possibile rintracciare una correlazione fra i casi analizzati che risultano non rispettare il requisito relativo al fabbisogno termico invernale $QH,_{nd}$/ Su ≤ 15 kWh/m^2/anno e le caratteristiche di trasmittanza termica media delle superfici opache e di quelle trasparenti, oltre che alle caratteristiche geometriche dell'edificio, con particolare riferimento al rapporto di forma del manufatto edilizio.
Infatti per i casi 4, 5, 8, 9 e 16 che presentano un $Q_{H,nd}$ / Su superiore ai limiti imposti dal bando, osserviamo come anche i rispettivi valori di trasmittanza termica e il rapporto di superficie/volume siano contemporaneamente più alti.
Un rapporto elevato di superficie/volume implica una maggiore quota di superficie disperdente e dunque una conseguente diminuzione della qualità del manufatto edilizio dal punto di vista energetico.
Viceversa, nei casi in cui si hanno dei rapporti di superficie/volume più bassi e delle migliori caratteristiche di trasmittanza termica allora si riscontrano dei fabbisogni termici invernali che risultato adeguati alle verifiche del requisito, dettate dal Decreto Requisiti Minimi e richieste dal Bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero".

9.2 Considerazioni sul C.O.P. delle pompe di calore

E' opportuno fare delle considerazioni anche in merito ai sistemi di produzione, distribuzione, regolazione ed emissione adottati negli edifici in questione. Le indicazioni relative ai vari sistemi sono state ricavate dai dati di progetto forniti da Finpiemonte. Ciò che emerge è che il sistema di riscaldamento è nella quasi totalità dei casi caratterizzato dall'utilizzo di pompe di calore aria-acqua o aria-aria che sfruttano l'energia elettrica e supportano contemporaneamente la produzione di calore per il servizio di acqua calda sanitaria.

NZEB	Tipologia	Servizio	Potenza utile nominale [kW]	C.O.P.
1	aria/acqua	riscaldamento + acs	6,84	3,35
2	aria/acqua	riscaldamento + acs	12,3	3,4
3	aria/acqua	riscaldamento + acs	10.00	3,6
4	aria/acqua	riscaldamento + acs	6.00	3,25
5	aria/acqua	riscaldamento + acs	6.00	3,4
6	aria/acqua	riscaldamento + acs	7,28	3,6
7	aria/acqua	riscaldamento + acs	6,31	3,5
8	aria/acqua	riscaldamento + acs	6.00	3,2
9	aria/aria	riscaldamento + acs	6,1	3,5
10	aria/aria	riscaldamento + acs	11,2	3,35
11	aria/acqua	riscaldamento + acs	8,82	3,55
12	aria/acqua	riscaldamento + acs	8,3	3,55
13	aria/acqua	riscaldamento + acs	11,2	4,46
14	aria/acqua	riscaldamento + acs	9,11	3,94
15	aria/acqua	riscaldamento + acs	13,72	4,37
16	aria/acqua	riscaldamento + acs	11,6	3,3
17	aria/acqua	riscaldamento + acs	16,5	4,47

Tabella 19
Caratteristiche impiantistiche dei 17 casi studio.

19

Inoltre, ad esse vengono affiancati altri sistemi di generazione dell'energia quali fotovoltaico e solare termico opportunamente integrati sulla copertura delle abitazioni. La scelta delle soluzioni tecnologiche è ricaduta su queste tipologie impiantistiche perché rappresenta la strategia economica più sostenibile, ovvero il loro costo poco elevato consente di installare delle componenti di efficientamento energetico con ottime prestazioni e allo stesso tempo poco invasive e impattanti sulla forma dell'edificio.

Le analisi condotte sui 17 edifici del bando hanno incluso anche delle valutazioni sul C.O.P. desumibile dai dati di monitoraggio. In tal senso, si è proceduto effettuando il rapporto fra l'energia termica fornita al sistema edificio-impianto e l'energia elettrica utilizzata.

Si è poi proceduto al confronto fra i dati di C.O.P. durante la stagione di riscaldamento e si posto a confronto il rendimento reale delle

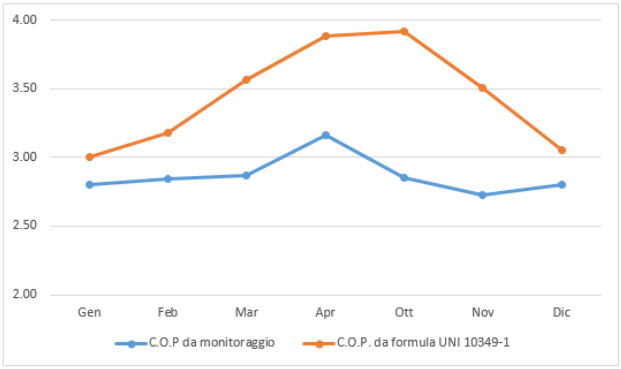
pompe di calore istallate rispetto ai valori da scheda tecnica.
Di seguito si è rappresentato in modo schematico col supporto di grafici l'andamento dei rendimenti medi mensili in relazione ai valori di C.O.P. calcolati applicando la formula ricavata da una pubblicazione di Infrastrutture Lombarde, CENED [10] che tiene conto dei livelli di temperatura rilevati, nonché delle caratteristiche climatiche che hanno influito sul funzionamento del generatore.

[10] Formula CENED , Infrastrutture Lombarde, Decreto Generale della Regione Lombardia 5796/2009.

Caso studio 1 - 2014

Anno 2014	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.80	3.00	3.11
Feb	2.84	3.18	5.01
Mar	2.87	3.57	9.61
Apr	3.16	3.88	13.71
Ott	2.85	3.92	14.21
Nov	2.73	3.51	8.91
Dic	2.80	3.06	3.71

20

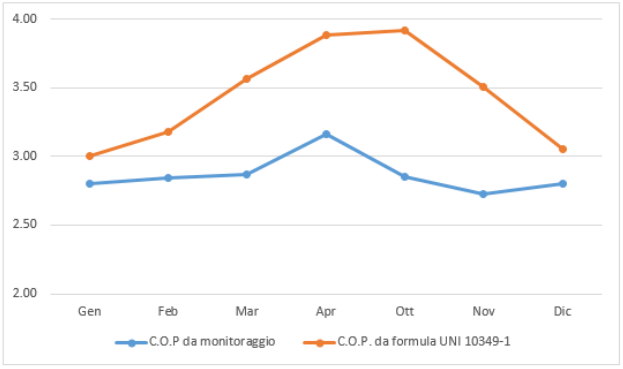


29

Caso studio 2 - 2015/2016

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.77	3.05	3.15
Feb	2.75	2.96	2.25
Mar	2.96	3.47	7.85
Apr	3.12	3.85	12.45
Ott	2.9	3.78	11.65
Nov	2.96	3.44	7.45
Dic	2.92	3.14	4.15

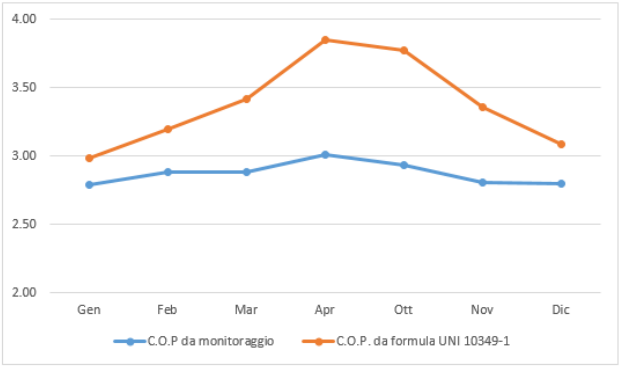
21



30

Anno 2016	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.79	2.98	2.45
Feb	2.88	3.20	4.75
Mar	2.88	3.42	7.23
Apr	3.01	3.85	12.55
Ott	2.93	3.78	11.55
Nov	2.81	3.36	6.55
Dic	2.80	3.09	3.55

22



31

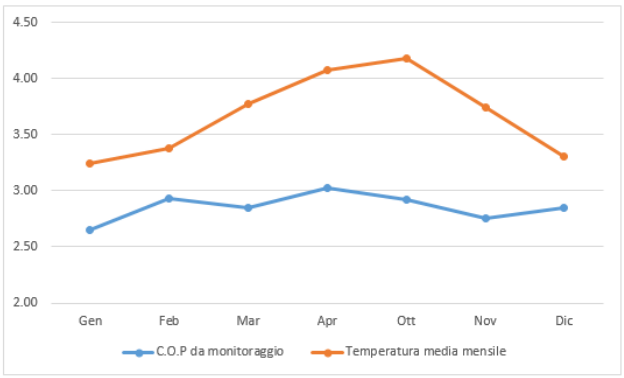
Tabella
20-21-22-23-24-25
Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1,
caso studio 1-2014
caso studio 2-2015
caso studio 2-2016
caso studio 3-2014
caso studio 3-2015
caso studio 4-2014

Figura
29-30-31-32-33-34
Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1,
caso studio 1-2014
caso studio 2-2015
caso studio 2-2016
caso studio 3-2014
caso studio 3-2015
caso studio 4-2014

Caso studio 3 - 2014/2015

Anno 2014	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.65	3.25	3.31
Feb	2.93	3.38	4.71
Mar	2.85	3.77	8.91
Apr	3.03	4.08	12.51
Ott	2.92	4.18	13.81
Nov	2.75	3.75	8.61
Dic	2.85	3.31	3.91

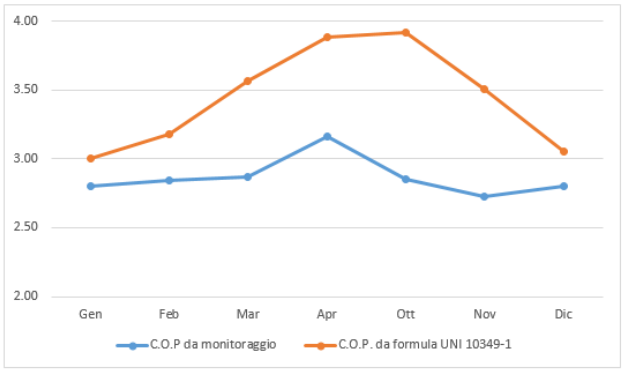
23



32

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.84	3.29	3.8
Feb	2.94	3.33	4.2
Mar	2.93	3.80	9.2
Apr	3.18	4.14	13.3
Ott	2.91	4.08	12.6
Nov	2.88	3.70	8.1
Dic	2.77	3.29	3.8

24

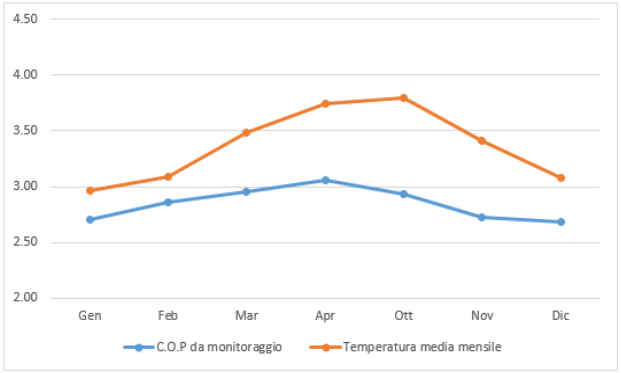


33

Caso studio 4 - 2014

Anno 2014	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.71	2.97	3.74
Feb	2.86	3.09	5.14
Mar	2.95	3.49	9.94
Apr	3.06	3.75	13.44
Ott	2.93	3.80	14.14
Nov	2.73	3.41	8.94
Dic	2.68	3.07	4.94

25

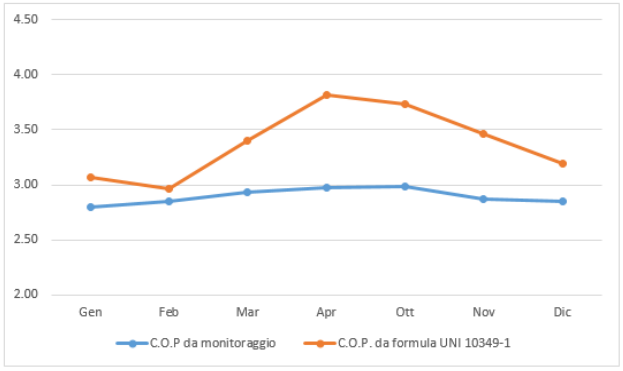


34

Caso studio 5 - 2015/2016

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.80	3.07	3.39
Feb	2.85	2.97	2.29
Mar	2.93	3.40	6.99
Apr	2.97	3.82	12.09
Ott	2.99	3.73	10.99
Nov	2.87	3.47	7.79
Dic	2.85	3.19	4.69

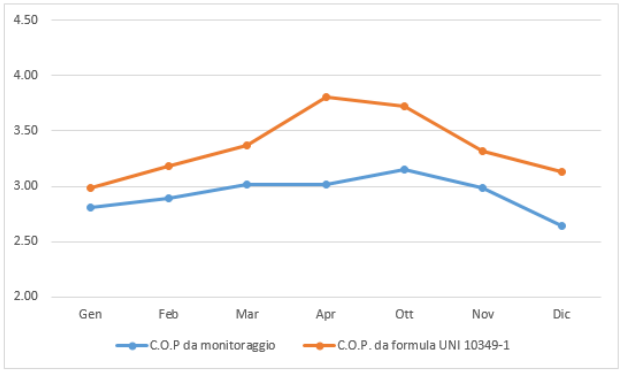
26



35

Anno 2016	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.81	2.99	2.49
Feb	2.89	3.18	4.59
Mar	3.02	3.37	6.69
Apr	3.02	3.81	11.99
Ott	3.15	3.72	10.89
Nov	2.99	3.32	6.09
Dic	2.64	3.13	3.99

27



36

Caso studio 6 - 2015

37

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.83	3.20	2.88
Feb	2.78	3.09	1.78
Mar	2.81	3.55	6.48
Apr	2.81	4.00	11.58
Ott	2.98	3.91	10.48
Nov	2.80	3.63	7.28
Dic	2.86	3.33	4.18

28

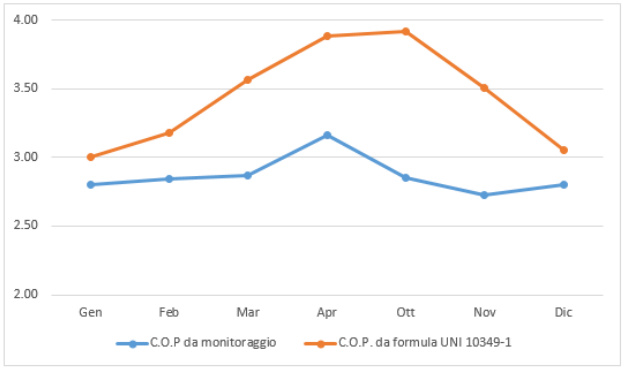


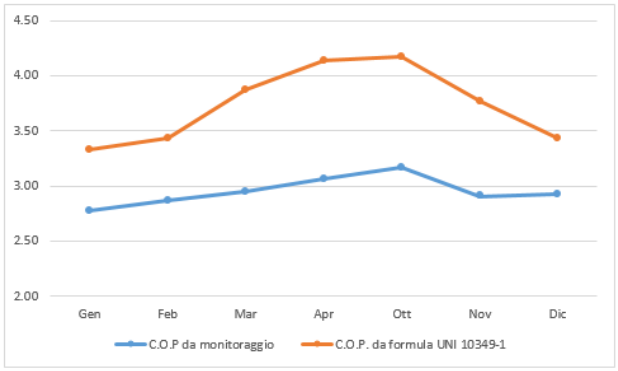
Tabella
26-27-28-
29-30-31-32
Confronto C.O.P.
monitoraggio e
C.O.P. UNI 10349-1,
caso studio 5-2015
caso studio 5-2016
caso studio 6-2015
caso studio 7-2014
caso studio 7-2015
caso studio 8-2015
caso studio 8-2016

Figura
35-36-37-
38-39-40-41
Confronto C.O.P.
monitoraggio e
C.O.P. UNI 10349-1,
caso studio 5-2015
caso studio 5-2016
caso studio 6-2015
caso studio 7-2014
caso studio 7-2015
caso studio 8-2015
caso studio 8-2016

Caso studio 7 - 2014/2015

Anno 2014	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.78	3.33	5.12
Feb	2.87	3.44	6.32
Mar	2.95	3.87	11.32
Apr	3.07	4.13	14.72
Ott	3.17	4.18	15.32
Nov	2.91	3.77	10.12
Dic	2.93	3.43	6.22

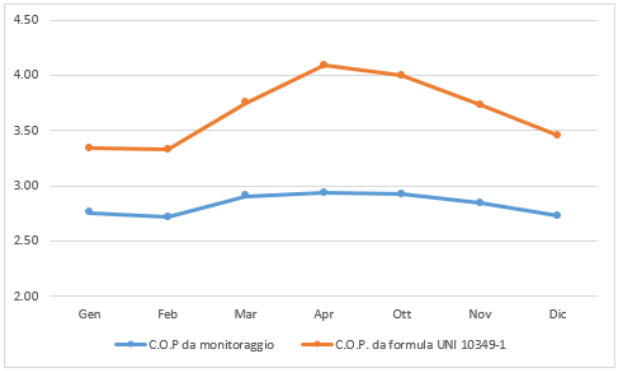
29



38

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.76	3.34	5.22
Feb	2.72	3.33	5.12
Mar	2.91	3.75	9.92
Apr	2.94	4.10	14.22
Ott	2.93	4.00	13.02
Nov	2.85	3.74	9.72
Dic	2.73	3.46	6.52

30

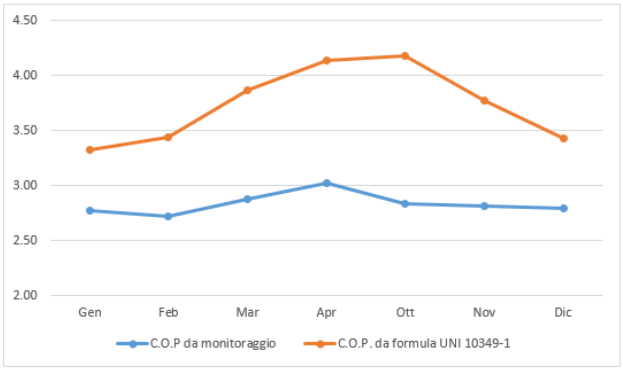


39

Caso studio 8 - 2015/2016

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.77	2.65	0.8
Feb	2.72	2.46	-1.2
Mar	2.88	2.81	2.5
Apr	3.02	3.12	6
Ott	2.84	3.13	6.1
Nov	2.81	3.22	7.3
Dic	2.79	2.95	4.1

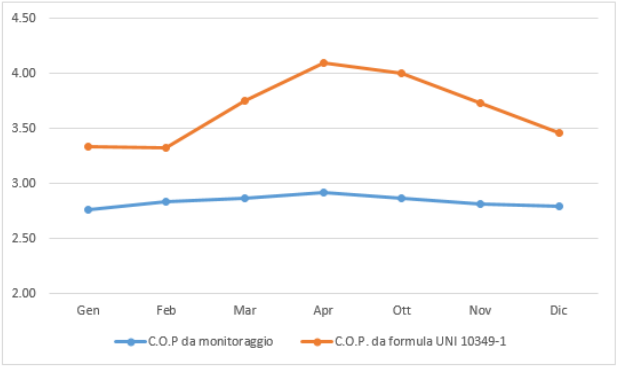
31



40

Anno 2016	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.76	2.56	-0.2
Feb	2.83	2.64	0.7
Mar	2.87	2.70	1.3
Apr	2.92	3.02	4.9
Ott	2.87	3.13	6.1
Nov	2.81	2.78	2.1
Dic	2.79	2.92	3.7

32

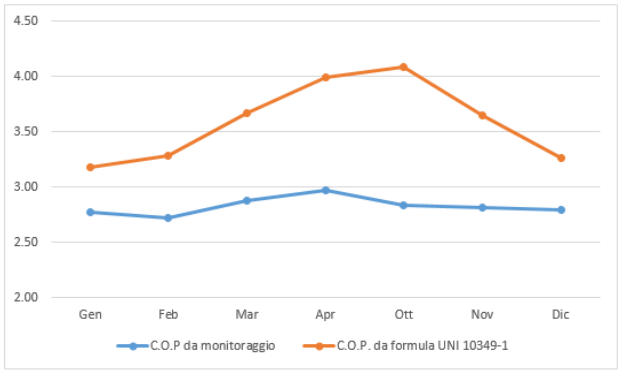


41

Caso studio 9 - 2015/2016

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.80	3.07	3.39
Feb	2.85	2.97	2.29
Mar	2.93	3.40	6.99
Apr	2.97	3.82	12.09
Ott	2.99	3.73	10.99
Nov	2.87	3.47	7.79
Dic	2.85	3.19	4.69

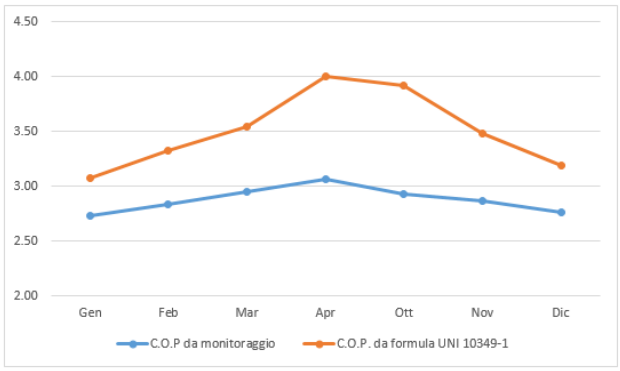
33



42

Anno 2016	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.81	2.99	2.49
Feb	2.89	3.18	4.59
Mar	3.02	3.37	6.69
Apr	3.02	3.81	11.99
Ott	3.15	3.72	10.89
Nov	2.99	3.32	6.09
Dic	2.64	3.13	3.99

34

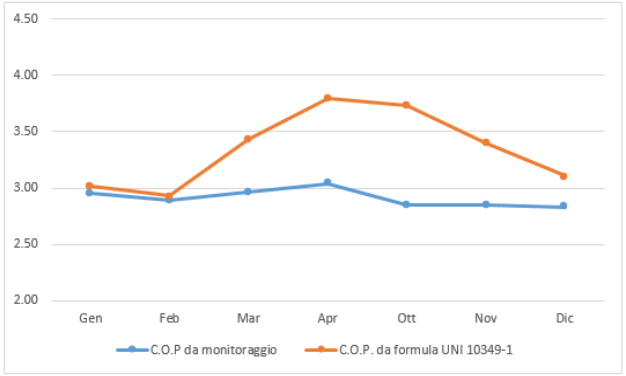


43

Caso studio 10 - 2015

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.95	3.01	3.25
Feb	2.89	2.93	2.35
Mar	2.96	3.43	7.95
Apr	3.04	3.80	12.55
Ott	2.85	3.74	11.75
Nov	2.85	3.40	7.55
Dic	2.83	3.11	4.23

35



44

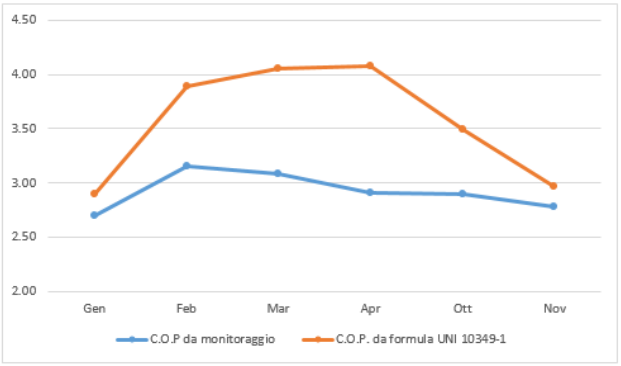
Tabella 33-34-35 Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 9-2015 caso studio 9-2016 caso studio 10-2015

Figura 42-43-44 Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 9-2015 caso studio 9-2016 caso studio 10-2015

Caso studio 11 - 2017

Anno 2017	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.70	2.90	0.37
Mar	3.15	3.89	10.87
Apr	3.09	4.05	12.87
Ott	2.91	4.08	13.23
Nov	2.90	3.49	6.37
Dic	2.78	2.97	1.07

36

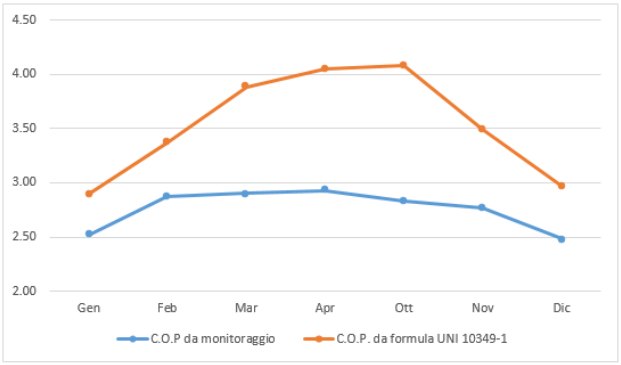


45

Caso studio 12 - 2017

Anno 2017	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.52	2.90	0.37
Feb	2.87	3.37	5.07
Mar	2.90	3.89	10.87
Apr	2.93	4.05	12.87
Ott	2.83	4.08	13.23
Nov	2.77	3.49	6.4
Dic	2.48	2.97	1.07

37



46

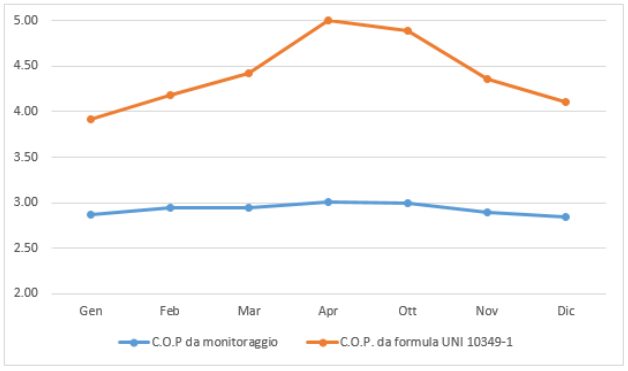
Tabella
36-37
Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 11-2017 caso studio 12-2017

Figura
45-46
Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 11-2017 caso studio 12-2017

Caso studio 13 - 2016/2017

Anno 2016	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.87	3.92	2.49
Feb	2.94	4.18	4.59
Mar	2.95	4.42	6.69
Apr	3.01	5.00	11.99
Ott	3.00	4.88	10.89
Nov	2.89	4.36	6.1
Dic	2.85	4.10	3.99

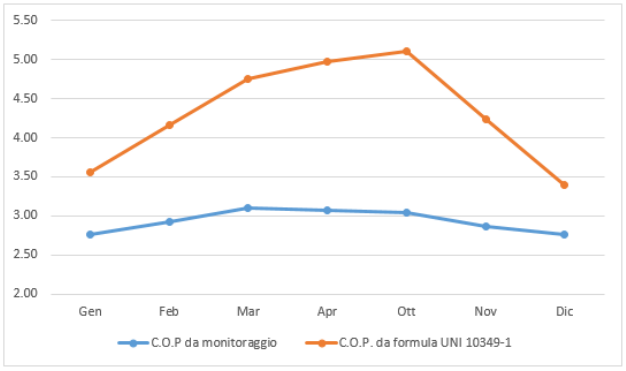
38



47

Anno 2017	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.77	3.55	-0.3
Feb	2.93	4.17	4.5
Mar	3.10	4.76	9.7
Apr	3.08	4.97	11.7
Ott	3.05	5.10	13
Nov	2.87	4.24	5.1
Dic	2.76	3.40	-1.4

39

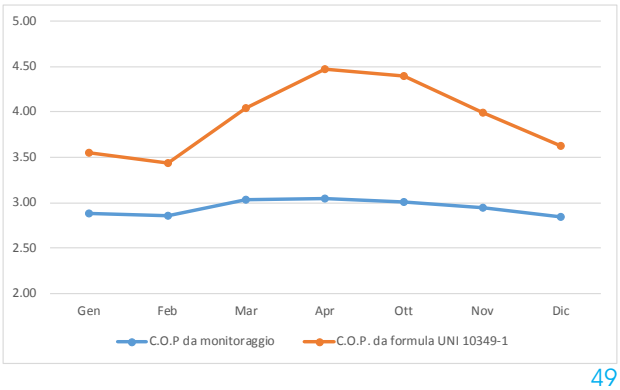


48

Caso studio 14 - 2015/2016

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.88	3.54	3.24
Feb	2.86	3.43	2.24
Mar	3.03	4.04	8.04
Apr	3.05	4.47	12.64
Ott	3.01	4.39	11.74
Nov	2.94	3.99	7.5
Dic	2.84	3.63	4.04

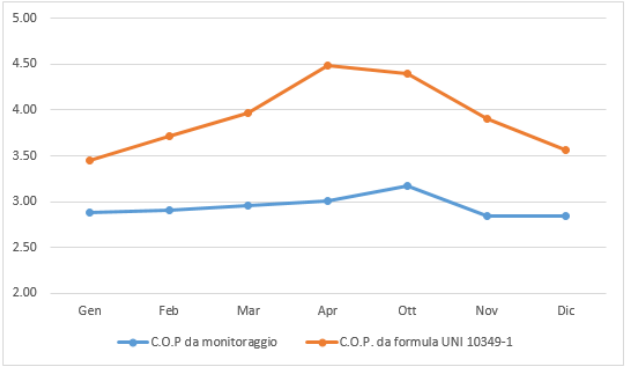
40



49

Anno 2016	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.88	3.44	2.34
Feb	2.91	3.72	4.84
Mar	2.96	3.96	7.24
Apr	3.01	4.49	12.84
Ott	3.17	4.39	11.74
Nov	2.85	3.90	6.6
Dic	2.84	3.57	3.44

41

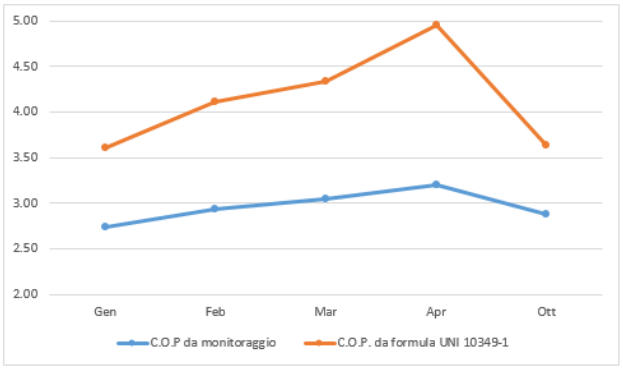


50

Caso studio 15 - 2016

Anno 2016	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.74	3.61	0.7
Feb	2.93	4.11	4.7
Mar	3.04	4.34	6.7
Apr	3.20	4.95	12.5
Dic	2.88	3.64	0.9

42

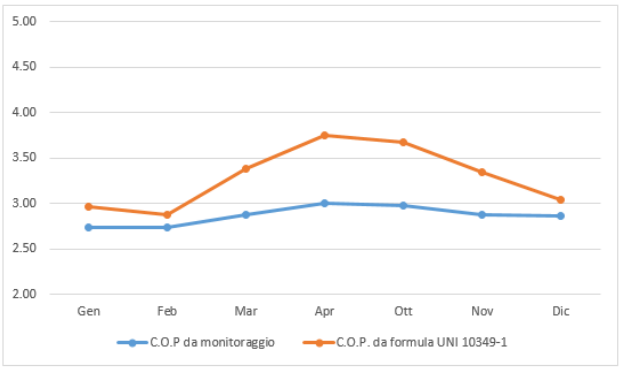


51

Caso studio 16 - 2015/2016/2017

Anno 2015	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.74	2.97	3.21
Feb	2.73	2.87	2.21
Mar	2.87	3.38	8.01
Apr	3.00	3.74	12.61
Ott	2.98	3.68	11.71
Nov	2.88	3.34	7.51
Dic	2.86	3.04	4.01

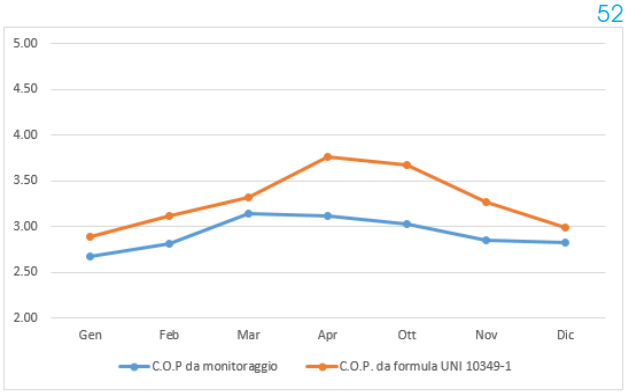
43



52

Anno 2016	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.67	2.88	2.31
Feb	2.81	3.11	4.81
Mar	3.14	3.32	7.21
Apr	3.11	3.76	12.81
Ott	3.03	3.68	11.71
Nov	2.85	3.27	6.61
Dic	2.82	2.98	3.41

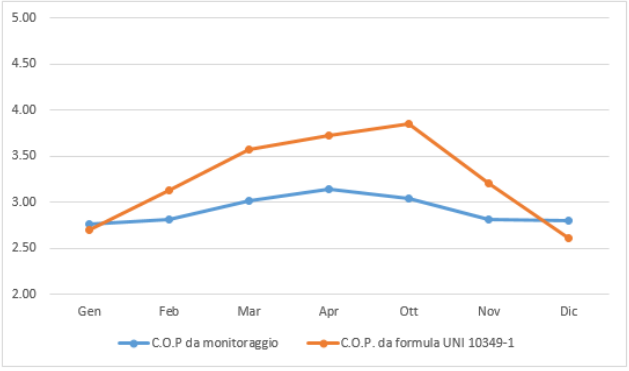
44



53

Anno 2017	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.69	2.70	0.41
Feb	2.81	3.13	5.01
Mar	3.01	3.58	10.41
Apr	3.14	3.72	12.31
Ott	3.04	3.85	14.01
Nov	2.81	3.21	5.91
Dic	2.68	2.61	-0.49

45

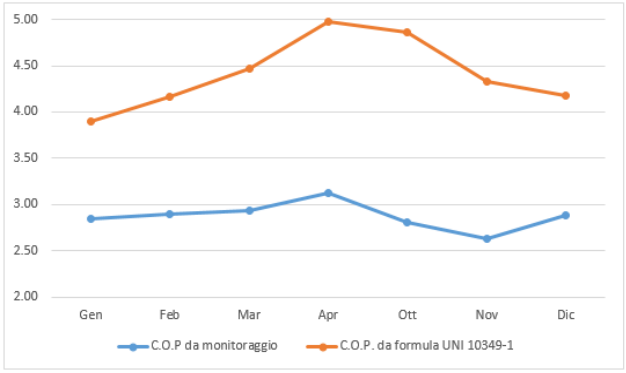


54

Caso studio 17 - 2016

Anno 2016	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.87	3.92	2.49
Feb	2.94	4.18	4.59
Mar	2.95	4.42	6.69
Apr	3.01	5.00	11.99
Ott	3.00	4.88	10.89
Nov	2.89	4.36	6.1
Dic	2.85	4.10	3.99

46



55

Tabella 38-39-40-41 Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 13-2016 caso studio 13-2017 caso studio 14-2015 caso studio 14-2016

Figura 47-48-49-50 Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 13-2016 caso studio 13-2017 caso studio 14-2015 caso studio 14-2016

Tabella 42-43-44-45-46 Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 15-2016 caso studio 16-2015 caso studio 16-2016 caso studio 16-2017 caso studio 17-2016

Figura 51-52-53-54-55 Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 15-2016 caso studio 16-2015 caso studio 16-2016 caso studio 16-2017 caso studio 17-2016

I risultati ottenuti ci mostrano dei valori di C.O.P. che in media non superano il 3 così come descritto nelle schede tecniche degli impianti, sebbene vi siano delle eccezioni in cui il C.O.P. è pari a 3,20, nella stagione di riscaldamento i valori variano prevalentemente fra 2,70 e 2,90. E' utile sottolineare che il C.O.P. nominale indicato nelle schede tecniche delle pompe di calore fa riferimento al funzionamento delle stesse in laboratorio utilizzando precisi parametri come ad esempio la temperatura esterna fissata a 7 °C e la temperatura di mandata dell'impianto pari a 35 °C.

E' necessario specificare che tali condizioni non si verificano quasi mai e che in particolare per i casi analizzati, tutti localizzati in Piemonte, dunque in nord Italia, in inverno si rileva un alto tasso d'umidità, causa principale dell'irrigidimento delle temperature. Ciò che si ri-

scontra, a partire dalle condizioni climatiche presenti e dai valori di C.O.P. risultanti dalle analisi condotte sui dati di monitoraggio, è un' inefficienza degli impianti dotati di pompa di calore nelle condizioni invernali soprindicate. Questo comporta un sostanziale calo dei rendimenti tipici delle pompe installate che coincide con un abbassamento della temperatura esterna nella stagione invernale e innalzamento del tasso d'umidità. Queste particolari condizioni climatiche contribuiscono largamente al manifestarsi di fenomeni di brinamento in prossimità del radiatore presente nell'unità esterna. La brina, in questi casi, genera un minor scambio termico fra il fluido frigorigeno e il vettore esterno, ovvero l'aria.

Inoltre, essa si configura come una vero e proprio elemento d'ostacolo rispetto al passaggio dell'aria e di conseguenza non consente un adeguato funzionamento della pompa di calore anche in condizioni climatiche poco favorevoli.

In questi casi, infatti, l'inefficienza della pompa di calore è data dal fatto che essa deve interrompere la sua normale funzione di riscaldamento per attuare delle procedure di sbrinamento della macchina, altrimenti noto come defrost, in cui il calore prodotto per essere destinato all'interno dell'unità abitativa viene veicolato invece verso l'esterno al fine di sbrinare la macchina.

Inoltre sono stati riscontrati dei casi in cui sono presenti delle anomalie dei dati (consumi troppo alti o troppo bassi) che possiamo identificare nei grafici delle singole firme energetiche di seguito riportati, dove si rintracciano dei punti di lettura distanti dalla retta di pendenza e quindi assolutamente non in linea con le altre letture di monitoraggio effettuate. La motivazione di una singolarità di questo tipo è riferibile a varie cause; molto probabilmente le macchine di recupero di calore avranno subito un fermo oppure una settimana di intenso freddo relativa ai mesi invernali, come si può vedere nei casi in cui la temperatura media mensile è effettivamente molto bassa,

questa ha influito sul rendimento della pompa di calore.
Fra le cause non si esclude poi la possibilità di un eventuale accensione in contemporanea dei generatori per un guasto o ancora da non sottovalutare un errore di lettura dei dati di monitoraggio che come riscontrato presentano una certa percentuale di incertezza dovuta proprio ad un'inadeguatezza delle operazioni di rilevazione.

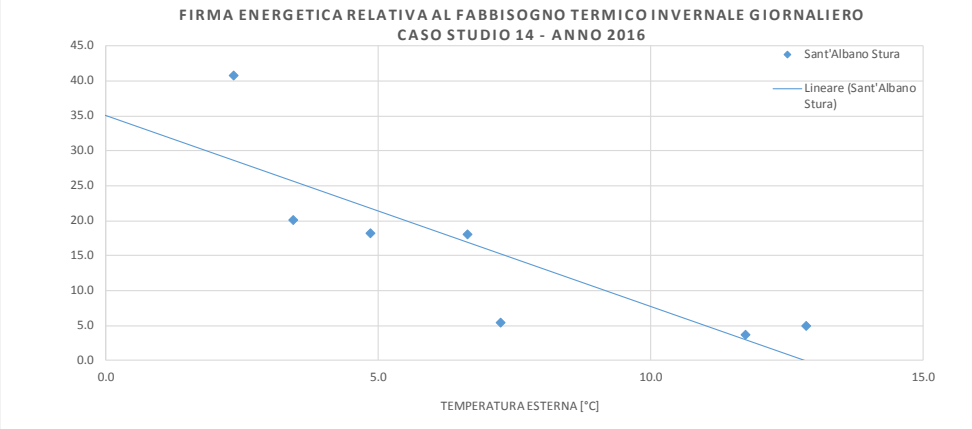


Figura 56 Rappresentazione grafica firma energetica , caso anomalo.

56

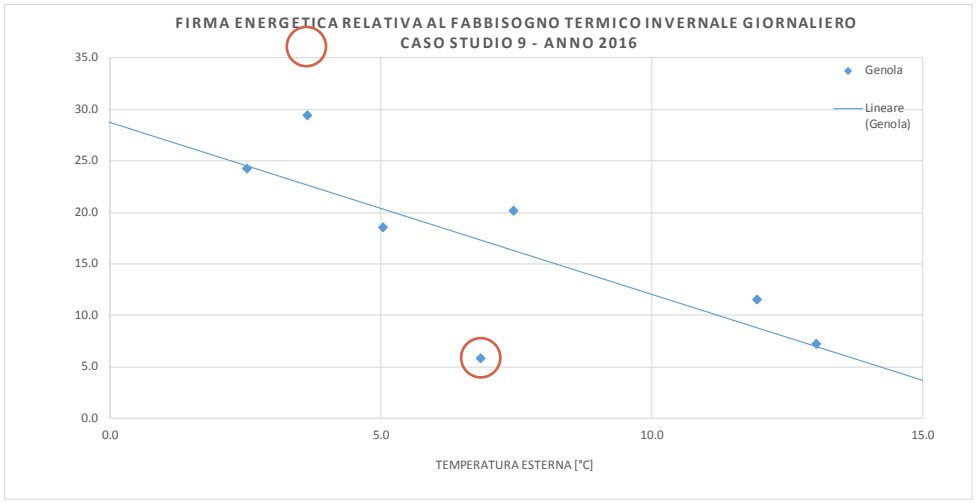


Figura 57 Rappresentazione grafica firma energetica , caso anomalo.

57

9.3 Considerazioni sulla produzione di energia primaria prodotta da fonti rinnovabili

Fra le richieste avanzate dal bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero" oltre che alla verifica dei requisiti relativi al fabbisogno termico invernale ed estivo, vi era l'obbligo d'impiego di energia prodotta da fonti rinnovabili in grado di soddisfare almeno il 50% della domanda energetica dell'edificio, nel dettaglio si fa riferimento ai servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.

Ogni caso studio analizzato in questo lavoro di tesi presentava un impianto solare termico e un impianto di solare fotovoltaico a supporto dell'impianto principale per i servizi di riscaldamento e produzione di acs. Nella tabella seguente vengono riportati i valori relativi all'energia elettrica e termica fornita rispettivamente dagli impianti di solare termico e fotovoltaico in relazione al dato di radianza solare media annuale rilevata.

NZEB	Radianza solare media annuale [(kWh/m^2) - a]	Tipologia di tetto	Potenza fotovoltaico [kWh]	Solare termico area di captazione solare	Energia termica da ST media mensile [kWh]
1	1407	a falda	4,40	4,20	145,7
2	1412	a falda	3,40	5,8	108,3
3	1397	a falda	4,00	4,6	131,05
4	1390	a falda	6,00	7,5	204,1
5	1436	piano	4,50	7,8	195,05
6	1445	piano	8,00	12.0	345,5
7	1388	a falda	5,00	7,5	290,7
8	1356	a falda	3,50	15.0	295,15
9	1402	a falda	6,00	6,9	295,15
10	1405	a falda	6,50	9,3	345,5
11	1362	a falda	3,00	5.0	294,4
12	1362	a falda	6,24	7,5	139,98
13	1407	a falda	5,35	5.0	205,5
14	1407	a falda	4,20	25.0	365,4
15	1408	a falda	2,88	10.0	246,3
16	1407	a falda	6,40	12,5	206,3
17	1396	a falda	16,5	9,4	175,9

47

Tabella 47 Caratteristiche impianti di solare termico e fotovoltaico dei 17 casi studio.

La verifica richiesta dal bando a cui si fa riferimento precedentemente, fa riferimento al rapporto fra $QP_{tot,RINN}$ e $QP_{,tot}$ dove $QP_{,tot}$ è stato calcolato come la somma della componente rinnovabile e di quella non rinnovabile, $QP_{tot} = QP_{tot,RINN} + QP_{,tot,NRINN}$, come descritto nel capitolo (x). La componente non rinnovabile utilizzata è quella relativa all'energia in ingresso per i servizi di riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria. Essa è stata, inoltre, moltiplicata per l'opportuno fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria $f_{p,el}$.

Di seguito, in tabella sono riportati i risultati relativi alla verifica della copertura energetica da fonti rinnovabili e tali valori vengono messi a confronto con i rispettivi di progetto per il quale è possibile quantificarne la differenza attraverso le percentuali di scarto relativo dei due termini a confronto.

NZEB	QPtot,RINN/QPtot monitoraggio [-]	QPtot,RINN/QPtot progetto [-]	Scarto relativo [-]
1	53,8%	75,19%	28%
2	51,8% 49,34%	71,95%	31%
3	48,50% 50,0%	77,81%	37%
4	50,89%	55,63%	8,5%
5	53,85% 52,77%	70,30%	25%
6	50,0%	55,91%	10%
7	53,04% 54,51%	72,74%	27%
8	52,0% 50,24%	56,55%	11%
9	53,2% 50,2%	59,13%	13%
10	52,24%	62,69%	17%
11	58,92%	64,85%	9%
12	51,59%	73,40%	29%
13	53,7% 56,07%	70,30%	21%
14	56,48% 55,31% 50,93%	69,00%	21%
15	48,69%	69,43%	30%
16	-	75,20%	-
17	51,40%	70,00%	26%

48

Tabella 48 Confronto fra $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ da monitoraggio e di progetto.

Come si evince da quanto riportato in tabella per gli edifici 2, 3 15 non risulta rispettato il requisito di copertura energetica da fonti rinnovabili e complessivamente possiamo aggiungere che in tutti i casi lo scarto relativo fra i dati di monitoraggio quindi i dati di reale produzione da rinnovabile e quelli di progetto è decisamente alto, pari in media al 25%.

Inoltre, si sono analizzati i valori risultanti di copertura energetica da fonti rinnovabili con le caratteristiche e i rendimenti degli impianti installati, ovvero il C.O.P. delle pompe termiche, la potenza del fotovoltaico in relazione all'area del tetto e la superficie captante dell'impianto solare termico.

NZEB	QPtot,RINN/ QPtot monitoraggio [-]	C.O.P. medio monitoraggio [-]	Potenza fotovoltaico/Stetto [W/m^2]	Area captazione solare termico [m^2]
1	53,8%	2,86	19,91	4,20
2	51,8% **49,34%**	2,89	9,41	5,80
3	**48,50%** 50,0%	2,89	20,04	4,66
4	50,89%	2,85	17,14	7,50
5	53,85% 52,77%	2,89	20,45	7,80
6	50,0%	2,84	22,49	9,30
7	53,04% 54,51%	2,90	21,01	7,50
8	52,0% 50,24%	2,85	15,91	15,00
9	53,2% 50,2%	2,86	20,68	6,96
10	52,24%	2,91	22,53	12,00
11	58,92%	2,92	13,22	5.00
12	51,59%	2,76	22,59	7,5
13	53,7% 56,07%	2,94	36.00	5.00
14	56,48% 55,31% 50,93%	2,92	12,6	25.00
15	**48,69%**	2,96	17,19	10.00
16	-	2,94	33,36	12,5
17	51,40%	2,87	113,53	9,4

Tabella 49
Valori relativi alla copertura energetica da fonti rinnovabili dei 17 casi studio.

49

Dalla tabella è possibile rintracciare una relazione fra quelli che sono i risultati meno soddisfacenti di copertura energetica da fonti rinnovabili e i valori di rendimento del generatore, oltre che ad un basso rapporto fra potenza dell'impianto fotovoltaico e della superficie del

tetto. Nel caso dell'edificio 3 inoltre va sottolineata un'area di captazione minore rispetto a quella degli altri impianti solari termici, fattore che potrebbe a sua volta aver influito sulla non verifica del requisito.

9.4 Considerazioni in merito ai valori di trasmittanza termica dell'involucro

In merito agli edifici che non rispettano il requisito relativo al fabbisogno termico invernale, con particolare riferimento ai casi 4 e 5, è possibile effettuare un'ulteriore osservazione.

Come prescritto da normativa, un edificio può considerarsi nZEB se presenta delle condizioni d'isolamento termico opportune. E' bene ricordare che per un edificio di nuova costruzione come quelli analizzati in questa tesi, viene espresso di rispettare alcuni indici di prestazione energetica: H'_T e $Q_{H,nd}$. Considerando gli edifici del bando regionale, tutti collocati in zona climatica E e il cui rapporto di forma risulta superiore a 0,70 m^{-1}, il valore di H'_T da rispettare deve essere inferiore a 0,50 $(W/m^2) \cdot K$. Nei casi sopra citati tale requisito non risulta conforme ai limiti previsti e i valori di H'_T sono pari rispettivamente a 0,601 e 0,513 $(W/m^2) \cdot K$.

Trattandosi di edifici costruiti in precedenza all'entrata in vigore della normativa nZEB, e quindi precursori di quello che oggi si afferma come una nuova modalità costruttiva, mettono in luce delle criticità nella definizione dei requisiti di trasmittanza termica richiesti dalla normativa vigente. Dunque, per definire un edificio come nZEB, le caratteristiche termiche d'involucro a cui si fa riferimento dovrebbero essere maggiormente più selettive e stringenti. Quest'osservazione nasce in funzione di una riflessione sull'aggiornamento dei futuri requisiti previsti a partire dal 2021, i quali verranno ulteriormente abbassati del 15% rispetto ai valori di trasmittanza oggi vigenti.

Nello specifico, tali valori di trasmittanza riguarderanno: le strutture

opache verticali, orizzontali e inclinate confinanti con l'esterno o con ambienti non riscaldati, le chiusure opache e trasparenti anch'esse verso esterno o confinanti con ambienti non riscaldati.

Una possibile soluzione che consentirebbe il rispetto dei limiti richiesti in merito alla trasmittanza termica potrebbe essere l'utilizzo di strati isolanti con un maggiore spessore e la ricerca di materiali isolanti naturali come ad esempio il sughero la cui conduttività termica è pari a 0,05 W/m·K e i cui spessori aggiuntivi possono aumentare al fine di migliorare la prestazione energetica della parete.

Inoltre, è plausibile pensare di favorire l'applicazione degli strati isolanti oltre che in intercapedine o dall'interno, anche sul lato esterno in modo da mitigare gli effetti negativi dei ponti termici. Nell'ambito della nuova costruzione, poi, è possibile incrementare la componente isolante adottando altre strategie costruttive come i termo-laterizi o i termo-intonaci.

9.5

Allegati: calcolo del C.O.P., del QH,nd e della copertura energetica da fonti rinnovabili

Caso studio 1: Cigliano - 2014

Calcolo del C.O.P.

2014	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	554.0	216.0	604.0	2.80
Febbraio	418.0	210.0	596.2	2.84
Marzo	252.0	69.3	199.0	2.87
Aprile	122.0	55.0	173.8	3.16
Ottobre	170.0	62.0	177.0	2.85
Novembre	386.0	159.0	433.9	2.73
Dicembre	555.0	250.0	699.8	2.80

50

Tabella 50
C.O.P. caso studio 1, anno 2014.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
604.0	596.2	199.0	173.8		433.9	699.8	QHP
420.1	437.6	103.7	87.0		258.4	515.8	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
424.33	441.99	104.78	87.84		261.03	521.05	ηdis = 99%
437.45	455.66	108.02	90.56		269.10	537.16	ηreg = 97%
441.87	460.26	109.11	91.47		271.82	542.59	ηem = 99%
						1917.12	QH,nd
						14.89	QH,nd/Su

51

Tabella 51
Calcolo QH,nd, caso studio 1, anno 2014.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2014	Qptot,NRINN
Gennaio	1340.7
Febbraio	1011.6
Marzo	609.8
Aprile	295.2
Maggio	266.2
Giugno	288.0
Luglio	297.7
Agosto	254.1
Settembre	321.9
Ottobre	411.4
Novembre	934.1
Dicembre	1343.1

52

Tabella 52
Calcolo QPtot,NRINN, caso studio 1, anno 2014.

Tabella 53
Calcolo Qfv,Ut,
caso studio 1,
anno 2014.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2014	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	554.0	392.0	392
Febbraio	418.0	522.0	418.0
Marzo	252.0	1040.0	252
Aprile	122.0	1074.0	122
Maggio	110.0	1316.0	110
Giugno	119.0	1280.0	119
Luglio	123.0	1246.0	123
Agosto	105.0	1178.0	105
Settembre	133.0	968.0	133
Ottobre	170.0	654.0	170
Novembre	386.0	354.0	354.00
Dicembre	555.0	370.0	370.00

53

Tabella 54
Calcolo Qst,Ut,
caso studio 1,
anno 2014.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2014	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	236.0	32.0	32.0
Febbraio	213.1	70.0	70.0
Marzo	236.0	150.0	150.0
Aprile	228.4	150.0	150.0
Maggio	236.0	180.0	236.0
Giugno	228.4	190.0	228.4
Luglio	236.0	210.0	236.0
Agosto	236.0	210.0	236.0
Settembre	228.4	180.0	228.4
Ottobre	236.0	80.0	80.0
Novembre	228.4	70.0	70.0
Dicembre	236.0	32.0	32.0

54

Tabella 55
Calcolo Qrec,pdc,
caso studio 1,
anno 2014.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2014	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	1712.5	468.0	1244.5
Febbraio	1293.6	353.0	940.6
Marzo	697.5	192.0	505.5
Aprile	173.8	55.0	118.8
Ottobre	177.0	62.0	115.0
Novembre	610.8	159.0	451.8
Dicembre	1510.6	416.0	1094.6

55

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2014	QPtot,RINN
Gennaio	1668.5
Febbraio	1428.6
Marzo	907.5
Aprile	272.0
Maggio	346.0
Giugno	347.4
Luglio	359.0
Agosto	341.0
Settembre	361.4
Ottobre	365.0
Novembre	875.8
Dicembre	1496.6

56

Tabella 56
Calcolo QPtot,RINN, caso studio 1, anno 2014.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2014	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	55.4
Febbraio	58.5
Marzo	59.8
Aprile	48.0
Maggio	56.5
Giugno	54.7
Luglio	54.7
Agosto	57.3
Settembre	52.9
Ottobre	47.0
Novembre	48.4
Dicembre	52.7
media	53.8

verificato

57

Tabella 57
Calcolo QPtot,RINN/QPtot caso studio 1, anno 2014.

Caso studio 2: Morozzo - 2015

Tabella 58
Calcolo C.O.P.
caso studio 2,
anno 2015.

Calcolo del C.O.P.

2015	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	393.0	317.3	877.6	2.77
Febbraio	376.0	257.5	708.4	2.75
Marzo	243.0	159.1	471.4	2.96
Aprile	97.0	81.0	253.0	3.12
Ottobre	101.0	86.0	249.3	2.90
Novembre	155.0	121.1	358.6	2.96
Dicembre	340.0	292.4	853.3	2.92

58

Tabella 59
Calcolo QH,nd
caso studio 2,
anno 2015.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
668.41	526.26	270.08	93.12	249.30	358.60	853.30	QHP
661.72	521.00	267.38	92.19	54.92	143.17	629.33	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
668.41	526.26	270.08	93.12	55.47	144.61	635.69	ηdis = 99%
703.59	553.96	284.29	98.02	58.39	152.22	669.15	ηreg = 95%
710.69	559.56	287.16	99.01	58.98	153.76	675.91	ηem = 99%
						2545.08	QH,nd
						11.80	QH,nd/Su

59

Tabella 60
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 2,
anno 2015.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2015	Qptot,NRINN
Gennaio	951.1
Febbraio	909.9
Marzo	588.1
Aprile	234.7
Maggio	232.3
Giugno	191.2
Luglio	157.3
Agosto	174.2
Settembre	196.0
Ottobre	244.4
Novembre	375.1
Dicembre	822.8

60

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2015	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	393.0	302.0	302.0
Febbraio	376.0	316.0	316.0
Marzo	243.0	649.0	243.0
Aprile	97.0	666.0	97.0
Maggio	96.0	734.0	96.0
Giugno	79.0	647.0	79.0
Luglio	65.0	686.0	65.0
Agosto	72.0	750.0	72.0
Settembre	81.0	527.0	81.0
Ottobre	101.0	491.0	101.0
Novembre	155.0	478.0	155.0
Dicembre	340.0	283.0	283.0

61

Tabella 61
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 2,
anno 2015.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2015	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	248.0	53.2	53.2
Febbraio	224.0	54.9	54.9
Marzo	248.0	63.9	63.9
Aprile	240.0	94.9	94.9
Maggio	248.0	76.7	76.7
Giugno	240.0	100.5	100.5
Luglio	248.0	179.6	179.6
Agosto	248.0	319.5	319.5
Settembre	240.0	72.5	72.5
Ottobre	248.0	72.6	72.6
Novembre	240.0	45.6	45.6
Dicembre	248.0	45.9	45.9

62

Tabella 62
Calcolo Qst,Ut
caso studio 2,
anno 2015.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2014	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	878	317	560
Febbraio	708	258	451
Marzo	471	159	312
Aprile	253.00	81	172
Ottobre	249.30	86	163
Novembre	358.60	121	238
Dicembre	853.30	292	561

63

Tabella 63
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 2,
anno 2015.

Tabella 64
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 2,
anno 2015.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2015	QPtot,RINN
Gennaio	916
Febbraio	822
Marzo	619
Aprile	192
Maggio	173
Giugno	180
Luglio	245
Agosto	392
Settembre	154
Ottobre	337
Novembre	438
Dicembre	890

64

Tabella 65
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 2,
anno 2015.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2015	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	49.05
Febbraio	47.46
Marzo	51.29
Aprile	44.98
Maggio	42.64
Giugno	48.42
Luglio	60.86
Agosto	69.20
Settembre	43.92
Ottobre	57.95
Novembre	53.88
Dicembre	51.96
media	51.80

verificato

65

Caso studio 2: Morozzo - 2016

Calcolo del C.O.P.

2016	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	446.0	301.9	842.0	2.79
Febbraio	318.0	262.9	758.1	2.88
Marzo	203.0	170.4	491.0	2.88
Aprile	102.0	79.5	239.0	3.01
Ottobre	200.0	86.8	254.0	2.93
Novembre	216.0	130.4	366.8	2.81
Dicembre	348.0	287.5	807.2	2.81

66

Tabella 66
Calcolo C.O.P.
caso studio 2,
anno 2016.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
842.00	758.10	491.00	239.00	254.00	366.80	807.20	QHP
628.45	460.06	287.20	101.71	49.98	140.20	569.61	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
634.80	464.71	290.10	102.73	50.49	141.62	575.36	ηdis = 99%
668.21	489.17	305.37	108.14	53.14	149.07	605.64	ηreg = 95%
674.96	494.11	308.46	109.23	53.68	150.57	611.76	ηem = 99%
						2402.77	QH,nd
						11.14	QH,nd/Su

67

Tabella 67
Calcolo QH,nd
caso studio 2,
anno 2016.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2016	Qptot,NRINN
Gennaio	1079.3
Febbraio	769.6
Marzo	491.3
Aprile	246.8
Maggio	336.4
Giugno	200.9
Luglio	334.0
Agosto	379.9
Settembre	227.0
Ottobre	484.0
Novembre	522.7
Dicembre	842.2

68

Tabella 68
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 2,
anno 2016.

Tabella 69
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 2,
anno 2016.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2016	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	446.0	293.0	293.0
Febbraio	318.0	369.0	318.0
Marzo	203.0	357.0	203.0
Aprile	102.0	633.0	102.0
Maggio	139.0	713.0	139.0
Giugno	83.0	572.0	83.0
Luglio	138.0	424.0	138.0
Agosto	157.0	478.0	157.0
Settembre	93.8	576.0	93.8
Ottobre	200.0	535.0	200.0
Novembre	216.0	442.0	216.0
Dicembre	348.0	221.0	221.0

69

Tabella 70
Calcolo Qst,Ut
caso studio 2,
anno 2016.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2016	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	251.7	59.0	59.00
Febbraio	337.0	68.0	68.00
Marzo	251.7	67.8	67.80
Aprile	243.6	119.7	119.70
Maggio	251.7	142.2	142.20
Giugno	243.6	144.7	144.70
Luglio	251.7	191.0	191.00
Agosto	251.7	251.1	251.10
Settembre	243.6	112.4	112.40
Ottobre	251.7	67.6	67.60
Novembre	243.6	39.1	39.10
Dicembre	251.7	37.3	37.30

70

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 71
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 2,
anno 2016.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2016	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	842.0	301.9	540.1
Febbraio	758.1	262.9	495.2
Marzo	491.0	170.4	320.6
Aprile	239.0	79.5	159.5
Ottobre	254.0	86.8	167.2
Novembre	366.8	130.4	236.4
Dicembre	807.2	287.5	519.7

71

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2016	QPtot,RINN
Gennaio	892
Febbraio	881
Marzo	591
Aprile	222
Maggio	281
Giugno	228
Luglio	329
Agosto	408
Settembre	206
Ottobre	435
Novembre	492
Dicembre	778

72

Tabella 72
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 2,
anno 2016.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2016	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	45.25
Febbraio	53.38
Marzo	54.62
Aprile	47.32
Maggio	45.53
Giugno	53.13
Luglio	49.63
Agosto	51.79
Settembre	47.60
Ottobre	47.32
Novembre	48.46
Dicembre	48.02
media	49.34
	non verificato

73

Tabella 73
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 2,
anno 2016.

Caso studio 3: Mezzomerico - 2014

Tabella 74
Calcolo C.O.P.
caso studio 3,
anno 2014.

Calcolo del C.O.P.

2014	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	501.0	249.0	660.6	2.65
Febbraio	336.0	223.8	656.0	2.93
Marzo	150.0	117.8	336.0	2.85
Aprile	101.0	35.1	106.4	3.03
Ottobre	168.0	35.9	104.8	2.92
Novembre	264.0	102.6	282.0	2.75
Dicembre	367.0	216.4	617.3	2.85

74

Tabella 75
Calcolo QH,nd
caso studio 3,
anno 2014.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
660.6	656.0	336.0	106.4	104.8	282.0	617.3	QHP
463.9	493.5	275.9	25.6	0.2	122.2	403.1	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
468.6	498.5	278.7	25.9	0.2	123.5	407.2	ηdis = 99%
483.1	498.5	287.3	26.7	0.2	127.3	419.8	ηreg = 97%
503.2	519.2	299.3	27.8	0.2	132.6	437.2	ηem = 96%
						1919.62	QH,nd
						13.77	QH,nd/Su

75

Tabella 76
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 3,
anno 2014.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2014	Qptot,NRINN
Gennaio	1212.4
Febbraio	813.1
Marzo	363.0
Aprile	244.4
Maggio	193.6
Giugno	205.7
Luglio	217.8
Agosto	246.8
Settembre	278.3
Ottobre	406.6
Novembre	638.9
Dicembre	888.1

76

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2014	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	501.0	242.0	242.0
Febbraio	336.0	227.0	227.0
Marzo	150.0	534.0	150.0
Aprile	101.0	558.0	101.0
Maggio	80.0	658.0	80.0
Giugno	85.0	819.0	85.0
Luglio	90.0	610.0	90.0
Agosto	102.0	667.0	102.0
Settembre	115.0	511.0	115.0
Ottobre	168.0	302.0	168.0
Novembre	264.0	266.0	264.0
Dicembre	367.0	252.0	252.0

77

Tabella 77 Calcolo Qfv,Ut caso studio 3, anno 2014.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2014	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	238.3	65.3	65.3
Febbraio	215.3	72.3	72.3
Marzo	238.3	185.5	185.5
Aprile	230.7	159.6	159.6
Maggio	238.3	62.3	62.3
Giugno	230.7	170.1	230.7
Luglio	238.3	129.3	238.3
Agosto	238.3	100.1	100.1
Settembre	230.7	64.1	64.1
Ottobre	238.3	146.3	146.3
Novembre	230.7	90.1	90.1
Dicembre	238.3	49.9	49.9

78

Tabella 78 Calcolo Qst,Ut caso studio 3, anno 2014.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2014	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	660.6	249.0	411.6
Febbraio	656.0	223.8	432.2
Marzo	336.0	117.8	218.2
Aprile	106.4	35.1	71.3
Ottobre	104.8	35.9	68.9
Novembre	282.0	102.6	179.4
Dicembre	617.3	216.4	400.9

79

Tabella 79 Calcolo Qrec,pdc caso studio 3, anno 2014.

Tabella 80
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 3,
anno 2014.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2014	QPtot,RINN
Gennaio	718.9
Febbraio	731.5
Marzo	553.7
Aprile	260.6
Maggio	142.3
Giugno	315.7
Luglio	328.3
Agosto	202.1
Settembre	179.1
Ottobre	383.2
Novembre	533.5
Dicembre	702.8

80

Tabella 81
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 3,
anno 2014.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2014	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	37.2
Febbraio	47.4
Marzo	60.4
Aprile	51.6
Maggio	42.4
Giugno	60.5
Luglio	60.1
Agosto	45.0
Settembre	39.2
Ottobre	48.5
Novembre	45.5
Dicembre	44.2
media	48.50

verificato

81

Caso studio 3: Mezzomerico - 2015

Calcolo del C.O.P.

2015	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	364.0	246.8	699.7	2.84
Febbraio	306.0	203.2	597.2	2.94
Marzo	167.0	115.4	338.0	2.93
Aprile	89.0	35.2	112.0	3.18
Ottobre	167.0	54.9	160.0	2.91
Novembre	209.0	114.1	329.1	2.88
Dicembre	316.0	161.9	448.7	2.77

82

Tabella 82
Calcolo C.O.P.
caso studio 3,
anno 2015.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
699.7	597.2	338.0	112.0	160.0	329.1	448.7	QHP
394.4	345.5	288.2	75.3	14.4	235.7	276.5	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
398.4	348.9	291.1	76.1	14.6	238.1	279.3	ηdis = 99%
410.7	348.9	300.2	78.4	15.0	245.4	287.9	ηreg = 97%
427.8	363.5	312.7	81.7	15.6	255.7	299.9	ηem = 96%
						1756.89	QH,nd
						12.60	QH,nd/Su

83

Tabella 83
Calcolo QH,nd
caso studio 3,
anno 2015.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2015	Qptot,NRINN
Gennaio	880.88
Febbraio	740.52
Marzo	404.14
Aprile	215.38
Maggio	227.48
Giugno	237.16
Luglio	392.04
Agosto	232.32
Settembre	331.54
Ottobre	404.14
Novembre	505.78
Dicembre	764.72

84

Tabella 84
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 3,
anno 2015.

Tabella 85
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 3,
anno 2015.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2015	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	364	261.00	261.00
Febbraio	306	303.00	303.00
Marzo	167	564.00	167.00
Aprile	89	651.00	89.00
Maggio	94	738.00	94.00
Giugno	98	691.00	98.00
Luglio	162	702.00	162.00
Agosto	96	767.00	96.00
Settembre	137	463.00	137.00
Ottobre	167	344.00	167.00
Novembre	209	402.00	209.00
Dicembre	316	257.00	257.00

85

Tabella 86
Calcolo Qst,Ut
caso studio 3,
anno 2015.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2015	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	268.57	87.70	87.70
Febbraio	221.46	94.20	94.20
Marzo	221.13	195.10	195.10
Aprile	192.66	198.90	192.66
Maggio	159.67	249.70	159.67
Giugno	128.01	227.80	128.01
Luglio	127.60	183.50	127.60
Agosto	128.27	138.30	128.27
Settembre	149.35	127.70	127.70
Ottobre	191.74	110.80	110.80
Novembre	221.11	149.00	149.00
Dicembre	259.21	87.40	87.40

86

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 87
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 3,
anno 2015.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2015	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	699.70	246.80	452.90
Febbraio	597.20	203.20	394.00
Marzo	338.00	115.40	222.60
Aprile	112.00	35.20	76.80
Ottobre	160.00	54.90	105.10
Novembre	329.10	114.10	215.00
Dicembre	448.70	161.90	286.80

87

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2015	QPtot,RINN
Gennaio	801.6
Febbraio	791.2
Marzo	584.7
Aprile	281.66
Maggio	253.67
Giugno	226.01
Luglio	289.6
Agosto	224.27
Settembre	264.7
Ottobre	382.9
Novembre	573
Dicembre	631.2

88

Tabella 88
Calcolo QPtot,RINN caso studio 3, anno 2015.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2015	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	47.64
Febbraio	51.65
Marzo	59.13
Aprile	56.67
Maggio	52.72
Giugno	48.80
Luglio	42.49
Agosto	49.12
Settembre	44.39
Ottobre	48.65
Novembre	53.12
Dicembre	45.22
media	50.00

verificato

89

Tabella 89
Calcolo QPtot,RINN/QPtot caso studio 3, anno 2015.

Caso studio 4: Cureggio - 2014

Tabella 90
Calcolo C.O.P.
caso studio 4,
anno 2014.

Calcolo del C.O.P.

2014	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	636.7	587.3	1591.6	2.71
Febbraio	483.3	346.6	989.8	2.86
Marzo	369.3	178.3	526.7	2.95
Aprile	206.0	134.3	410.9	3.06
Ottobre	173.0	99.4	291.2	2.93
Novembre	318.0	517.1	979.3	2.73
Dicembre	676.0	491.0	1315.0	2.68

90

Tabella 91
Calcolo QH,nd
caso studio 4,
anno 2014.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
1591.6	989.8	526.7	410.9	291.2	979.3	1315.0	QHP
1514.5	949.8	187.9	115.7	46.8	957.8	1247.0	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
1529.8	959.4	189.8	116.8	47.3	967.4	1259.6	ηdis = 99%
1561.0	978.9	193.6	119.2	48.3	987.2	1285.3	ηreg = 98%
1576.8	988.8	195.6	120.4	48.7	997.2	1298.3	ηem = 99%
						5225.85	QH,nd
						17.72	QH,nd/Su

91

Tabella 92
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 4,
anno 2014.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2014	Qptot,NRINN
Gennaio	1540.7
Febbraio	1169.7
Marzo	893.8
Aprile	498.5
Maggio	317.0
Giugno	292.8
Luglio	278.3
Agosto	422.3
Settembre	239.6
Ottobre	418.7
Novembre	769.6
Dicembre	1635.9

92

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2014	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	636.7	499.0	499.0
Febbraio	483.3	385.0	385.0
Marzo	369.3	302.0	369.3
Aprile	206.0	206.0	206.0
Maggio	131.0	2348.0	131.0
Giugno	121.0	2320.0	121.0
Luglio	115.0	2077.0	115.0
Agosto	174.5	1275.0	174.5
Settembre	99.0	157.0	99.0
Ottobre	173.0	293.0	173.0
Novembre	318.0	329.0	329.0
Dicembre	676.0	415.0	415.0

93

Tabella 93 Calcolo Qfv,Ut caso studio 4, anno 2014.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2014	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	362.0	176.0	176.0
Febbraio	298.5	185.0	185.0
Marzo	298.1	237.0	237.0
Aprile	259.7	258.0	258.0
Maggio	215.2	307.0	215.2
Giugno	172.6	321.0	172.6
Luglio	172.0	342.0	172.0
Agosto	172.9	335.0	172.9
Settembre	201.3	321.0	201.3
Ottobre	258.5	28.8	258.5
Novembre	298.1	217.0	217.0
Dicembre	349.4	184.0	184.0

94

Tabella 94 Calcolo Qst,Ut caso studio 4, anno 2014.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2014	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	1591.6	587.3	1004.3
Febbraio	989.8	346.6	643.2
Marzo	526.7	178.3	348.4
Aprile	410.9	134.3	276.6
Ottobre	291.2	99.4	191.8
Novembre	979.3	517.1	462.2
Dicembre	1315.0	491.0	824.0

95

Tabella 95 Calcolo Qrec,pdc caso studio 4, anno 2014.

Tabella 96
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 4,
anno 2014.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2014	QPtot,RINN
Gennaio	1679.3
Febbraio	1213.2
Marzo	954.7
Aprile	464.0
Maggio	346.2
Giugno	293.6
Luglio	287.0
Agosto	347.4
Settembre	300.3
Ottobre	431.5
Novembre	1008.2
Dicembre	1423.0

96

Tabella 97
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 4,
anno 2014.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2014	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	52.2
Febbraio	50.9
Marzo	51.6
Aprile	48.2
Maggio	52.2
Giugno	50.1
Luglio	50.8
Agosto	45.1
Settembre	55.6
Ottobre	50.8
Novembre	56.7
Dicembre	46.5
media	50.89

verificato

97

Caso studio 5: Villanova Mondovì - 2015

Calcolo del C.O.P.

2015	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	418.0	330.0	922.5	2.80
Febbraio	359.0	237.3	675.8	2.85
Marzo	260.1	130.1	381.0	2.93
Aprile	198.0	124.3	369.7	2.97
Ottobre	321.0	96.2	287.8	2.99
Novembre	353.0	244.6	702.7	2.87
Dicembre	421.0	317.5	904.2	2.85

98

Tabella 98
Calcolo C.O.P.
caso studio 5,
anno 2015.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
923	676	381	370	288	703	904	QHP
739.93	359.88	72.95	96.70	17.82	432.90	719.32	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
747.40	363.52	73.69	97.68	18.00	437.28	726.59	ηdis = 99%
770.52	374.76	75.97	100.70	18.56	450.80	749.06	ηreg = 97%
778.30	378.55	76.74	101.71	18.75	455.35	756.63	ηem = 99%
						2566.03	QH,nd
						14.42	QH,nd/Su

77

Tabella 99
Calcolo QH,nd
caso studio 5,
anno 2015.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2015	Qptot,NRINN
Gennaio	1011.6
Febbraio	868.8
Marzo	629.4
Aprile	479.2
Maggio	263.8
Giugno	198.4
Luglio	209.3
Agosto	198.4
Settembre	244.5
Ottobre	776.8
Novembre	854.3
Dicembre	1018.8

100

Tabella 100
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 5,
anno 2015.

Tabella 101
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 5,
anno 2015.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2015	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	418.0	581.8	581.8
Febbraio	359.0	374.0	374.0
Marzo	260.1	674.0	260.1
Aprile	198.0	760.0	198.0
Maggio	109.0	984.0	109.0
Giugno	82.0	769.0	82.0
Luglio	86.5	701.0	86.5
Agosto	82.0	786.0	82.0
Settembre	101.1	672.0	101.1
Ottobre	321.0	347.0	347.0
Novembre	353.0	355.0	355.0
Dicembre	421.0	615.0	615.0

101

Tabella 102
Calcolo Qst,Ut
caso studio 5,
anno 2015.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2015	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	323.2	85.0	85.0
Febbraio	277.9	401.0	277.9
Marzo	271.0	3280.0	271.0
Aprile	240.1	1368.0	240.1
Maggio	200.8	2323.0	200.8
Giugno	157.2	4151.0	157.2
Luglio	147.7	3204.0	147.7
Agosto	162.4	4247.0	162.4
Settembre	189.6	3587.0	189.6
Ottobre	237.5	1163.0	237.5
Novembre	237.3	488.0	237.3
Dicembre	321.6	83.0	83.0

102

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 103
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 5,
anno 2015.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2015	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	922.5	330.0	592.5
Febbraio	675.8	237.3	438.5
Marzo	381.0	130.1	250.9
Aprile	369.7	124.3	245.4
Ottobre	287.8	96.2	191.7
Novembre	702.7	244.6	458.0
Dicembre	904.2	317.5	586.7

103

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2015	QPtot,RINN
Gennaio	1259.3
Febbraio	1090.4
Marzo	782.0
Aprile	438.1
Maggio	309.8
Giugno	239.2
Luglio	234.2
Agosto	244.4
Settembre	290.6
Ottobre	776.2
Novembre	1050.3
Dicembre	1284.7

104

Tabella 104
Calcolo QPtot,RINN caso studio 5, anno 2015.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2015	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	55.5
Febbraio	55.7
Marzo	55.4
Aprile	47.8
Maggio	54.0
Giugno	54.7
Luglio	52.8
Agosto	55.2
Settembre	54.3
Ottobre	50.0
Novembre	55.1
Dicembre	55.8
media	53.85

verificato

105

Tabella 105
Calcolo QPtot,RINN/QPtot caso studio 5, anno 2015.

Caso studio 5: Villanova Mondovì - 2016

Tabella 106
Calcolo C.O.P.
caso studio 5,
anno 2016.

Calcolo del C.O.P.

2016	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	471.0	355.0	999.0	2.81
Febbraio	401.0	247.0	713.0	2.89
Marzo	324.0	202.0	575.0	2.85
Aprile	215.0	97.0	293.0	3.02
Ottobre	256.0	110.0	347.0	3.15
Novembre	325.3	232.4	695.0	2.99
Dicembre	396.7	320.0	845.0	2.64

106

Tabella 107
Calcolo QH,nd
caso studio 5,
anno 2016.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
999.0	713.0	575.0	293.0	347.0	695.0	845.0	QHP
897.7	397.1	267.0	20.0	77.0	425.2	684.6	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
906.8	401.1	269.6	20.2	77.8	429.5	691.5	ηdis = 99%
925.3	409.2	275.2	20.6	79.4	438.3	705.6	ηreg = 97%
963.8	426.3	286.6	21.5	82.7	456.6	735.0	ηem = 99%
						2972.49	QH,nd
						16.70	QH,nd/Su

107

Tabella 108
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 5,
anno 2016.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2016	Qptot,NRINN
Gennaio	1139.82
Febbraio	970.42
Marzo	784.08
Aprile	520.30
Maggio	261.36
Giugno	191.18
Luglio	229.90
Agosto	199.41
Settembre	496.10
Ottobre	619.52
Novembre	787.23
Dicembre	960.01

108

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2016	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	471	318.00	318.00
Febbraio	401	290.00	290.00
Marzo	324	670.00	670.00
Aprile	215	793.00	215.00
Maggio	108	948.00	108.00
Giugno	79	733.00	79.00
Luglio	95	653.00	95.00
Agosto	82.4	716.00	82.40
Settembre	205	660.00	205.00
Ottobre	256	317.00	317.00
Novembre	325	337.00	337.00
Dicembre	397	312.00	312.00

109

Tabella 109 Calcolo Qfv,Ut caso studio 5, anno 2016.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2016	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	323.23	161.00	161.00
Febbraio	277.94	391.00	277.94
Marzo	270.99	3413.00	270.99
Aprile	240.13	1273.00	240.13
Maggio	200.80	2349.00	200.80
Giugno	157.19	4236.00	157.19
Luglio	147.74	3061.00	147.74
Agosto	162.43	3973.00	162.43
Settembre	189.58	3847.00	189.58
Ottobre	237.53	1292.00	237.53
Novembre	237.31	514.00	237.31
Dicembre	321.60	109.00	109.00

110

Tabella 110 Calcolo Qst,Ut caso studio 5, anno 2016.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2016	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	999.00	355.00	644.00
Febbraio	713.00	247.00	466.00
Marzo	575.00	202.00	373.00
Aprile	293.00	97.00	196.00
Ottobre	347.00	110.00	237.00
Novembre	695.00	232.40	462.60
Dicembre	845.00	320.00	525.00

111

Tabella 111 Calcolo Qrec,pdc caso studio 5, anno 2016.

Tabella 112
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 5,
anno 2016.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2016	QPtot,RINN
Gennaio	1123
Febbraio	1033.94
Marzo	1313.99
Aprile	455.13
Maggio	308.8
Giugno	236.19
Luglio	242.74
Agosto	244.83
Settembre	394.58
Ottobre	791.53
Novembre	1036.91
Dicembre	946

112

Tabella 113
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 5,
anno 2016.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2016	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	49.63
Febbraio	51.58
Marzo	62.63
Aprile	46.66
Maggio	54.16
Giugno	55.27
Luglio	51.36
Agosto	55.11
Settembre	44.30
Ottobre	56.10
Novembre	56.84
Dicembre	49.63
media	52.77

verificato

113

Caso studio 6: Roccaforte Mondovì - 2015

Calcolo del C.O.P.

2015	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	524.0	342.6	969.0	2.83
Febbraio	585.3	323.6	901.0	2.78
Marzo	589.1	149.3	419.0	2.81
Aprile	328.0	173.6	488.0	2.81
Ottobre	440.8	121.0	360.0	2.98
Novembre	415.0	146.9	412.0	2.80
Dicembre	588.5	245.5	702.0	2.86

114

Tabella 114
Calcolo C.O.P.
caso studio 6,
anno 2015.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
969	901	419	488	360	412	702	QHP
821.91	870.11	79.13	186.83	62.10	321.99	621.98	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
830.22	878.90	79.93	188.72	62.73	325.24	628.27	ηdis = 99%
855.89	906.08	82.41	194.55	64.67	335.30	647.70	ηreg = 97%
864.54	915.24	83.24	196.52	65.32	338.68	654.24	ηem = 99%
						3117.78	QH,nd
						14.24	QH,nd/Su

115

Tabella 115
Calcolo QH,nd
caso studio 6,
anno 2015.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2015	Qptot,NRINN
Gennaio	1268.1
Febbraio	1416.4
Marzo	1416.4
Aprile	793.8
Maggio	370.3
Giugno	253.4
Luglio	170.4
Agosto	232.8
Settembre	237.9
Ottobre	1066.7
Novembre	1004.3
Dicembre	1424.2

116

Tabella 116
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 6,
anno 2015.

Tabella 117
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 6,
anno 2015.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2015	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	524.0	517.0	517.0
Febbraio	585.3	535.0	535.0
Marzo	585.3	657.0	585.3
Aprile	328.0	319.0	319.0
Maggio	153.0	318.0	153.0
Giugno	104.7	348.0	104.7
Luglio	70.4	638.0	70.4
Agosto	96.2	617.0	96.2
Settembre	98.3	421.0	98.3
Ottobre	440.8	416.0	416.0
Novembre	415.0	350.0	350.0
Dicembre	588.5	566.0	566.0

117

Tabella 118
Calcolo Qst,Ut
caso studio 6,
anno 2015.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2015	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	356.6	125.0	125.0
Febbraio	306.7	202.6	306.7
Marzo	299.0	357.0	299.0
Aprile	264.9	368.4	264.9
Maggio	221.5	482.0	221.5
Giugno	173.4	493.5	173.4
Luglio	163.0	502.0	163.0
Agosto	179.2	498.0	179.2
Settembre	209.2	445.0	209.2
Ottobre	262.1	321.0	262.1
Novembre	301.5	167.0	301.5
Dicembre	354.8	184.0	184.0

118

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 119
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 6,
anno 2015.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2015	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	969.0	342.6	626.4
Febbraio	901.0	323.6	577.4
Marzo	419.0	149.3	269.7
Aprile	488.0	173.6	314.4
Ottobre	360.0	121.0	239.0
Novembre	412.0	146.9	265.1
Dicembre	702.0	245.5	456.5

119

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$f_{p,rinn} = 1$

2015	QPtot,RINN
Gennaio	1268.4
Febbraio	1419.1
Marzo	1154.0
Aprile	583.9
Maggio	374.5
Giugno	278.1
Luglio	233.4
Agosto	275.4
Settembre	307.5
Ottobre	917.1
Novembre	916.6
Dicembre	1206.5

120

Tabella 120
Calcolo QPtot,RINN caso studio 6, anno 2015.

Verifica requisito

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot}$ annuo > 50%

2015	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	50.0
Febbraio	50.0
Marzo	44.9
Aprile	42.4
Maggio	50.3
Giugno	52.3
Luglio	57.8
Agosto	54.2
Settembre	56.4
Ottobre	46.2
Novembre	47.7
Dicembre	45.9
media	50

verificato

121

Tabella 121
Calcolo QPtot,RINN/QPtot caso studio 6, anno 2015.

Caso studio 7: Biella - 2014

Tabella 122
Calcolo C.O.P.
caso studio 7,
anno 2014.

Calcolo del C.O.P.

2014	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	307.0	193.0	537.0	2.78
Febbraio	286.0	157.0	451.0	2.87
Marzo	213.0	78.0	230.0	2.95
Aprile	171.0	70.0	215.0	3.07
Ottobre	136.0	65.0	206.0	3.17
Novembre	267.0	180.0	524.0	2.91
Dicembre	318.0	266.0	780.0	2.93

122

Tabella 123
Calcolo QH,nd
caso studio 7,
anno 2014.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
537	451	230	215	206	524	780	QHP
480.25	441.47	97.09	163.38	18.52	315.51	578.88	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
485.10	445.93	98.07	165.03	18.71	318.70	584.73	ηdis = 99%
490.00	450.44	99.06	166.70	18.90	321.92	590.64	ηreg = 99%
521.28	479.19	105.38	177.34	20.11	342.46	628.34	ηem = 94%
						2274.09	QH,nd
						15.17	QH,nd/Su

123

Tabella 124
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 7,
anno 2014.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2014	Qptot,NRINN
Gennaio	742.9
Febbraio	692.1
Marzo	515.5
Aprile	413.8
Maggio	249.3
Giugno	213.0
Luglio	229.9
Agosto	203.3
Settembre	198.4
Ottobre	329.1
Novembre	646.1
Dicembre	769.6

124

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2014	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	307.0	391.0	391.0
Febbraio	286.0	408.0	408.0
Marzo	213.0	494.0	494.0
Aprile	171.0	684.0	171.0
Maggio	103.0	810.0	103.0
Giugno	88.0	531.0	88.0
Luglio	95.0	575.0	95.0
Agosto	84.0	416.0	84.0
Settembre	82.0	434.0	82.0
Ottobre	136.0	211.0	211.0
Novembre	267.0	486.0	486.0
Dicembre	318.0	142.0	142.0

125

Tabella 125 Calcolo Qfv,Ut caso studio 7, anno 2014.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2014	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	272.0	183.0	183.0
Febbraio	235.4	202.0	202.0
Marzo	223.8	116.0	116.0
Aprile	190.6	180.0	180.0
Maggio	161.5	323.0	323.0
Giugno	130.2	210.0	130.2
Luglio	124.0	261.0	124.0
Agosto	130.3	326.0	130.3
Settembre	159.7	193.0	159.7
Ottobre	196.9	68.0	68.0
Novembre	234.4	42.0	42.0
Dicembre	273.4	56.0	56.0

126

Tabella 126 Calcolo Qst,Ut caso studio 7, anno 2014.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2014	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	537.0	193.0	344.0
Febbraio	451.0	157.0	294.0
Marzo	230.0	78.0	152.0
Aprile	215.0	70.0	145.0
Ottobre	206.0	65.0	141.0
Novembre	206.0	180.0	26.0
Dicembre	780.0	266.0	514.0

127

Tabella 127 Calcolo Qrec,pdc caso studio 7, anno 2014.

Tabella 128
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 7,
anno 2014.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2014	QPtot,RINN
Gennaio	918.0
Febbraio	904.0
Marzo	762.0
Aprile	351.0
Maggio	426.0
Giugno	218.2
Luglio	219.0
Agosto	214.3
Settembre	241.7
Ottobre	420.0
Novembre	554.0
Dicembre	712.0

128

Tabella 129
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 7,
anno 2014.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2014	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	55.3
Febbraio	56.6
Marzo	59.6
Aprile	45.9
Maggio	63.1
Giugno	50.6
Luglio	48.8
Agosto	51.3
Settembre	54.9
Ottobre	56.1
Novembre	46.2
Dicembre	48.1
media	53.04

verificato

129

Caso studio 7: Biella - 2015

Calcolo del C.O.P.

2015	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	773.0	199.0	549.0	2.76
Febbraio	801.0	155.0	422.0	2.72
Marzo	570.0	110.0	320.0	2.91
Aprile	378.0	119.0	350.0	2.94
Ottobre	361.0	110.0	322.0	2.93
Novembre	540.0	138.0	393.0	2.85
Dicembre	840.0	214.0	584.0	2.73

130

Tabella 130
Calcolo C.O.P.
caso studio 7,
anno 2015.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
549	422	320	350	322	393	584	QHP
382.21	304.35	225.96	336.00	150.66	242.59	396.86	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
386.07	307.42	228.24	339.39	152.18	245.04	400.87	ηdis = 99%
389.97	310.53	230.55	342.82	153.72	247.51	404.92	ηreg = 99%
414.86	330.35	245.26	364.70	163.53	263.31	430.76	ηem = 94%
						2212.78	QH,nd
						14.76	QH,nd/Su

131

Tabella 131
Calcolo QH,nd
caso studio 7,
anno 2015.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2015	Qptot,NRINN
Gennaio	773.0
Febbraio	801.0
Marzo	570.0
Aprile	378.0
Maggio	280.0
Giugno	270.0
Luglio	310.0
Agosto	240.0
Settembre	295.0
Ottobre	361.0
Novembre	540.0
Dicembre	840.0

132

Tabella 132
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 7,
anno 2015.

Tabella 133
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 7,
anno 2015.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2015	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	773.0	167.0	167.0
Febbraio	801.0	228.0	228.0
Marzo	570.0	495.0	495.0
Aprile	378.0	392.0	378.0
Maggio	280.0	611.0	280.0
Giugno	270.0	544.0	270.0
Luglio	310.0	570.0	310.0
Agosto	240.0	414.0	240.0
Settembre	295.0	439.0	295.0
Ottobre	361.0	220.0	220.0
Novembre	540.0	141.0	141.0
Dicembre	840.0	132.0	132.0

133

Tabella 134
Calcolo Qst,Ut
caso studio 7,
anno 2015.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2015	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	272.0	83.0	83.0
Febbraio	235.4	104.0	104.0
Marzo	223.8	147.0	147.0
Aprile	190.6	210.0	210.0
Maggio	161.5	180.0	161.5
Giugno	130.2	215.0	130.2
Luglio	124.0	267.0	124.0
Agosto	130.3	328.0	130.3
Settembre	159.7	206.0	159.7
Ottobre	196.9	79.0	79.0
Novembre	234.4	90.0	90.0
Dicembre	273.4	65.1	65.1

134

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 135
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 7,
anno 2015.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2015	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	549.0	199.0	350.0
Febbraio	422.0	155.0	267.0
Marzo	320.0	110.0	210.0
Aprile	350.0	119.0	231.0
Ottobre	322.0	110.0	212.0
Novembre	393.0	138.0	255.0
Dicembre	584.0	214.0	370.0

135

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2015	QPtot,RINN
Gennaio	600.0
Febbraio	599.0
Marzo	852.0
Aprile	588.0
Maggio	441.5
Giugno	400.2
Luglio	434.0
Agosto	370.3
Settembre	454.7
Ottobre	511.0
Novembre	486.0
Dicembre	567.1

136

Tabella 136
Calcolo QPtot,RINN caso studio 7, anno 2015.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2015	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	43.7
Febbraio	42.8
Marzo	59.9
Aprile	60.9
Maggio	61.2
Giugno	59.7
Luglio	58.3
Agosto	60.7
Settembre	60.7
Ottobre	58.6
Novembre	47.4
Dicembre	40.3
media	54.51

verificato

137

Tabella 137
Calcolo QPtot,RINN/QPtot caso studio 7, anno 2015.

Caso studio 8: Coassolo Torinese - 2015

Tabella 138
Calcolo C.O.P.
caso studio 8,
anno 2015.

Calcolo del C.O.P.

2015	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	297.0	264.0	732.0	2.77
Febbraio	239.0	151.0	411.0	2.72
Marzo	264.0	104.5	321.0	3.07
Aprile	106.0	65.6	198.0	3.02
Ottobre	172.0	68.7	195.3	2.84
Novembre	266.0	172.6	484.6	2.81
Dicembre	518.0	285.0	796.0	2.79

138

Tabella 139
Calcolo QH,nd
caso studio 8,
anno 2015.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
732.0	411.0	321.0	198.0	195.3	484.6	796.0	QHP
617.1	341.5	96.7	5.6	111.4	257.2	531.2	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
623.3	345.0	97.7	5.7	112.6	259.7	536.5	ηdis = 99%
649.3	359.4	101.7	5.9	117.3	270.6	558.9	ηreg = 96%
655.9	363.0	102.8	6.0	118.4	273.3	564.5	ηem = 99%
						2083.87	QH,nd
						16.26	QH,nd/Su

139

Tabella 140
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 8,
anno 2015.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2015	Qptot,NRINN
Gennaio	718.7
Febbraio	578.38
Marzo	638.9
Aprile	256.52
Maggio	377.5
Giugno	539.7
Luglio	222.6
Agosto	534.8
Settembre	332
Ottobre	416
Novembre	644
Dicembre	1254

140

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2015	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	297	237.5	237.5
Febbraio	239	151.4	151.4
Marzo	264	281.7	281.7
Aprile	106	399.4	106.0
Maggio	156	404.5	156.0
Giugno	223	479.5	223.0
Luglio	92	116.9	92.0
Agosto	221	398.7	221.0
Settembre	137	298.8	137.0
Ottobre	172	222.6	172.0
Novembre	266	228.1	228.1
Dicembre	518	434.6	434.6

141

Tabella 141 Calcolo Qfv,Ut caso studio 8, anno 2015.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2015	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	241.7	148.9	148.9
Febbraio	207.6	164.6	164.6
Marzo	197.4	200.8	197.4
Aprile	169.2	266.0	169.2
Maggio	136.8	148.1	136.8
Giugno	107.6	121.2	107.6
Luglio	101.8	354.9	101.8
Agosto	108.1	98.2	98.2
Settembre	125.7	63.1	63.1
Ottobre	172.4	176.2	172.4
Novembre	200.1	188.7	200.1
Dicembre	233.0	173.2	233.0

142

Tabella 142 Calcolo Qst,Ut caso studio 8, anno 2015.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2015	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	732	264	467.97
Febbraio	411	151	260.02
Marzo	321	105	216.50
Aprile	197.99	65.58	132.41
Ottobre	195.26	68.67	126.60
Novembre	484.57	172.62	311.95
Dicembre	796.00	285.02	510.97

143

Tabella 143 Calcolo Qrec,pdc caso studio 8, anno 2015.

Tabella 144
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 8,
anno 2015.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2015	QPtot,RINN
Gennaio	854.36
Febbraio	576.06
Marzo	695.56
Aprile	275.24
Maggio	541.28
Giugno	587.09
Luglio	218.70
Agosto	496.95
Settembre	361.90
Ottobre	470.98
Novembre	740.11
Dicembre	1178.53

144

Tabella 145
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 8,
anno 2015.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2015	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	54.3
Febbraio	49.9
Marzo	52.1
Aprile	51.8
Maggio	58.9
Giugno	52.1
Luglio	49.6
Agosto	48.2
Settembre	52.2
Ottobre	53.1
Novembre	53.5
Dicembre	48.5
media	52.00

verificato

145

Caso studio 8: Coassolo Torinese - 2016

Calcolo del C.O.P.

2016	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	307.0	270.8	748.3	2.76
Febbraio	232.0	143.9	407.0	2.83
Marzo	366.0	114.0	327.6	2.87
Aprile	199.0	88.8	258.9	2.92
Ottobre	301.0	170.4	489.5	2.87
Novembre	247.0	140.9	396.4	2.81
Dicembre	316.0	261.0	728.0	2.79

146

Tabella 146
Calcolo C.O.P.
caso studio 8,
anno 2016.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
748	407	328	259	490	396	728	QHP
473.57	171.04	103.28	66.52	293.56	328.25	588.23	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
478.35	172.77	104.32	67.19	296.52	331.56	594.17	ηdis = 99%
498.28	179.97	108.67	69.99	308.88	345.38	618.93	ηreg = 96%
503.32	181.78	109.77	70.69	312.00	348.87	625.18	ηem = 99%
						2151.60	QH,nd
						16.79	QH,nd/Su

147

Tabella 147
Calcolo QH,nd
caso studio 8,
anno 2016.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2016	Qptot,NRINN
Gennaio	742.9
Febbraio	561.4
Marzo	885.7
Aprile	481.6
Maggio	242.0
Giugno	215.4
Luglio	239.6
Agosto	181.5
Settembre	220.2
Ottobre	728.4
Novembre	597.7
Dicembre	764.7

148

Tabella 148
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 8,
anno 2016.

Tabella 149
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 8,
anno 2016.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2016	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	307.0	124.0	124.0
Febbraio	232.0	168.0	168.0
Marzo	366.0	381.5	381.5
Aprile	199.0	397.6	397.6
Maggio	100.0	400.1	100.0
Giugno	89.0	483.1	89.0
Luglio	99.0	511.7	99.0
Agosto	75.0	524.8	75.0
Settembre	91.0	315.9	91.0
Ottobre	301.0	199.8	199.8
Novembre	247.0	206.8	206.8
Dicembre	316.0	402.0	316.0

149

Tabella 150
Calcolo Qst,Ut
caso studio 8,
anno 2016.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2016	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	241.7	279.7	241.7
Febbraio	207.6	391.7	207.6
Marzo	197.4	459.3	197.4
Aprile	169.2	646.9	169.2
Maggio	136.8	298.9	136.8
Giugno	107.6	302.7	107.6
Luglio	101.8	403.9	101.8
Agosto	108.1	98.0	98.0
Settembre	125.7	115.2	115.2
Ottobre	172.4	173.9	172.4
Novembre	200.1	186.8	186.8
Dicembre	233.0	132.0	132.0

150

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 151
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 8,
anno 2016.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2016	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	748.3	270.8	477.5
Febbraio	407.0	143.9	263.1
Marzo	327.6	114.0	213.7
Aprile	258.9	88.8	170.1
Ottobre	489.5	170.4	319.1
Novembre	396.4	140.9	255.5
Dicembre	728.0	261.0	467.0

151

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2016	QPtot,RINN
Gennaio	843.2
Febbraio	638.7
Marzo	792.5
Aprile	566.8
Maggio	236.8
Giugno	196.6
Luglio	200.8
Agosto	173.0
Settembre	206.2
Ottobre	691.3
Novembre	649.1
Dicembre	915.0

152

Tabella 152
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 8,
anno 2016.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2016	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	53.2
Febbraio	53.2
Marzo	47.2
Aprile	54.1
Maggio	49.5
Giugno	47.7
Luglio	45.6
Agosto	48.8
Settembre	48.4
Ottobre	48.7
Novembre	52.1
Dicembre	54.5
media	50.24

verificato

153

Tabella 153
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 8,
anno 2016.

Caso studio 9: Genola - 2014

Tabella 154
Calcolo C.O.P.
caso studio 9,
anno 2014.

Calcolo del C.O.P.

2014	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	444.0	304.0	829.8	2.73
Febbraio	325.0	207.5	600.7	2.89
Marzo	298.0	192.7	567.7	2.95
Aprile	187.0	101.2	300.8	2.97
Ottobre	214.0	77.9	228.5	2.93
Novembre	196.0	198.1	567.7	2.87
Dicembre	361.0	297.2	819.3	2.76

154

Tabella 155
Calcolo QH,nd
caso studio 9,
anno 2014.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
829.8	600.7	567.7	300.0	228.5	567.7	819.3	QHP
757.2	569.6	230.6	1.3	193.3	500.7	756.4	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
764.9	575.4	233.0	32.0	195.3	505.8	764.1	ηdis = 99%
788.5	593.2	240.2	33.0	201.3	521.4	787.7	ηreg = 97%
796.5	599.2	242.6	33.3	203.3	526.7	795.7	ηem = 99%
						3197.34	QH,nd
						16.07	QH,nd/Su

155

Tabella 156
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 9,
anno 2014.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2014	Qptot,NRINN
Gennaio	1074.5
Febbraio	786.5
Marzo	721.2
Aprile	452.5
Maggio	232.3
Giugno	239.6
Luglio	394.5
Agosto	326.7
Settembre	503.4
Ottobre	517.9
Novembre	474.3
Dicembre	873.6

156

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2014	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	444	310.88	310.9
Febbraio	325	376.3	376.3
Marzo	298	732.9	298.0
Aprile	187	704.4	187.0
Maggio	96	36.5	36.5
Giugno	99	873.9	99.0
Luglio	163	185.0	185.0
Agosto	135	366.1	135.0
Settembre	208	686.4	208.0
Ottobre	214	443.1	214.0
Novembre	196	37.7	37.7
Dicembre	361	275.1	275.1

157

Tabella 157 Calcolo Qfv,Ut caso studio 9, anno 2014.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2014	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	353.7	185.1	353.7
Febbraio	304.1	197.5	304.1
Marzo	296.5	218.7	296.5
Aprile	262.8	278.3	262.8
Maggio	219.7	295.4	219.7
Giugno	172.0	357.1	172.0
Luglio	161.7	402.0	402.0
Agosto	177.7	425.0	177.7
Settembre	207.4	398.6	207.4
Ottobre	259.9	218.0	218.0
Novembre	299.1	182.0	182.0
Dicembre	351.9	193.7	193.7

158

Tabella 158 Calcolo Qst,Ut caso studio 9, anno 2014.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2014	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	830	304	525.80
Febbraio	601	207.5	393.20
Marzo	568	193	375.00
Aprile	300.80	101.18	199.62
Ottobre	228.50	77.90	150.60
Novembre	567.70	198.10	369.60
Dicembre	819.30	297.20	522.10

159

Tabella 159 Calcolo Qrec,pdc caso studio 9, anno 2014.

Tabella 160
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 9,
anno 2014.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2014	QPtot,RINN
Gennaio	1190.35
Febbraio	1073.62
Marzo	969.51
Aprile	449.75
Maggio	256.21
Giugno	271.00
Luglio	587.00
Agosto	312.73
Settembre	415.43
Ottobre	582.60
Novembre	589.30
Dicembre	990.86

160

Tabella 161
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 9,
anno 2014.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2014	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	52.6
Febbraio	57.7
Marzo	57.3
Aprile	49.8
Maggio	52.4
Giugno	53.1
Luglio	59.8
Agosto	48.9
Settembre	45.2
Ottobre	52.9
Novembre	55.4
Dicembre	53.1
media	53.2

verificato

161

Caso studio 9: Genola - 2016

Calcolo del C.O.P.

2016	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	307.0	270.8	748.3	2.76
Febbraio	232.0	143.9	407.0	2.83
Marzo	366.0	114.0	327.6	2.87
Aprile	199.0	88.8	258.9	2.92
Ottobre	301.0	170.4	489.5	2.87
Novembre	247.0	140.9	396.4	2.81
Dicembre	316.0	261.0	728.0	2.79

162

Tabella 162
Calcolo C.O.P.
caso studio 9,
anno 2016.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
796	590	572	213	293	280	858	QHP
716.24	510.36	595.99	205.74	339.42	168.46	868.18	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
723.47	515.51	602.01	207.82	342.85	170.16	876.95	ηdis = 99%
745.85	531.46	620.62	214.24	353.45	175.43	904.08	ηreg = 97%
753.38	536.82	626.89	216.41	357.02	177.20	913.21	ηem = 99%
						3580.93	QH,nd
						18.00	QH,nd/Su

163

Tabella 163
Calcolo QH,nd
caso studio 9,
anno 2016.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2016	Qptot,NRINN
Gennaio	1016.4
Febbraio	798.6
Marzo	711.5
Aprile	331.5
Maggio	413.8
Giugno	314.6
Luglio	375.1
Agosto	370.3
Settembre	428.3
Ottobre	781.7
Novembre	636.5
Dicembre	1028.5

164

Tabella 164
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 9,
anno 2016.

Tabella 165
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 9,
anno 2016.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2016	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	420	344.6	344.61
Febbraio	330	371.3	371.33
Marzo	294	576.5	294.00
Aprile	137	719.4	137.00
Maggio	171	749.7	171.00
Giugno	130	814.2	130.00
Luglio	155	185.4	155.00
Agosto	153	401.0	153.00
Settembre	177	673.4	177.00
Ottobre	323	428.4	323.00
Novembre	263	280.8	263.00
Dicembre	425	361.5	361.48

165

Tabella 166
Calcolo Qst,Ut
caso studio 9,
anno 2016.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2016	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	353.7	179.6	179.63
Febbraio	304.1	163.0	163.00
Marzo	296.5	270.8	270.76
Aprile	262.8	234.9	234.86
Maggio	219.7	312.9	219.71
Giugno	172.0	402.0	172.00
Luglio	161.7	483.0	161.65
Agosto	177.7	606.0	177.73
Settembre	207.4	389.0	207.43
Ottobre	259.9	290.0	259.90
Novembre	299.1	143.0	143.00
Dicembre	351.9	258.0	258.00

166

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 167
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 9,
anno 2016.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2016	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	795.57	271.45	524.12
Febbraio	590.30	220.29	370.01
Marzo	571.73	191.97	379.76
Aprile	213.14	78.50	134.64
Ottobre	293.29	105.45	187.83
Novembre	280.29	97.29	183.00
Dicembre	858.43	285.36	573.07

167

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2016	QPtot,RINN
Gennaio	1048.36
Febbraio	904.34
Marzo	944.51
Aprile	371.86
Maggio	390.71
Giugno	302.00
Luglio	316.65
Agosto	330.73
Settembre	384.43
Ottobre	770.73
Novembre	589.00
Dicembre	1192.55

168

Tabella 168
Calcolo QPtot,RINN caso studio 9, anno 2016.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2016	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	50.8
Febbraio	53.1
Marzo	57.0
Aprile	52.9
Maggio	48.6
Giugno	49.0
Luglio	45.8
Agosto	47.2
Settembre	47.3
Ottobre	49.6
Novembre	48.1
Dicembre	53.7
media	50.20

verificato

169

Tabella 169
Calcolo QPtot,RINN/QPtot caso studio 9, anno 2016.

Caso studio 10: Rocca de Baldi - 2015

Tabella 170
Calcolo C.O.P.
caso studio 10,
anno 2015.

Calcolo del C.O.P.

2015	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	480.0	354.1	1043.0	2.95
Febbraio	425.0	241.6	697.0	2.89
Marzo	303.2	118.9	352.0	2.96
Aprile	219.0	105.1	320.0	3.04
Ottobre	509.0	123.3	352.0	2.85
Novembre	306.0	139.8	398.8	2.85
Dicembre	401.1	302.3	855.0	2.83

170

Tabella 171
Calcolo QH,nd
caso studio 10,
anno 2015.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
1043	697	352	320	352	413	855	QHP
903.15	672.64	475.87	18.83	54.10	329.98	782.21	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
904.96	673.99	476.83	18.87	54.21	330.65	783.78	ηdis = 100%
932.94	694.84	491.57	19.45	55.89	340.87	808.02	ηreg = 97%
942.37	701.85	496.54	19.65	56.45	344.31	816.18	ηem = 99%
						3377.36	QH,nd
						13.02	QH,nd/Su

171

Tabella 172
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 10,
anno 2015.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2015	Qptot,NRINN
Gennaio	1161.60
Febbraio	1028.50
Marzo	733.62
Aprile	529.98
Maggio	253.35
Giugno	231.84
Luglio	246.84
Agosto	774.40
Settembre	605.00
Ottobre	1231.78
Novembre	740.45
Dicembre	970.54

172

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2014	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	444	310.88	310.9
Febbraio	325	376.3	376.3
Marzo	298	732.9	298.0
Aprile	187	704.4	187.0
Maggio	96	36.5	36.5
Giugno	99	873.9	99.0
Luglio	163	185.0	185.0
Agosto	135	366.1	135.0
Settembre	208	686.4	208.0
Ottobre	214	443.1	214.0
Novembre	196	37.7	37.7
Dicembre	361	275.1	275.1

173

Tabella 173 Calcolo Qfv,Ut caso studio 10, anno 2015.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2015	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	356.6	125.0	125.00
Febbraio	306.7	202.6	202.60
Marzo	299.0	357.0	357.00
Aprile	264.9	368.4	368.40
Maggio	221.5	482.0	482.00
Giugno	173.4	493.5	173.43
Luglio	163.0	502.0	163.00
Agosto	179.2	498.5	179.21
Settembre	209.2	445.0	445.00
Ottobre	262.1	321.0	321.00
Novembre	301.5	167.0	167.00
Dicembre	354.8	184.0	184.00

174

Tabella 174 Calcolo Qst,Ut caso studio 10, anno 2015.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2015	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	1043.00	354.11	688.89
Febbraio	697.00	241.59	455.41
Marzo	352.00	118.86	233.14
Aprile	320.00	105.10	214.90
Ottobre	352.00	123.33	228.67
Novembre	398.80	139.77	259.03
Dicembre	855.00	302.27	552.73

175

Tabella 175 Calcolo Qrec,pdc caso studio 10, anno 2015.

Tabella 176
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 10,
anno 2015.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2015	QPtot,RINN
Gennaio	1217.3
Febbraio	1083.0
Marzo	893.3
Aprile	587.4
Maggio	586.7
Giugno	269.2
Luglio	265.0
Agosto	499.2
Settembre	695.0
Ottobre	1058.7
Novembre	732.0
Dicembre	1094.1

176

Tabella 177
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 10,
anno 2015.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2015	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	51.17
Febbraio	51.29
Marzo	54.91
Aprile	52.57
Maggio	69.84
Giugno	53.73
Luglio	51.77
Agosto	39.20
Settembre	53.46
Ottobre	46.22
Novembre	49.71
Dicembre	52.99
media	52.24

verificato

177

Caso studio 11: Samone - 2017

Calcolo del C.O.P.

2017	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	396.0	362.9	978.1	2.70
Febbraio				
Marzo	236.0	303.1	954.6	3.15
Aprile	101.3	144.0	445.0	3.09
Ottobre	121.0	137.1	399.6	2.91
Novembre	249.3	149.7	434.8	2.90
Dicembre	618.0	331.0	919.9	2.78

178

Tabella 178
Calcolo C.O.P.
caso studio 11,
anno 2017.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
978.06		954.55	444.95	399.60	434.78	919.90	QHP
825.67		655.69	155.73	100.74	145.55	621.04	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
827.32		657.00	156.04	100.94	145.85	622.28	ηdis = 100%
844.21		670.41	159.23	103.00	148.82	634.98	ηreg = 99%
852.74		677.18	160.83	104.04	150.33	641.40	ηem = 98%
						2586.52	QH,nd
						11.40	QH,nd/Su

179

Tabella 179
Calcolo QH,nd
caso studio 11,
anno 2017.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2017	Qptot,NRINN
Gennaio	958.3
Febbraio	
Marzo	571.1
Aprile	245.1
Maggio	205.7
Giugno	220.2
Luglio	225.1
Agosto	154.9
Settembre	164.5
Ottobre	292.8
Novembre	603.3
Dicembre	1495.6

180

Tabella 180
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 11,
anno 2017.

Tabella 181
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 11,
anno 2017.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2017	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	396	330.51	330.5
Febbraio			
Marzo	236	498.4	236.0
Aprile	101	729.8	101.3
Maggio	85	882.5	85.0
Giugno	91	528.3	91.0
Luglio	93	771.0	93.0
Agosto	64	706.7	64.0
Settembre	68	739.3	68.0
Ottobre	121	407.2	121.0
Novembre	249	421.0	249.3
Dicembre	618	428.8	428.8

181

Tabella 182
Calcolo Qst,Ut
caso studio 11,
anno 2017.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2017	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	262.9	128.9	128.9
Febbraio	237.5		
Marzo	262.9	153.7	153.7
Aprile	254.4	229.1	229.1
Maggio	262.9	253.2	253.2
Giugno	254.4	455.8	455.8
Luglio	262.9	525.1	525.1
Agosto	262.9	576.1	576.1
Settembre	254.4	313.9	313.9
Ottobre	262.9	336.1	336.1
Novembre	254.4	276.4	276.4
Dicembre	262.9	284.4	284.4

182

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 183
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 11,
anno 2017.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2017	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	978.1	362.9	615.2
Febbraio	0.0	0.0	0.0
Marzo	954.6	303.1	651.5
Aprile	445.0	144.0	301.0
Ottobre	399.6	137.1	262.5
Novembre	434.8	149.7	285.1
Dicembre	919.9	331.0	588.9

183

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$f_{p,rinn} = 1$

2017	QPtot,RINN
Gennaio	1074.5
Febbraio	
Marzo	1041.2
Aprile	330.4
Maggio	338.2
Giugno	546.8
Luglio	618.1
Agosto	640.1
Settembre	381.9
Ottobre	719.6
Novembre	810.8
Dicembre	1302.1

184

Tabella 184
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 11,
anno 2017.

Verifica requisito

$QP_{tot,RINN} / QP_{tot}$ annuo > 50%

2017	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	52.9
Febbraio	
Marzo	64.6
Aprile	57.4
Maggio	62.2
Giugno	71.3
Luglio	73.3
Agosto	80.5
Settembre	69.9
Ottobre	71.1
Novembre	57.3
Dicembre	46.5
media	58.92
	verificato

185

Tabella 185
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 11,
anno 2017.

Caso studio 12: Samone - 2017

Tabella 186
Calcolo C.O.P.
caso studio 12,
anno 2017.

Calcolo del C.O.P.

2017	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	346.25	332.90	840.40	2.52
Febbraio	304.50	211.39	606.4	2.87
Marzo	325.00	308.92	896.49	2.90
Aprile	65.75	47.47	139.30	2.93
Ottobre	298.00	56.60	160.30	2.83
Novembre	382.00	211.90	586.10	2.77
Dicembre	395.50	261.61	649.10	2.48

186

Tabella 187
Calcolo QH,nd
caso studio 12,
anno 2017.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
840.40	896.49	606.40	139.30	160.30	586.10	649.10	QHP
565.96	790.29	374.69	55.30	117.76	354.32	614.52	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
597.01	833.64	395.24	58.34	124.22	373.76	648.22	ηdis = 95%
615.47	859.42	407.47	60.14	128.06	385.32	668.27	ηreg = 97%
621.69	868.10	411.58	60.75	129.35	389.21	675.02	ηem = 99%
						3155.71	QH,nd
						11.43	QH,nd/Su

187

Tabella 188
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 12,
anno 2017.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2017	Qptot,NRINN
Gennaio	837.9
Febbraio	736.9
Marzo	786.5
Aprile	159.1
Maggio	651.0
Giugno	445.3
Luglio	406.6
Agosto	406.6
Settembre	571.1
Ottobre	721.2
Novembre	924.4
Dicembre	957.1

188

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2017	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	346.3	369.0	369.0
Febbraio	304.5	438.0	438.0
Marzo	325.0	401.8	401.8
Aprile	65.8	475.6	65.8
Maggio	269.0	530.4	530.4
Giugno	184.0	767.6	184.0
Luglio	168.0	839.9	168.0
Agosto	168.0	940.9	168.0
Settembre	236.0	480.9	236.0
Ottobre	298.0	689.5	689.5
Novembre	382.0	402.6	402.6
Dicembre	395.5	351.0	351.0

189

Tabella 189 Calcolo Qfv,Ut caso studio 12, anno 2017.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2017	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	264.4	23.0	23.0
Febbraio	238.8		
Marzo	264.4	171.0	171.0
Aprile	255.9	182.0	182.0
Maggio	264.4	120.0	120.0
Giugno	255.9	163.0	163.0
Luglio	264.4	135.0	135.0
Agosto	264.4	201.0	201.0
Settembre	255.9	193.0	193.0
Ottobre	264.4	227.0	227.0
Novembre	255.9	52.0	52.0
Dicembre	264.4	234.0	234.0

190

Tabella 190 Calcolo Qst,Ut caso studio 12, anno 2017.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2017	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	840.4	332.9	507.5
Febbraio	606.4	211.4	395.0
Marzo	896.5	308.9	587.6
Aprile	139.3	47.5	91.8
Ottobre	160.3	56.6	103.7
Novembre	586.1	211.9	374.2
Dicembre	649.1	261.6	387.5

191

Tabella 191 Calcolo Qrec,pdc caso studio 12, anno 2017.

Tabella 192
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 12,
anno 2017.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2017	QPtot,RINN
Gennaio	899.5
Febbraio	833.0
Marzo	1160.3
Aprile	339.6
Maggio	720.0
Giugno	239.7
Luglio	303.0
Agosto	369.0
Settembre	342.3
Ottobre	1020.2
Novembre	828.8
Dicembre	972.5

192

Tabella 193
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 12,
anno 2017.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2017	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	51.8
Febbraio	53.1
Marzo	59.6
Aprile	68.1
Maggio	52.5
Giugno	35.0
Luglio	42.7
Agosto	47.6
Settembre	37.5
Ottobre	58.6
Novembre	47.3
Dicembre	50.4
media	50.34

verificato

193

Caso studio 13: Mondovì - 2016

Calcolo del C.O.P.

2016	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	362.6	343.0	991.0	2.9
Febbraio	354.8	302.0	889.0	2.9
Marzo	250.8	131.0	387.0	3.0
Aprile	165.0	122.0	367.0	3.0
Ottobre	184.4	103.0	309.0	3.0
Novembre	256.0	183.0	529.0	2.9
Dicembre	313.8	324.0	922.0	2.8

194

Tabella 194
Calcolo C.O.P.
caso studio 13,
anno 2016.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
991.0	889.0	387.0	367.0	309.0	529.0	922.0	QHP
747.7	679.6	376.4	71.4	260.4	296.5	676.2	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
749.2	680.9	377.1	71.5	260.9	297.1	677.5	ηdis = 100%
756.8	687.8	381.0	72.2	263.6	300.1	684.4	ηreg = 99%
764.4	694.8	384.8	73.0	266.2	303.2	691.3	ηem = 99%
						3177.65	QH,nd
						12.79	QH,nd/Su

195

Tabella 195
Calcolo QH,nd
caso studio 13,
anno 2016.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2016	Qptot,NRINN
Gennaio	877.5
Febbraio	858.5
Marzo	606.9
Aprile	399.3
Maggio	348.5
Giugno	232.3
Luglio	397.4
Agosto	361.5
Settembre	286.0
Ottobre	446.2
Novembre	619.5
Dicembre	759.4

196

Tabella 196
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 13,
anno 2016.

Tabella 197
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 13,
anno 2016.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2016	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	362.6	416.0	416.0
Febbraio	354.8	425.0	425.0
Marzo	250.8	571.0	250.8
Aprile	165.0	836.0	165.0
Maggio	144.0	850.0	144.0
Giugno	96.0	861.0	96.0
Luglio	164.2	1019.0	164.2
Agosto	149.4	977.0	149.4
Settembre	118.2	788.0	118.2
Ottobre	184.4	507.0	184.4
Novembre	256.0	322.0	256.0
Dicembre	313.8	420.0	313.8

197

Tabella 198
Calcolo Qst,Ut
caso studio 13,
anno 2016.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2016	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	252.5	51.4	51.4
Febbraio	236.2	63.1	63.1
Marzo	252.5	243.7	243.7
Aprile	244.3	295.8	295.8
Maggio	252.5	268.0	252.5
Giugno	244.3	100.0	100.0
Luglio	252.5	482.0	252.5
Agosto	252.5	390.0	252.5
Settembre	244.3	327.0	244.3
Ottobre	252.5	212.3	212.3
Novembre	244.3	52.2	52.2
Dicembre	252.5	49.3	49.3

198

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 199
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 13,
anno 2016.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2016	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	991.0	343.0	648.0
Febbraio	889.0	302.0	587.0
Marzo	387.0	131.0	256.0
Aprile	367.0	122.0	245.0
Ottobre	309.0	103.0	206.0
Novembre	529.0	183.0	346.0
Dicembre	922.0	324.0	598.0

199

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2016	QPtot,RINN
Gennaio	1115.4
Febbraio	1075.1
Marzo	750.5
Aprile	460.8
Maggio	396.5
Giugno	196.0
Luglio	416.7
Agosto	401.9
Settembre	362.5
Ottobre	602.7
Novembre	654.2
Dicembre	961.1

200

Tabella 200
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 13,
anno 2016.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2016	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	56.0
Febbraio	55.6
Marzo	55.3
Aprile	53.6
Maggio	53.2
Giugno	45.8
Luglio	51.2
Agosto	52.6
Settembre	55.9
Ottobre	57.5
Novembre	51.4
Dicembre	55.9
media	53.7

verificato

201

Tabella 201
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 13,
anno 2016.

Caso studio 13: Mondovì - 2017

Tabella 202
Calcolo C.O.P.
caso studio 13,
anno 2017.

Calcolo del C.O.P.

2017	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	372.0	353.0	978.0	2.8
Febbraio	345.3	298.0	872.0	2.9
Marzo	230.0	119.0	369.0	3.1
Aprile	187.0	117.0	360.0	3.1
Ottobre	114.6	73.0	222.7	3.1
Novembre	240.4	192.0	551.0	2.9
Dicembre	326.2	353.0	974.0	2.8

202

Tabella 203
Calcolo QH,nd
caso studio 13,
anno 2017.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
978.00	872.00	369.00	360.00	222.70	551.00	974.00	QHP
716.10	648.78	347.64	66.39	186.45	317.16	718.76	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
717.54	650.08	348.33	66.52	186.83	317.80	720.20	ηdis = 100%
724.79	656.65	351.85	67.20	188.72	321.01	727.47	ηreg = 99%
732.11	663.28	355.41	67.87	190.62	324.25	734.82	ηem = 99%
						3068.36	QH,nd
						12.35	QH,nd/Su

203

Tabella 204
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 13,
anno 2017.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2017	Qptot,NRINN
Gennaio	900.2
Febbraio	835.5
Marzo	556.6
Aprile	452.5
Maggio	293.8
Giugno	395.9
Luglio	486.4
Agosto	469.0
Settembre	273.0
Ottobre	277.3
Novembre	581.8
Dicembre	789.4

204

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2017	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	372.0	338.0	338.0
Febbraio	345.3	427.0	427.0
Marzo	230.0	743.0	743.0
Aprile	187.0	833.0	833.0
Maggio	121.4	964.0	121.4
Giugno	163.6	950.0	163.6
Luglio	201.0	1030.0	201.0
Agosto	193.8	995.0	193.8
Settembre	112.8	770.0	112.8
Ottobre	114.6	577.0	114.6
Novembre	240.4	363.0	363.0
Dicembre	326.2	294.0	294.0

205

Tabella 205 Calcolo Qfv,Ut caso studio 13, anno 2017.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2017	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	250.8	34.3	34.3
Febbraio	226.5	42.0	42.0
Marzo	250.8	233.1	233.1
Aprile	242.7	302.4	242.7
Maggio	250.8	284.2	284.2
Giugno	242.7	170.0	170.0
Luglio	250.8	470.0	250.8
Agosto	250.8	394.0	250.8
Settembre	242.7	157.0	157.0
Ottobre	250.8	220.8	220.8
Novembre	242.7	49.4	49.4
Dicembre	250.8	39.8	39.8

206

Tabella 206 caso studio 13, anno 2017.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2017	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	978.0	353.0	625.0
Febbraio	872.0	298.0	574.0
Marzo	369.0	119.0	250.0
Aprile	360.0	117.0	243.0
Ottobre	222.7	73.0	149.7
Novembre	551.0	192.0	359.0
Dicembre	974.0	353.0	621.0

207

Tabella 207 Calcolo Qrec,pdc caso studio 13, anno 2017.

Tabella 208
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 13,
anno 2017.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2017	QPtot,RINN
Gennaio	997.3
Febbraio	1043.0
Marzo	1226.1
Aprile	1075.7
Maggio	405.6
Giugno	333.6
Luglio	451.8
Agosto	444.6
Settembre	269.8
Ottobre	485.1
Novembre	771.4
Dicembre	954.8

208

Tabella 209
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 13,
anno 2017.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2017	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	52.6
Febbraio	55.5
Marzo	68.8
Aprile	70.4
Maggio	58.0
Giugno	45.7
Luglio	48.2
Agosto	48.7
Settembre	49.7
Ottobre	63.6
Novembre	57.0
Dicembre	54.7
media	56.07

verificato

209

Caso studio 14: Sant'Albano Stura - 2015

Calcolo del C.O.P.

2015	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	426.8	459.0	1320.0	2.88
Febbraio	385.5	276.0	788.0	2.86
Marzo	195.0	161.0	488.0	3.03
Aprile	188.8	131.2	400.0	3.05
Ottobre	195.3	132.0	397.0	3.01
Novembre	215.8	177.0	520.4	2.94
Dicembre	322.8	292.0	828.0	2.84

210

Tabella 210
Calcolo C.O.P.
caso studio 14,
anno 2015.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
1320.00	788.00	488.00	400.00	397.00	520.40	828.00	QHP
1196.89	619.86	458.21	127.71	115.64	248.11	546.64	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
1199.29	621.10	459.13	127.97	115.87	248.61	547.73	ηdis = 100%
1223.76	633.78	468.50	130.58	118.23	253.68	558.91	ηreg = 98%
1236.12	640.18	473.23	131.90	119.43	256.25	564.56	ηem = 99%
						3421.66	QH,nd
						10.83	QH,nd/Su

211

Tabella 211
Calcolo QH,nd
caso studio 14,
anno 2015.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2015	Qptot,NRINN
Gennaio	1032.7
Febbraio	932.9
Marzo	471.9
Aprile	456.8
Maggio	377.5
Giugno	179.7
Luglio	379.9
Agosto	231.1
Settembre	300.1
Ottobre	472.5
Novembre	522.2
Dicembre	781.2

212

Tabella 212
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 14,
anno 2015.

Tabella 213
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 14,
anno 2015.

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2015	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	426.8	796.0	426.8
Febbraio	385.5	338.0	338.0
Marzo	195.0	407.1	195.0
Aprile	188.8	867.9	188.8
Maggio	156.0	1362.2	156.0
Giugno	74.3	1444.0	74.3
Luglio	157.0	2256.4	157.0
Agosto	95.5	1245.1	95.5
Settembre	124.0	1321.1	124.0
Ottobre	195.3	1162.1	195.3
Novembre	215.8	633.2	215.8
Dicembre	322.8	715.9	322.8

213

Tabella 214
Calcolo Qst,Ut
caso studio 14,
anno 2015.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2015	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	247.5	139.2	139.2
Febbraio	223.6	75.6	75.6
Marzo	247.5	221.3	221.3
Aprile	239.5	280.0	239.5
Maggio	247.5	442.9	247.5
Giugno	239.5	398.3	239.5
Luglio	247.5	735.0	247.5
Agosto	247.5	664.0	247.5
Settembre	239.5	459.9	239.5
Ottobre	247.5	403.6	247.5
Novembre	239.5	394.9	239.5
Dicembre	247.5	367.1	247.5

214

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 215
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 14,
anno 2015.

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2015	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	1320.0	459.0	861.0
Febbraio	788.0	276.0	512.0
Marzo	488.0	161.0	327.0
Aprile	400.0	131.2	268.8
Ottobre	397.0	132.0	265.0
Novembre	520.4	177.0	343.4
Dicembre	828.0	292.0	536.0

215

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2015	QPtot,RINN
Gennaio	1427.0
Febbraio	925.6
Marzo	743.3
Aprile	428.3
Maggio	403.5
Giugno	313.8
Luglio	404.5
Agosto	343.0
Settembre	363.5
Ottobre	707.8
Novembre	798.7
Dicembre	1106.3

216

Tabella 216
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 14,
anno 2015.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2015	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	58.0
Febbraio	49.8
Marzo	61.2
Aprile	48.4
Maggio	51.7
Giugno	63.6
Luglio	51.6
Agosto	59.7
Settembre	54.8
Ottobre	60.0
Novembre	60.5
Dicembre	58.6
media	56.48

verificato

217

Tabella 217
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 14,
anno 2015.

Caso studio 14: Sant'Albano Stura - 2016

Tabella 218
Calcolo C.O.P.
caso studio 14,
anno 2016.

Calcolo del C.O.P.

2016	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	852.5	523.8	1508.3	2.88
Febbraio	386.8	267.3	778.7	2.91
Marzo	358.3	151.2	447.6	2.96
Aprile	225.0	139.0	417.7	3.01
Ottobre	169.6	123.8	392.8	3.17
Novembre	435.0	206.2	587.0	2.85
Dicembre	430.8	313.0	887.9	2.84

218

Tabella 219
Calcolo QH,nd
caso studio 14,
anno 2016.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
1508.32	778.68	447.59	417.75	392.75	586.96	887.86	QHP
1224.80	513.45	164.06	143.37	109.22	522.77	604.33	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
1227.25	514.48	164.39	143.65	109.44	523.82	605.54	ηdis = 100%
1252.30	524.98	167.74	146.59	111.68	534.51	617.90	ηreg = 98%
1264.95	530.28	169.44	148.07	112.80	539.91	624.14	ηem = 99%
						3389.58	QH,nd
						10.73	QH,nd/Su

219

Tabella 220
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 14,
anno 2016.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2016	Qptot,NRINN
Gennaio	2063.1
Febbraio	935.9
Marzo	867.0
Aprile	544.5
Maggio	299.5
Giugno	217.8
Luglio	206.2
Agosto	206.3
Settembre	256.5
Ottobre	410.4
Novembre	1052.7
Dicembre	1042.5

220

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2016	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	852.5	946.8	852.5
Febbraio	386.8	912.7	386.8
Marzo	358.3	695.7	358.3
Aprile	225.0	1139.8	225.0
Maggio	123.8	1603.9	123.8
Giugno	90.0	1170.0	90.0
Luglio	85.2	1297.5	85.2
Agosto	85.3	1833.9	85.3
Settembre	106.0	1557.9	106.0
Ottobre	169.6	669.4	169.6
Novembre	435.0	750.0	435.0
Dicembre	430.8	585.0	430.8

221

Tabella 221 Calcolo Qfv,Ut caso studio 14, anno 2016.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2016	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	249.4	252.2	249.4
Febbraio	233.3	135.7	233.3
Marzo	249.4	292.4	249.4
Aprile	241.4	263.6	241.4
Maggio	249.4	334.4	249.4
Giugno	241.4	346.6	241.4
Luglio	249.4	383.2	249.4
Agosto	249.4	229.0	229.0
Settembre	241.4	344.0	241.4
Ottobre	249.4	364.1	249.4
Novembre	241.4	184.9	184.9
Dicembre	249.4	250.0	249.4

222

Tabella 222 Calcolo Qst,Ut caso studio 14, anno 2016.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2016	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	1508.3	523.8	984.5
Febbraio	778.7	267.3	511.4
Marzo	447.6	151.2	296.4
Aprile	417.7	139.0	278.7
Ottobre	392.8	123.8	268.9
Novembre	587.0	206.2	380.8
Dicembre	887.9	313.0	574.9

223

Tabella 223 Calcolo Qrec,pdc caso studio 14, anno 2016.

Tabella 224
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 14,
anno 2016.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2016	QPtot,RINN
Gennaio	2086.4
Febbraio	1131.4
Marzo	904.0
Aprile	466.4
Maggio	373.2
Giugno	331.4
Luglio	334.6
Agosto	314.2
Settembre	347.4
Ottobre	687.9
Novembre	1000.7
Dicembre	1255.1

224

Tabella 225
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 14,
anno 2016.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2016	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	52.6
Febbraio	55.5
Marzo	68.8
Aprile	70.4
Maggio	58.0
Giugno	45.7
Luglio	48.2
Agosto	48.7
Settembre	49.7
Ottobre	63.6
Novembre	57.0
Dicembre	54.7
media	56.07

verificato

225

Caso studio 14: Sant'Albano Stura - 2017

Calcolo del C.O.P.

2017	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	695.8	691.2	1849.8	2.68
Febbraio	532.0	328.0	934.9	2.85
Marzo	306.1	243.0	747.0	3.07
Aprile	140.4	112.1	352.0	3.14
Ottobre	187.9	126.1	380.5	3.02
Novembre	467.0	215.0	602.5	2.80
Dicembre	622.4	322.8	879.5	2.72

226

Tabella 226
Calcolo C.O.P.
caso studio 14,
anno 2017.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
1849.75	934.88	747.00	350.00	380.55	602.50	879.47	QHP
1793.31	905.62	466.05	78.11	99.59	342.77	598.52	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
1796.90	907.43	466.98	78.27	99.79	343.45	599.72	ηdis = 100%
1833.57	925.95	476.51	79.86	101.83	350.46	611.96	ηreg = 98%
1852.09	935.31	481.32	80.67	102.86	354.00	618.14	ηem = 99%
						4424.39	QH,nd
						14.00	QH,nd/Su

227

Tabella 227
Calcolo QH,nd
caso studio 14,
anno 2017.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2017	Qptot,NRINN
Gennaio	1683.8
Febbraio	1287.4
Marzo	740.7
Aprile	339.8
Maggio	354.3
Giugno	309.8
Luglio	316.0
Agosto	378.0
Settembre	507.8
Ottobre	454.6
Novembre	1130.2
Dicembre	1506.2

228

Tabella 228
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 14,
anno 2017.

Tabella 229
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 14,
anno 2017.

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2017	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	695.8	282.6	282.6
Febbraio	532.0	487.6	487.6
Marzo	306.1	1050.8	306.1
Aprile	140.4	986.8	140.4
Maggio	146.4	1355.5	146.4
Giugno	128.0	1400.3	128.0
Luglio	130.6	1188.4	130.6
Agosto	156.2	1119.1	156.2
Settembre	209.9	1087.7	209.9
Ottobre	187.9	793.4	187.9
Novembre	467.0	411.6	411.6
Dicembre	622.4	604.0	604.0

229

Tabella 230
Calcolo Qst,Ut
caso studio 14,
anno 2017.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2017	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	247.2	197.5	197.5
Febbraio	223.2	197.5	197.5
Marzo	247.2	516.0	247.2
Aprile	239.2	725.5	239.2
Maggio	247.2	695.5	247.2
Giugno	239.2	116.6	116.6
Luglio	247.2	813.0	247.2
Agosto	247.2	614.3	247.2
Settembre	239.2	560.2	239.2
Ottobre	247.2	492.6	247.2
Novembre	239.2	10.7	10.7
Dicembre	247.2	253.0	253.0

230

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 231
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 14,
anno 2017.

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2017	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	1849.8	691.2	1158.6
Febbraio	934.9	328.0	606.9
Marzo	747.0	243.0	504.0
Aprile	352.0	112.1	239.9
Ottobre	380.5	126.1	254.5
Novembre	602.5	215.0	387.5
Dicembre	879.5	322.8	556.7

231

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2017	QPtot,RINN
Gennaio	1638.7
Febbraio	1292.0
Marzo	1057.2
Aprile	379.6
Maggio	393.6
Giugno	244.6
Luglio	377.7
Agosto	403.3
Settembre	449.0
Ottobre	689.5
Novembre	809.8
Dicembre	1413.8

232

Tabella 232
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 14,
anno 2017.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2017	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	49.3
Febbraio	50.1
Marzo	58.8
Aprile	52.8
Maggio	52.6
Giugno	44.1
Luglio	54.4
Agosto	51.6
Settembre	46.9
Ottobre	60.3
Novembre	41.7
Dicembre	48.4
media	50.93

verificato

233

Tabella 233
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 14,
anno 2017.

Caso studio 15: Grana - 2016

Tabella 234
Calcolo C.O.P.
caso studio 15,
anno 2016.

Calcolo del C.O.P.

2016	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	352	328.00	898.00	2.74
Febbraio	262	197.00	578.0	2.93
Marzo	198	57.50	175.00	3.04
Aprile	98	50.00	160	3.20
Ottobre	115	80.00		
Novembre	186	19.00		
Dicembre	362	259.00	745.00	2.88

234

Tabella 235
Calcolo QH,nd
caso studio 15,
anno 2016.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
898.00	578.00	175.00	160.00			745.00	QHP
758.80	463.15	54.96	123.74			618.23	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
760.32	464.07	55.07	123.99			619.47	ηdis =95%
775.83	473.54	56.20	126.52			632.11	ηreg = 99%
783.67	478.33	56.77	127.79			638.50	ηem = 99%
						2085.06	QH,nd
						14.66	QH,nd/Su

235

Tabella 236
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 15,
anno 2016.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2016	Qptot,NRINN
Gennaio	851.8
Febbraio	634.6
Marzo	478.9
Aprile	237.2
Maggio	208.1
Giugno	167.0
Luglio	150.0
Agosto	145.2
Settembre	229.9
Ottobre	278.3
Novembre	450.1
Dicembre	876.0

236

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2016	Q_{in}	Q_{fv}	$Q_{fv,Ut}$
Gennaio			
Febbraio			
Marzo			
Aprile			
Maggio			
Giugno			
Luglio			
Agosto			
Settembre			
Ottobre			
Novembre			
Dicembre			

237

Tabella 237 Calcolo Qfv,Ut caso studio 15, anno 2016.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2016	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	185.4	53.2	53.2
Febbraio	173.5	64.4	64.4
Marzo	185.4	71.4	71.4
Aprile	179.4	145.0	145.0
Maggio	179.4	546.0	179.4
Giugno	179.4	590.0	179.4
Luglio	185.4	397.0	185.4
Agosto	185.4	477.0	185.4
Settembre	179.4	368.0	179.4
Ottobre	185.4	89.0	89.0
Novembre	179.4	90.0	90.0
Dicembre	185.4	65.0	65.0

238

Tabella 238 Calcolo Qst,Ut caso studio 15, anno 2016.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2016	Qgen	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	898.0		898.0
Febbraio	578.0		578.0
Marzo	175.0		175.0
Aprile	160.0		160.0
Ottobre			0.0
Novembre			0.0
Dicembre	745.0		745.0

239

Tabella 239 Calcolo Qrec,pdc caso studio 15, anno 2016.

Tabella 240
Calcolo QPtot,RINN caso studio 15, anno 2016.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2016	QPtot,RINN
Gennaio	1102.5
Febbraio	784.2
Marzo	418.5
Aprile	243.0
Maggio	265.4
Giugno	248.4
Luglio	247.4
Agosto	245.4
Settembre	274.4
Ottobre	204.0
Novembre	258.8
Dicembre	1135.2

240

Tabella 241
Calcolo QPtot,RINN/QPtot caso studio 15, anno 2016.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2016	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	56.4
Febbraio	0.0
Marzo	46.6
Aprile	50.6
Maggio	56.1
Giugno	59.8
Luglio	62.3
Agosto	62.8
Settembre	54.4
Ottobre	42.3
Novembre	36.5
Dicembre	56.4
media	48.69
	non verificato

241

La non verificabilità del requisito relativo alla copertura energetica da fonti rinnovabili è condizionata dalla mancanza dei dati di monitoraggio della componente di fotovoltaico e di alcune mensilità di dati relativi all'energia recuperata dalla pompa di calore.

Caso studio 16: Trinità - 2015

Calcolo del C.O.P.

2015	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	486.0	393.0	1075.3	2.74
Febbraio	416.0	356.0	972.1	2.73
Marzo	486.0	149.6	430.0	2.87
Aprile	468.0	103.0	308.9	3.00
Ottobre	488.0	109.0	325.0	2.98
Novembre	473.0	135.0	387.0	2.87
Dicembre	537.0	281.8	805.0	2.86

242

Tabella 242
Calcolo C.O.P.
caso studio 16,
anno 2015.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
1075.30	972.10	430.00	308.85	325.00	387.00	805.00	QHP
862.82	725.00	277.80	229.48	184.62	194.44	579.91	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
864.55	726.46	278.36	229.94	184.99	194.83	581.08	ηdis = 100%
891.28	748.92	286.96	237.05	190.71	200.86	599.05	ηreg = 97%
900.29	756.49	289.86	239.45	192.63	202.88	605.10	ηem = 99%
						3186.70	QH,nd
						16.61	QH,nd/Su

243

Tabella 243
Calcolo QH,nd
caso studio 16,
anno 2015.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2015	Qptot,NRINN
Gennaio	1176.1
Febbraio	1006.7
Marzo	1176.1
Aprile	1132.6
Maggio	1055.1
Giugno	1028.5
Luglio	1091.4
Agosto	1045.4
Settembre	1021.2
Ottobre	1181.0
Novembre	1144.7
Dicembre	1299.5

244

Tabella 244
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 16,
anno 2015.

Tabella 245
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 16,
anno 2015.

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2015	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	486.0		
Febbraio	416.0		
Marzo	486.0		
Aprile	468.0		
Maggio	436.0		
Giugno	425.0		
Luglio	451.0		
Agosto	432.0		
Settembre	422.0		
Ottobre	488.0		
Novembre	473.0		
Dicembre	537.0		

245

Tabella 246
Calcolo Qst,Ut
caso studio 16,
anno 2015.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2015	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	298.0	111.1	111.1
Febbraio	269.2	51.8	51.8
Marzo	298.0	164.1	164.1
Aprile	288.4	218.6	218.6
Maggio	288.4	331.6	288.4
Giugno	288.4	276.8	276.8
Luglio	298.0	315.1	298.0
Agosto	298.0	357.9	298.0
Settembre	288.4	219.0	219.0
Ottobre	298.5	175.0	175.0
Novembre	288.4	119.0	119.0
Dicembre	298.0	100.0	100.0

246

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 247
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 16,
anno 2015.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2015	Qgen	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	1075.3	393.0	682.3
Febbraio	972.1	356.0	616.1
Marzo	430.0	149.6	280.4
Aprile	308.9	103.0	205.9
Ottobre	325.0	109.0	216.0
Novembre	387.0	135.0	252.0
Dicembre	805.0	281.8	523.2

247

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2015	QPtot,RINN
Gennaio	793.4
Febbraio	667.9
Marzo	444.5
Aprile	218.6
Maggio	288.4
Giugno	276.8
Luglio	298.0
Agosto	298.0
Settembre	219.0
Ottobre	391.0
Novembre	371.0
Dicembre	623.2

248

Tabella 248
Calcolo QPtot,RINN caso studio 16, anno 2015.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2015	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	40.3
Febbraio	39.9
Marzo	27.4
Aprile	16.2
Maggio	21.5
Giugno	21.2
Luglio	21.4
Agosto	22.2
Settembre	17.7
Ottobre	24.9
Novembre	24.5
Dicembre	32.4
media	26

non verificato

249

Tabella 249
Calcolo QPtot,RINN/QPtot caso studio 16, anno 2015.

La non verificabilità del requisito relativo alla copertura energetica da fonti rinnovabili è condizionata dalla mancanza dei dati di monitoraggio della componente di fotovoltaico.

Caso studio 16: Trinità - 2016

Tabella 250
Calcolo C.O.P.
caso studio 16,
anno 2016.

Calcolo del C.O.P.

2016	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	444.0	375.2	1000.0	2.7
Febbraio	377.0	292.0	806.0	2.8
Marzo	551.0	216.7	681.0	3.1
Aprile	458.0	174.1	541.0	3.1
Ottobre	312.0	131.9	400.0	3.0
Novembre	549.0	212.5	606.3	2.9
Dicembre	468.0	278.8	787.0	2.8

250

Tabella 251
Calcolo QH,nd
caso studio 16,
anno 2016.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
1000.00	806.00	681.00	541.00	400.00	606.25	787.00	QHP
783.68	625.34	522.65	210.65	313.27	378.20	530.89	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
785.25	626.59	523.70	211.07	313.89	378.96	531.95	ηdis = 100%
809.53	645.97	539.90	217.60	323.60	390.68	548.41	ηreg = 97%
817.71	652.50	545.35	219.79	326.87	394.63	553.95	ηem = 99%
						3510.80	QH,nd
						18.30	QH,nd/Su

251

Tabella 252
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 16,
anno 2016.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2016	Qptot,NRINN
Gennaio	1074.5
Febbraio	377.0
Marzo	1333.4
Aprile	1108.4
Maggio	1057.5
Giugno	1292.3
Luglio	1154.3
Agosto	643.7
Settembre	847.0
Ottobre	755.0
Novembre	1328.6
Dicembre	1132.6

252

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2016	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	444.0		
Febbraio	377.0		
Marzo	551.0		
Aprile	458.0		
Maggio	437.0		
Giugno	534.0		
Luglio	477.0		
Agosto	266.0		
Settembre	350.0		
Ottobre	312.0		
Novembre	549.0		
Dicembre	468.0		

253

Tabella 253 Calcolo Qfv,Ut caso studio 16, anno 2016.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2016	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	300.3	110.0	110.0
Febbraio	280.9	122.0	122.0
Marzo	300.3	161.0	161.0
Aprile	290.6	377.0	290.6
Maggio	290.6	309.0	290.6
Giugno	290.6	311.0	290.6
Luglio	300.3	340.0	300.3
Agosto	300.3	250.0	250.0
Settembre	290.6	272.0	272.0
Ottobre	300.3	224.0	224.0
Novembre	290.6	90.0	90.0
Dicembre	300.3	75.0	75.0

254

Tabella 254 Calcolo Qst,Ut caso studio 16, anno 2016.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2016	Qgen	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	1000.0	375.2	624.8
Febbraio	806.0	292.0	514.0
Marzo	681.0	216.7	464.3
Aprile	541.0	174.1	366.9
Ottobre	400.0	131.9	268.1
Novembre	606.3	212.5	393.8
Dicembre	787.0	278.8	508.2

255

Tabella 255 Calcolo Qrec,pdc caso studio 16, anno 2016.

Tabella 256
Calcolo QPtot,RINN caso studio 16, anno 2016.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2016	QPtot,RINN
Gennaio	734.8
Febbraio	636.0
Marzo	625.3
Aprile	290.6
Maggio	290.6
Giugno	290.6
Luglio	300.3
Agosto	250.0
Settembre	272.0
Ottobre	492.1
Novembre	483.8
Dicembre	583.2

256

Tabella 257
Calcolo QPtot,RINN/QPtot caso studio 16, anno 2016.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2016	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	40.61
Febbraio	62.78
Marzo	31.92
Aprile	20.77
Maggio	21.56
Giugno	18.36
Luglio	20.64
Agosto	27.97
Settembre	24.31
Ottobre	39.46
Novembre	26.69
Dicembre	33.99
media	31

non verificato

257

La non verificabilità del requisito relativo alla copertura energetica da fonti rinnovabili è condizionata dalla mancanza dei dati di monitoraggio della componente di fotovoltaico.

Caso studio 16: Trinità - 2017

Calcolo del C.O.P.

2017	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	469.0	389.2	1075.0	2.8
Febbraio	391.0	291.8	819.0	2.8
Marzo	409.0	149.8	450.0	3.0
Aprile	348.0	113.2	355.0	3.1
Ottobre	436.0	89.3	371.0	4.2
Novembre	440.0	343.0	963.0	2.8
Dicembre	473.0	400.0	1118.0	2.8

258

Tabella 258
Calcolo C.O.P.
caso studio 16,
anno 2017.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
1075.00	819.00	450.00	355.00	371.00	963.00	1118.00	QHP
771.97	673.75	314.07	142.43	149.82	648.15	782.01	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
773.52	675.10	314.70	142.71	149.82	648.15	782.01	ηdis = 100%
797.44	695.98	324.44	147.13	154.76	669.53	807.81	ηreg = 97%
805.50	703.01	327.71	148.61	156.32	676.30	815.97	ηem = 99%
						4424.39	QH,nd
						18.94	QH,nd/Su

259

Tabella 259
Calcolo QH,nd
caso studio 16,
anno 2017.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2017	Qptot,NRINN
Gennaio	1135.0
Febbraio	946.2
Marzo	989.8
Aprile	842.2
Maggio	1081.7
Giugno	1222.1
Luglio	866.4
Agosto	1004.3
Settembre	989.8
Ottobre	1055.1
Novembre	1064.8
Dicembre	1144.7

260

Tabella 260
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 16,
anno 2017.

Tabella 261
Calcolo Qfv,Ut
caso studio 16,
anno 2017..

$$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2017	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	469.0		
Febbraio	391.0		
Marzo	409.0		
Aprile	348.0		
Maggio	447.0		
Giugno	505.0		
Luglio	358.0		
Agosto	415.0		
Settembre	409.0		
Ottobre	436.0		
Novembre	440.0		
Dicembre	473.0		

261

Tabella 262
Calcolo Qst,Ut
caso studio 16,
anno 2017.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_{w}$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{w}$

2017	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	297.6	31.0	31.0
Febbraio	268.8	141.0	141.0
Marzo	297.6	178.0	178.0
Aprile	288.5	472.0	288.5
Maggio	288.5	285.0	285.0
Giugno	288.0	262.0	262.0
Luglio	297.6	376.0	297.6
Agosto	297.6	333.0	297.6
Settembre	288.5	152.0	152.0
Ottobre	297.6	103.0	103.0
Novembre	288.0	11.0	11.0
Dicembre	297.6	2.0	2.0

262

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

Tabella 263
Calcolo Qrec,pdc
caso studio 16,
anno 2017.

$$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$$

2017	Qgen	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	1075.0	389.2	685.8
Febbraio	819.0	291.8	527.2
Marzo	450.0	149.8	300.2
Aprile	355.0	113.2	241.8
Ottobre	371.0	89.3	281.7
Novembre	963.0	343.0	620.0
Dicembre	1118.0	400.0	718.0

263

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2017	QPtot,RINN
Gennaio	716.8
Febbraio	668.2
Marzo	478.3
Aprile	288.5
Maggio	285.0
Giugno	262.0
Luglio	297.6
Agosto	297.6
Settembre	152.0
Ottobre	384.7
Novembre	631.0
Dicembre	720.0

264

Tabella 264
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 16,
anno 2017.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2017	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	38.71
Febbraio	41.39
Marzo	32.58
Aprile	25.51
Maggio	20.85
Giugno	17.65
Luglio	25.57
Agosto	22.86
Settembre	13.31
Ottobre	26.72
Novembre	37.21
Dicembre	38.61
media	28
	non verificato

265

Tabella 265
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 16,
anno 2017.

La non verificabilità del requisito relativo alla copertura energetica da fonti rinnovabili è condizionata dalla mancanza dei dati di monitoraggio della componente di fotovoltaico.

Caso studio 17: Caraglio - 2016

Tabella 266
Calcolo C.O.P.
caso studio 17,
anno 2016.

Calcolo del C.O.P.

2016	Qin	QG,in	QHP	C.O.P.
Gennaio	295.0	210.0	598.0	2.8
Febbraio	268.0	184.0	532.3	2.9
Marzo	247.0	92.0	269.2	2.9
Aprile	143.0	60.0	186.0	3.1
Ottobre	221.0	85.0	239.0	2.8
Novembre	300.0	121.0	318.0	2.6
Dicembre	307.0	262.0	754.0	2.9

266

Tabella 267
Calcolo QH,nd
caso studio 17,
anno 2016.

Calcolo di QH,nd

Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	
598.00	532.30	269.15	186.00	239.00	318.00	754.00	QHP
531.87	582.44	372.20	194.81	228.91	352.46	717.54	QHP-Qh,W
Applicazione dei rendimenti							
532.94	583.60	372.94	195.20	229.37	353.17	718.98	ηdis = 100%
543.81	595.51	380.55	199.18	234.05	360.38	733.65	ηreg = 98%
549.31	601.53	384.40	201.19	236.42	364.02	741.06	ηem = 99%
						3077.92	QH,nd
						14.84	QH,nd/Su

267

Tabella 268
Calcolo QPtot,NRINN
caso studio 17,
anno 2016.

Copertura energetica da fonti rinnovabili

Fabbisogno di energia primaria

$Qp_{tot} = Qp_{tot,RINN} + Qp_{tot,NRINN}$

Calcolo di $QP_{tot,NRINN}$

$QP_{tot,NRINN} = Q_{in} * f_{p,el}$

Q_{in} = energia elettrica in ingresso al contatore [KWh]

$f_{p,el}$ = fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria [-]

$f_{p,el}$ = 2.42

2016	Qptot,NRINN
Gennaio	714
Febbraio	649
Marzo	598
Aprile	346
Maggio	281
Giugno	208
Luglio	211
Agosto	407
Settembre	515
Ottobre	535
Novembre	726
Dicembre	743

268

$Qp_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,RINN}$

Calcolo di FV ed FV,Ut

se $Q_{fv} < Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{fv}$

se $Q_{fv} > Q_{in}$ allora $Q_{fv,Ut} = Q_{in}$

2016	Qin	Qfv	Qfv,Ut
Gennaio	295	332.90	295
Febbraio	268	427.30	268
Marzo	247	580.0	247
Aprile	143	589.7	143
Maggio	116	680.0	116
Giugno	86	584.0	86
Luglio	87	602.0	87
Agosto	168	484.0	168
Settembre	213	789.0	789
Ottobre	221	420.0	221
Novembre	300	343.0	343
Dicembre	307	388.0	388

269

Tabella 269 Calcolo Qfv,Ut caso studio 17, anno 2016.

Confronto tra Qw e Qst

se $Q_{st} < Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_{st}$

se $Q_{st} > Q_w$ allora $Q_{st,Ut} = Q_w$

2016	Qw	Qst	Qst,Ut
Gennaio	195.0	136.8	136.8
Febbraio	182.4	226.5	226.5
Marzo	195.0	285.6	285.6
Aprile	188.7	196.4	196.4
Maggio	188.7	142.7	142.7
Giugno	188.7	139.5	139.5
Luglio	195.0	128.1	128.1
Agosto	195.0	134.2	134.2
Settembre	188.7	153.3	153.3
Ottobre	195.0	186.1	186.1
Novembre	188.7	219.0	219.0
Dicembre	195.0	162.9	162.9

270

Tabella 270 Calcolo Qst,Ut caso studio 17, anno 2016.

Calcolo dell'energia termica recuperata dalla pdc

$Q_{rec,pdc} = Q_{pdc} - Q_{gn,in}$

2016	Qpdc	Qgn,in	Qrec,pdc
Gennaio	598	210	388
Febbraio	532	184	348
Marzo	269	92	177
Aprile	186.00	60	126
Ottobre	239.00	85	
Novembre	318.00	121	
Dicembre	754.00	262	492

271

Tabella 271 Calcolo Qrec,pdc caso studio 17, anno 2016.

Tabella 272
Calcolo QPtot,RINN
caso studio 17,
anno 2016.

Calcolo di $QP_{tot,RINN}$

$$QP_{tot,RINN} = (Q_{fv,Ut} + Q_{st,Ut} + Q_{rec,pdc}) * f_{p,rinn}$$

$$f_{p,rinn} = 1$$

2016	QPtot,RINN
Gennaio	820
Febbraio	843
Marzo	710
Aprile	339
Maggio	259
Giugno	226
Luglio	215
Agosto	302
Settembre	942
Ottobre	407
Novembre	562
Dicembre	1043

272

Tabella 273
Calcolo QPtot,RINN/QPtot
caso studio 17,
anno 2016.

Verifica requisito

$$QP_{tot,RINN} / QP_{tot} \text{ annuo} > 50\%$$

2016	QPtot,RINN / QPtot
Gennaio	53.45
Febbraio	56.51
Marzo	54.28
Aprile	49.52
Maggio	47.96
Giugno	52.00
Luglio	50.54
Agosto	42.64
Settembre	64.64
Ottobre	43.22
Novembre	43.63
Dicembre	58.40
media	51.40

verificato

273

10 Conclusioni

A fronte delle analisi condotte sulle diciassette villette nZEB è possibile tracciare uno scenario conclusivo in merito al tema delle future dinamiche di efficientamento energetico nel settore edilizio, nella fattispecie nell'ambito residenziale. E' bene partire dalla constatazione di un elemento chiave all'interno di queste conclusioni; è chiaro che oggi giorno sperimentazioni come quelle condotte con i finanziamenti preposti da bandi come quello analizzato, non rappresentano più un fattore d'innovazione ma un valido input verso lo sviluppo di strategie di pianificazione energetica. Le analisi di questo lavoro di tesi sono senz'altro un esempio di politiche territoriali che hanno investito in operazioni di transizione energetica e che si sono attestate come vere e proprie esperienze pionieristiche in campo nazionale. Ciò che si è cercato di realizzare però attraverso gli studi condotti sugli nZEB, non è solo un'analisi delle condizioni attuali di funzionamento ed efficienza impiantistica, bensì si è cercato di individuare i fattori di criticità o gli elementi che meriterebbero un maggiore approfondimento, al fine di proporre degli indirizzi e degli spunti necessari per le future campagne d'incentivazione e ancor più per la definizione delle prossime strategie energetico-ambientali. Vengono dunque argomentate in maniera puntuale le conclusioni tratte dallo studio sui dati di monitoraggio degli edifici e sulle modalità di esecuzione di tale bando, contestualmente al territorio in cui esso ha trovato la sua diffusione. Sono presi in esame i parametri coinvolti nella determinazione del grado di sostenibilità e compatibilità ambientale degli edifici, ma anche le possibili alternative in termini di efficienza impiantistica. Inoltre, vengono vagliate diverse possibilità inerenti alle modalità di promozione e stanziamento degli incentivi a scala territoriale, quali gli aspetti su cui veicolare tali iniziative e quali le analisi preventive che si rendono necessarie al fine di predisporre le risorse più opportune da destinarsi attraverso i futuri sforzi in campo energetico.

10.1
La procedura di monitoraggio: vantaggi e criticità per la definizione di linee guida future

Le operazioni di monitoraggio sono risultate di fondamentale importanza per l'identificazione dei consumi energetici delle abitazioni beneficiarie del bando. Il monitoraggio ha consentito la verifica dei requisiti prescritti e ha permesso di delineare quelli che sono i profili di consumo energetico dell'utenza e non meno importante di identificare eventuali anomalie nel funzionamento del sistema impiantistico installato. Interventi di questo tipo mettono perciò in luce quelle che possono essere le criticità riscontrabili in determinate condizioni di funzionamento delle macchine, in particolare rispetto alla componente meteorologica che nell'ambito delle zone dell'arco alpino si presenta tendenzialmente più rigida. Partendo dai dati di consumo raccolti si possono confrontare processi e siti in base a indicatori chiave e statistiche di settore al fine di identificare le migliori opportunità di ottimizzazione.

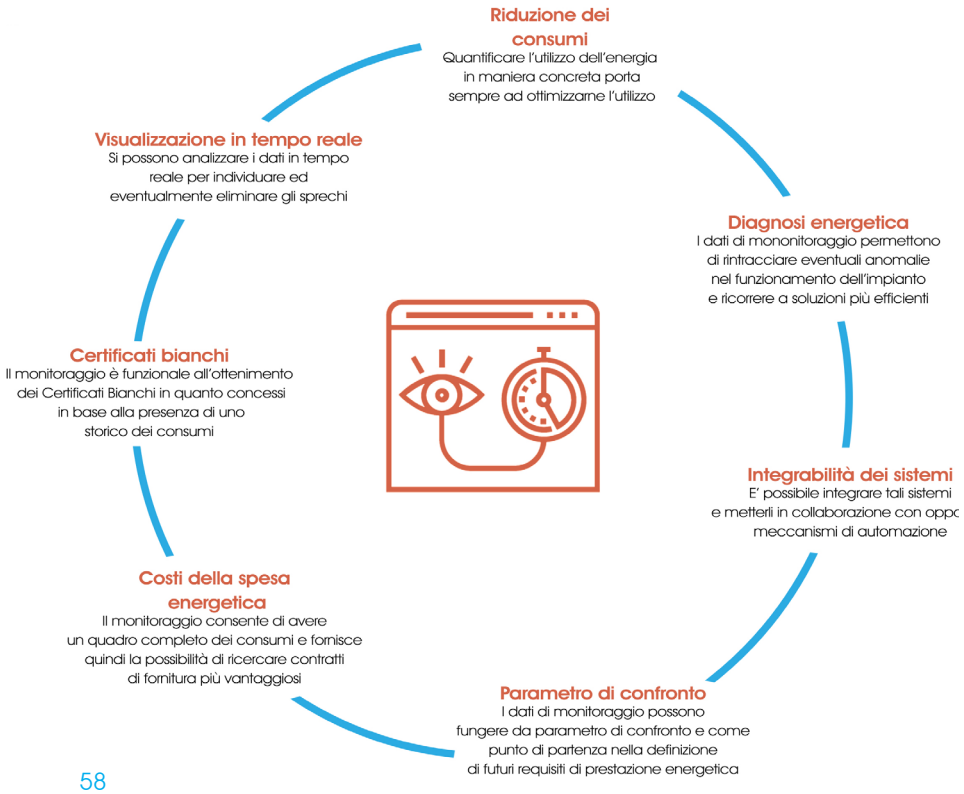


Figura 58
Rappresentazione grafica del sistema di monitoraggio.

Nei casi analizzati le modalità di rilevazione dei dati di monitoraggio hanno evidenziato quanto sia necessario effettuare queste operazioni molto accuratamente per poter ottenere dei validi risultati e garantire una buona precisione nella verifica dei requisiti richiesti.
A tal proposito, in funzione delle analisi condotte per mezzo dei dati forniti da Finpiemonte, si rendono necessarie alcune osservazioni in merito. Nello specifico, come già spiegato nel capitolo 6, a supporto del monitoraggio l'utenza è stata dotata di un modulo Excel da compilare in funzione dei vari fattori di consumo considerati.
Le valutazioni che sono state svolte in questa tesi hanno fatto riferimento a questi template in cui sono raccolti i dati di consumo; ciò che emerge da questi ultimi è il ruolo fondamentale dei dati anagrafici dell'edificio che permettono di inquadrare geograficamente l'intervento; inoltre per ciò che riguarda gli altri parametri, come ad esempio "Energia elettrica da FER EE_{rinn}", "Energia elettrica riscaldamento acs EE_i" o ancora "Energia termica pdc ET_{pdc}", la loro stesura a cadenza settimanale, possiamo dire a posteriori delle analisi condotte, essere particolarmente funzionale. Ad ogni modo potrebbe essere addirittura necessario adottare una modalità di rilevazione a scala giornaliera, in alcuni casi, in quanto sia per il calcolo dell'energia primaria rinnovabile che per la determinazione del fabbisogno termico invernale/estivo sarebbe ottimale una lettura ancora più puntuale, laddove fosse utile. Questo a mio avviso andrebbe ad abbassare la percentuale di errore nella lettura del dato di consumo da parte dell'utente. Inoltre, ogni template è dotato di un foglio dedicato al rilevamento dei dati di consumo di energia elettrica per il servizio di raffrescamento estivo, "Energia elettrica raffrescamento EE_e", questo dato però, purtroppo, non risultava essere stato rilevato, ragione per la quale non è stato possibile effettuare delle considerazioni in merito al fabbisogno termico estivo ne tantomeno poter verificare il relativo requisito richiesto dal bando. Si rende quindi indispensabile che le fu-

ture campagne di rilevazione tengano conto di acquisire questo dato laddove fosse possibile, in modo da consentire una maggiore completezza nelle analisi di valutazione dei fabbisogni stagionali. Un'ulteriore commento va fatto in merito alla mancanza di dati rilevati di energia elettrica per l'illuminazione; la presenza di questo parametro avrebbe fornito una valutazione più accurata nel calcolo della quota di energia primaria prodotta da fonti non rinnovabili. Nei casi analizzati, perciò, non avendo a disposizione questo particolare dato di consumo, si è dovuto procedere alla verifica dell'energia primaria non rinnovabile facendo riferimento a tutta l'energia in ingresso al contatore che includeva quindi anche la quota relativa all'illuminazione e all'energia spesa per alimentare i vari elettrodomestici presenti nell'abitazione. Allo stesso modo, inoltre, sarebbe più conforme avere i dati di consumo di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria che come quelli relativi all'illuminazione non erano espressamente riportati all'interno del template dei consumi. Questo dato, infatti, sarebbe stato d'aiuto per determinare la reale quota di energia termica fornita dall'impianto solare termico in relazione alle condizioni mensili di temperatura esterna.

10.2
Scelta del sistema impiantistico: quali le alternative possibili?

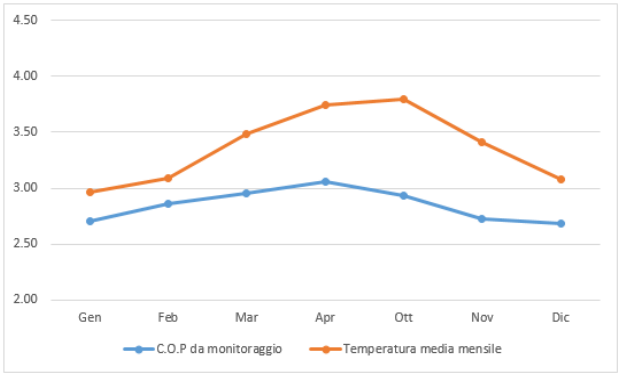
Gli interventi finanziati dal bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici ad energia quasi zero" sono caratterizzati dall'applicazione di scelte impiantistiche ben precise; come già esplicitato precedentemente la quasi totalità delle abitazioni analizzate presenta un sistema impiantistico composto da una pompa aria-aria o aria-acqua associata ad impianti di solare termico e fotovoltaico. Sebbene queste soluzioni siano sicuramente vantaggiose dal punto di vista del risparmio energetico e della convenienza dell'

investimento, le analisi condotte per mezzo dello studio sui dati di monitoraggio ci fanno vedere come in realtà omogeneizzare la scelta delle possibili opzioni impiantistiche presenti delle criticità.
Se prendiamo in considerazione i rendimenti delle macchine di alcuni dei casi analizzati, ad esempio l'edificio 4 che per altro non rispetta il requisito di $Q_{H,nd}$ / Su, noteremo che questi non sono particolarmente alti nella stagione invernale.

Figura 59
Riferimento ai valori di C.O.P. nei mesi invernali del caso studio 4.

Edificio 4

Anno 2014	C.O.P da monitoraggio	C.O.P. da formula UNI 10349-1	Temperatura media mensile
Gen	2.71	2.97	3.74
Feb	2.86	3.09	5.14
Mar	2.95	3.49	9.94
Apr	3.06	3.75	13.44
Ott	2.93	3.80	14.14
Nov	2.73	3.41	8.94
Dic	2.68	3.07	4.94



59

Come ben noto, spesso climi rigidi come quelli riscontrabili nelle varie aree d'intervento, influiscono sulle capacità prestazionali delle pompe di calore installate. Basti pensare che tendenzialmente il rendimento calcolato risulta più basso nei mesi più freddi e che dunque proprio in ragione di un clima molto rigido, le pompe di calore hanno funzionato attuando meccanismi di defrost più che per fornire il giusto apporto di calore in grado di soddisfare il fabbisogno termico delle abitazioni.
Dunque, probabilmente, la scelta della tipologia d'impianto da integrare all'edificio dovrebbe essere ponderata sulla base di quelle che sono le condizioni di temperatura esterna media mensile, soprattutto nella stagione invernale e in ragione della localizzazione dell'intervento. Infatti in quasi tutta Italia, escludendo alcune zone dell'arco alpino, il clima è principalmente mite, e la scelta di una pompa di calore ad aria risulta vincente; ma al contrario, in casi come quelli

analizzati in cui le temperature sono decisamente più basse e il trasferimento di calore all'interno dell'abitazione è più difficile, la pompa di calore ad aria perde la sua efficacia. In tal caso, implementando un impianto ibrido costituito da due generatori di calore alimentati da diverse fonti di energia (combustibile fossile + fonte rinnovabile) potremmo aspettarci una maggiore resa dell'impianto e garantire all'utenza la certezza che anche in caso di guasti, non si resti mai al freddo. Un'altra soluzione invece segue una direzione differente rispetto alla prima, e prevede un attenta analisi delle condizioni che sussistono sul territorio piemontese.

Nel dettaglio, in previsione di un'applicazione alternativa alla pompa di calore sono state vagliate altre possibilità di tecnologie per la produzione di calore e acqua calda sanitaria. Tali considerazioni nascono da un processo di analisi territoriale che ha visto l'individuazione della distribuzione di risorse naturali che potrebbero essere sfruttate proprio all'interno dei processi di produzione di calore nell'ambito residenziale di nuova costruzione.

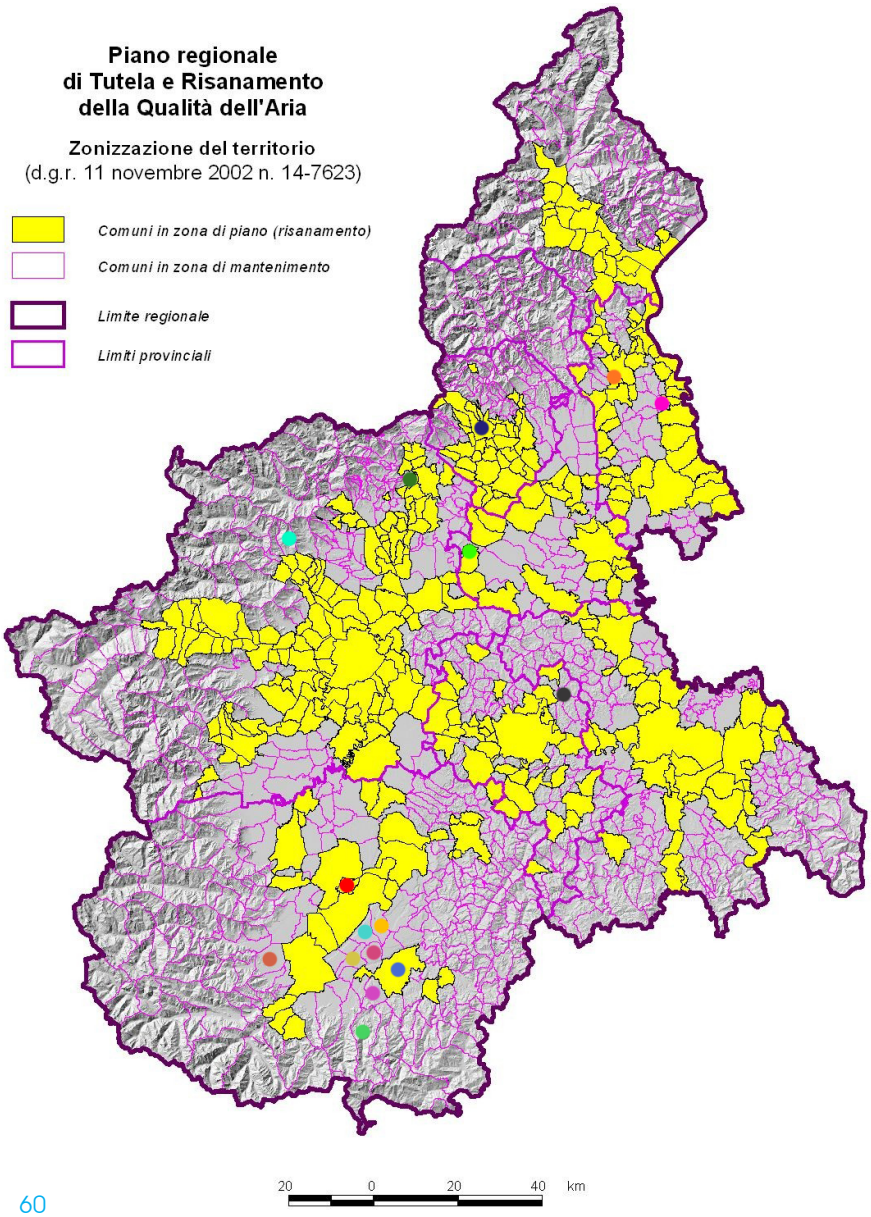
Questa valutazione nasce da uno studio attento del contributo energetico dato dall'utilizzo di fonti rinnovabili alla quota totale di energia elettrica prodotta nella regione Piemonte. E' possibile notare che il maggior ruolo è giocato dal contributo dato dalla produzione idroelettrica che ricopre circa il 92% della quota elettrica ottenuta attraverso l'impiego di fonti rinnovabili. A seguire, si attestano le biomasse, il solare e l'eolico sebbene con percentuali decisamente inferiori.

L'introduzione e la diffusione delle fonti rinnovabili sul territorio regionale sono una delle strategie che renderà possibile il raggiungimento degli obiettivi del "Decreto Burden Sharing".

Le future operazioni di incentivazione saranno perciò fondate sul potenziale delle fonti rinnovabili e sulle ricadute in ambito locale, dove l'approvvigionamento energetico da risorse naturali presenti sul territorio incrementerebbe l'autonomia energetica.

E' chiaro che d'altro canto sia necessario mettere in luce quelli che sono i punti negativi dell'attuazione di strategie di questo tipo; basti pensare ai risultati dei monitoraggi degli elementi inquinanti e delle componenti climatiche, leggibili all'interno del "Piano Regionale di Qualità dell'Aria". E' fondamentale tener conto dei possibili fattori di alterazione del microclima urbano al momento dell'installazione di nuovi impianti per il riscaldamento e la produzione di acs.
Occorre valutare tutte le componenti d'influenza per ogni singolo intervento che consideri le risorse presenti ed utilizzabili sul territorio e che ponga particolare attenzione all'impatto ambientale che comporta ogni scelta.
Ciò che scaturisce dall'analisi dei diciassette edifici nZEB è proprio la mancanza di una ricerca preliminare delle scelte impiantistiche più vantaggiose. Tutti gli edifici presentano la stessa tipologia impiantistica, come già espresso, infatti, questi interventi hanno previsto l'installazione di pompe di calore aria-aria/aria-acqua.
Ma cosa sarebbe risultato da un'analisi preventiva delle varie aree d'intervento?
Avremmo potuto notare, ad esempio, che la maggior parte dei comuni che hanno visto la costruzione di questi nZEB si inserisce nelle cosiddette "zone di mantenimento" relative al "Piano di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria", mentre altri comuni coinvolti si localizzano all'interno delle "zone di piano".
Questa prima differenziazione sarebbe risultata di cruciale importanza al momento della progettazione impiantistica in quanto proprio tale Piano prescrive il divieto d'installazione di impianti a biomassa nelle "zone di piano" ma non in quelle di mantenimento, all'interno delle quali per l'appunto ricadono la maggior parte delle residenze nZEB aderenti al bando.
Ciò che appare evidente è dunque il fatto che si siano escluse tutta una serie di alternative impiantistiche che fanno riferimento all'impie-

Figura 60
Rappresentazione grafica zonizzazione del territorio e localizzazione dei casi studio
Fonte: Piano regionale di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria.



Legenda

- Coassolo Torinese
- Samone
- Biella
- Cureggio
- Mezzomerico
- Cigliano
- Grana
- Genola
- Caraglio
- Trinità
- Sant'Albano Stura
- Morozzo
- Rocca de' Baldi
- Roccaforte Mondovì
- Mondovì
- Villanova Mondovì

60

go di risorse rinnovabili diffuse in più aree del territorio piemontese, fra cui ad esempio l'impiego di biomassa.

Sarebbe stato utile, a tal proposito indagare sugli effetti che avrebbe potuto comportare una scelta come quella appena citata, quali le ricadute in termini di emissioni inquinanti e quali le condizioni di possibile applicabilità o non applicabilità sul territorio.

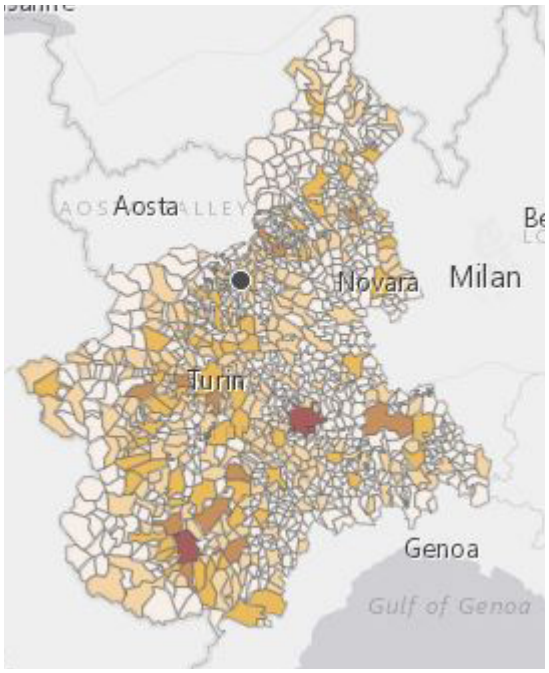
A fronte di quanto appena detto, si inseriscono ulteriori valutazioni

relativamente all'eventuale utilizzo di biomassa. Innanzitutto bisogna sottolineare che le emissioni nocive provenienti dai sistemi impiantistici per i servizi di riscaldamento sono principalmente concentrate nel periodo invernale e nei nuclei con maggiore densità abitativa. Causa di queste emissioni e in modo particolare di quelle relative al particolato atmosferico sono i processi di combustione del legname che costituisce insieme al gas naturale la risorsa che incide maggiormente sulle emissioni di ossidi d'azoto. Questo è facilmente rintracciabile nella lettura delle mappe che rappresentano i livelli di emissione di PM10 e NOx, per cui è evidente una accentuata concentrazione nei centri urbanizzati in cui sono presenti un gran numero di impianti alimentati a legna.

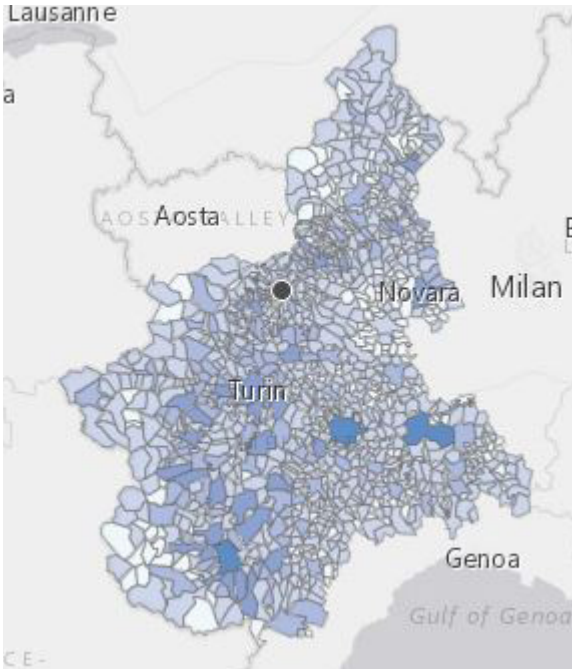
Sebbene queste mappe mettano in luce le condizioni che dipendo-

Figura 61
Rappresentazione dei livelli di emissione di PM10.
Fonte: http://webgis.arpa.piemonte.it/aria_emissioni_webapp/index.html.

Figura 62
Rappresentazione dei livelli di emissione di NOx.
Fonte: http://webgis.arpa.piemonte.it/aria_emissioni_webapp/index.html.

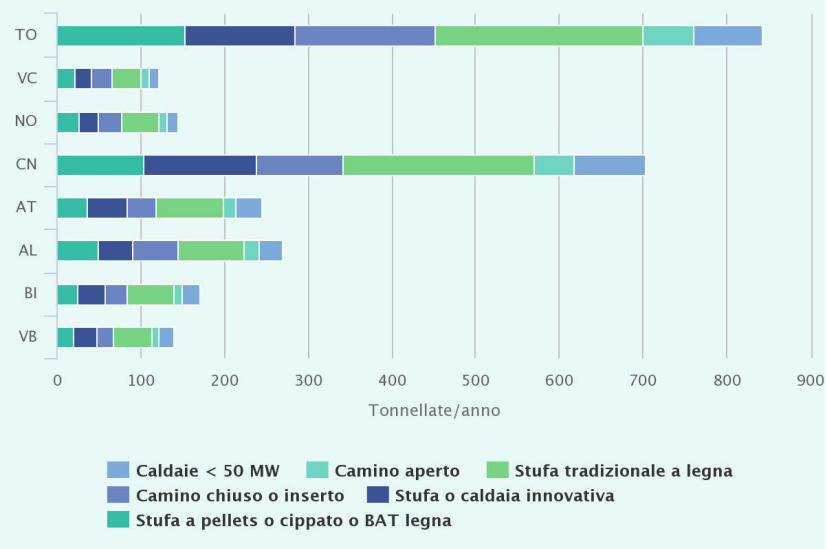


61



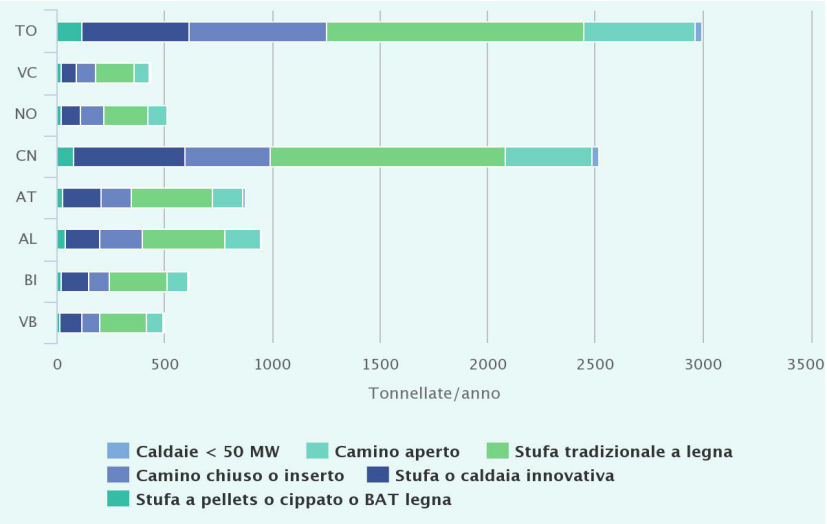
62

no dall'utilizzo di biomassa legnosa sul territorio piemontese, questo non deve generare una lettura scorretta degli impatti ambientali, in quanto è riscontrabile che il fabbisogno energetico nel contesto residenziale sia garantito da un uso prevalente di gas metano e che dunque l'utilizzo di impianti a biomassa rappresenta solo una piccola percentuale. Va, inoltre, specificato che le emissioni dovute alla combustione di biomassa legnosa dipendono oltre che alle tipologie d'impianto installate anche dal loro grado di diffusione sul territorio. Queste ultime due rappresentazioni grafiche ci fanno vedere oltre



63

Figura 63
Emissioni da riscaldamento a legna: NOx, ripartizione provinciale - IREA 2010.
Fonte: http://relazione.ambiente.piemonte.it/2017/it/aria/fattori/energia.



64

Figura 64
Emissioni da riscaldamento a legna: PM10, ripartizione provinciale - IREA 2010.
Fonte: http://relazione.ambiente.piemonte.it/2017/it/aria/fattori/energia.

che al grado di rappresentatività degli impianti a biomassa presenti sul territorio, anche la predominanza di una tipologia impiantistica ovvero la stufa tradizionale a legna. Questo implica una considerazione essenziale, cioè che il maggior quantitativo di emissioni nocive è dato da processi di combustione derivanti da impianti obsoleti e poco efficienti come appunto le stufe tradizionali. Viceversa, questo vuol dire che altre tipologie d'impianto come le caldaie innovative che sono caratterizzate da un minor impatto ambientale, sono comunque in quantità inferiore rispetto a quelle tradizionali.

Se teniamo in considerazione, quindi, le valutazioni fatte attraverso la mappa di zonizzazione del territorio del "Piano regionale di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria" e quelle in merito alle emissioni di sostanze nocive prodotte dalla combustione di biomassa, è possibile stabilire un correlazione fra i due aspetti e definire dei possibili scenari d'azione laddove sia consentita l'installazione e garantito il basso impatto ambientale di impianti a biomassa.

Future campagne d'incentivazione potranno, dunque, tener conto delle considerazioni svolte e operare ulteriori valutazioni ambientali che mettano in luce le risorse rinnovabili presenti sulle diverse aree del territorio regionale e allo stesso tempo ponderare la sostenibilità di un loro possibile utilizzo all'interno dei sistemi di produzione di calore. Dunque, facendo riferimento ai casi analizzati in questo lavoro di tesi, possiamo pensare che alcune di queste residenze localizzate in "zone di mantenimento" dove sono riscontrabili dei livelli medio bassi in termini di emissioni nocive da biomassa, potevano essere dotate di un sistema impiantistico differente da quello scelto.

Il consumo di biomassa legnosa ad uso energetico in ambito residenziale, rappresenta una realtà ampiamente diffusa nelle aree extra-metropolitane regionali. L'analisi dei dati ISTAT e delle indagini territoriali di dettaglio, indicano come attualmente siano presenti sul territorio regionale circa 238.000 abitazioni riscaldate a legna da ar-

dere e 150.000 a pellet, con impianti e apparecchi ad uso esclusivo o ad integrazione di impianti a fonte fossile.

A fronte di un consumo storicamente diffuso di impianti/apparecchi alimentati da legna da ardere, nell'ultimo decennio si è dunque assistito ad una diffusione crescente di impianti alimentati a pellet, in sostituzione a quelli esistenti alimentati sia a legna che con combustibili fossili (gasolio e gas naturale, in particolare), grazie alla possibilità di realizzare impianti ad alimentazione automatica, caratterizzati spesso da un minor costo economico. Tale crescita di consumi si traduce nel contestuale aumento delle emissioni di particolato, portando la biomassa legnosa, insieme al traffico, a rappresentare la maggior fonte emissiva di polveri nelle aree extrametropolitane. Si ritiene pertanto necessario provvedere a una regolamentazione dell'utilizzo delle biomasse tale da non ostacolare il raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria.

Il progresso tecnologico degli apparecchi e la conduzione oculata dell'impianto (che non può prescindere da un adeguamento e da una corretta manutenzione del condotto di evacuazione dei fumi) abbinati a un'informazione mirata sull'utilizzo e la gestione da parte dell'utente finale, possono consentire di ridurre in maniera significativa le emissioni di particolato rispetto agli standard medi del parco impiantistico esistente.

Nell'ambito dell'Accordo di Bacino Padano siglato nel giugno del 2017 sono stati introdotti specifici punti programmatici comuni finalizzati alla limitazione di utilizzo dei vecchi impianti alimentati a biomassa al fine di promuoverne la sostituzione.

In particolare per i generatori di calore a biomassa legnosa in ambito domestico si prevede, in funzione della classificazione prevista dal decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 186/2017, il divieto di installare generatori con una classe di prestazione emissiva inferiore alla classe "3 stelle" e di continuare ad

utilizzare generatori con una classe di prestazione emissiva inferiore a "2 stelle" a partire dal'1 ottobre 2018 e il divieto di installare generatori con una classe di prestazione emissiva inferiore alla classe "4 stelle" e di continuare ad utilizzare generatori con una classe di prestazione emissiva inferiori a "3 stelle" a partire dal'1 ottobre 2019.
E' inoltre previsto l'obbligo di utilizzare, nei generatori di calore a pellet di potenza termica nominale inferiore ai 35 kW, pellet che, oltre a rispettare le condizioni previste dall'Allegato X, Parte II, sezione 4, paragrafo 1, lettera d) alla parte V del decreto legislativo n. 152/2006, sia certificato conforme alla classe A1 della norma UNI EN ISO 17225-2 da parte di un Organismo di certificazione accreditato, prevedendo altresì obblighi di conservazione della documentazione pertinente da parte dell'utilizzatore.
Se da un lato è necessaria una forte azione finalizzata alla sostituzione degli apparecchi esistenti, d'altro canto risulta comunque opportuno regolamentare, nell'ambito della pianificazione energetico-ambientale regionale, l'installazione di nuovi apparecchi e impianti a biomassa, ammettendola solo in presenza di situazioni legate a contesti territoriali e a requisiti in termini di fabbisogno energetico dell'edificio ben definite.

10.3 Implicazioni del costruire con materiali sintetici, quali soluzioni adottare in futuro

Un aspetto molto importante di cui le future costruzioni nZEB dovrebbero tener conto è quello legato alla scelta dei materiali di costruzione, alla tipologia d'involucro da realizzare in grado di rispondere alle esigenze di isolamento, di controllo termo-igrometrico, isolamento acustico, resistenza meccanica ecc., e allo stesso tempo di sostenibilità ambientale.
Questa riflessione scaturisce proprio dall'analisi degli edifici vincitori del bando, in quanto fatta eccezione per due casi la cui struttura

portante è in xlam, la maggior parte di essi è stata realizzata con tradizionali materiali da costruzione; sebbene si siano ricercate le soluzioni più performanti dal punto di vista energetico, non si è dedicata particolare attenzione al carattere di sostenibilità ambientale delle stesse. E' bene specificare che il bando in se per se non richiedeva l'utilizzo di materiali naturali da costruzione ma solo di realizzare involucri dalle elevate caratteristiche di prestazione energetica.

Le future iniziative d'incentivazione, dunque, dovrebbero veicolare le scelte progettuali verso l'applicazione di materiali localmente sostenibili, puntando l'attenzione sull'impatto che ogni componente edilizio ha sull'ambiente. Un edificio sostenibile dev'essere progettato in modo tale da utilizzare materiali che minimizzino i consumi energetici e le implicazioni negative sull'ambiente nel corso del loro processo produttivo. La scelta dei materiali dovrebbe partire da un'adeguata selezione degli stessi in funzione della loro energia immagazzinata, seguendo l'approccio LCA e in base al loro grado di durabilità, adattabilità e riciclabilità.

Ad ogni modo, è necessario operare la scelta delle componenti d'involucro ponendo una particolare attenzione a come i singoli materiali interagiscono con l'intero sistema edificio-impianto e non solo per le caratteristiche di sostenibilità ambientale dettate dalla loro natura fisica, senza per altro trascurare la relazione col contesto climatico e morfologico in cui si va ad agire. Questo ci fa capire che non esistono soluzioni ecosostenibili nel senso più assoluto del termine, bensì soluzioni ecocompatibili, ovvero versatili, modellate sulle specifiche richieste prestazionali dell'edificio ed inserite all'interno di un ambiente ad esse favorevole.

La compatibilità e sostenibilità ambientale di un componente edilizio la si riscontra perciò nella sua capacità di inserirsi in processi produttivi efficienti capaci di garantire bassi livelli di inquinamento, salubrità degli ambienti in cui sono installati ed elevate possibilità di riuso post di-

smissione. Uno specifico interesse, inoltre, va dato non solo alla scelta dei materiali in se ma anche al processo di costruzione e gestione del manufatto edilizio. Questo è indicativo di come in realtà il livello di sostenibilità di un edificio vada ricercato anche nelle fasi che non riguardano l'utilizzo proprio del manufatto edilizio, come ad esempio la fase progettuale e quella costruttiva che sono responsabili della generazione di flussi energetici e soprattutto rappresentano nelle strategie di riduzione dei consumi, un elemento chiave su cui focalizzare i futuri sforzi in termini di sostenibilità e compatibilità ambientale. Questo è possibile attraverso una maggiore responsabilità del progettista che dovrebbe indirizzare le scelte costruttive al fine di minimizzare i costi di produzione e favorire quelle tecnologie che semplifichino le operazioni di assemblaggio/disassemblaggio e manutenzione oltre che ad avere, laddove possibile, un contenuto impatto dal punto di vista economico. Inoltre, se esaminiamo le fasi di costruzione e demolizione ci si rende conto di come queste siano responsabili della produzione di ingenti quantità di rifiuti che influiscono nel bilancio del livello energetico di un edificio, nonché nella misura in cui questo incide sull'ambiente. Per cui una corretta gestione dei rifiuti C&D e dei materiali di riciclo può incrementare il livello di sostenibilità e qualità della vita ed innescare nuovi processi di costruzione basati sull'utilizzo di materiali riciclati; dunque, le autorità locali, regionali o nazionali dovrebbero incentivare strategie di gestione integrata e sistematica dei rifiuti adeguata ai diversi contesti urbani in cui si opera.

La vera sfida del futuro sarà dunque quella di implementare i processi di efficienza energetica relativi alla fase d'utilizzo dell'edificio, con i processi in grado di innescare meccanismi di risparmio energetico nelle fasi di costruzione e demolizione, in modo tale da rendere ogni risorsa utilizzata per la costruzione, un elemento fondamentale all'interno di un ulteriore processo produttivo, così come la natura stessa ci insegna: ciò che da una parte è visto come scarto dall'altra è

invece una risorsa necessaria in un meccanismo di naturale ciclicità. Una visione ciclica dell'intero sistema edilizio permetterebbe di optare per materiali frutto di processi di lavorazione basati sull'impiego di fonti rinnovabili e aprirebbe le porte verso una nuovo approccio alla progettazione volto per lo più ad operare nell'ambito della ristrutturazione o dell'applicazione di risorse riciclabili e basato, perciò, sulla cosiddetta economia circolare. Questo permetterebbe di ottimizzare il rendimento di ciascun elemento costruttivo coinvolto, in modo particolare di quei materiali che consentono di ridurre l'impatto ambientale provocato dalle attività antropiche che caratterizzano il territorio. In tal modo attraverso la visione di un'economia circolare si cerca di aumentare la quantità di risorse prodotte in un una dinamica di ripristino e recupero delle stesse.

Quanto detto è riconducibile al concetto di eco-efficienza e di economia circolare, concetti che per altro si trovano alla base dell'attuazione di ormai conclamate operazioni di riqualificazione energetica, un esempio fra tutti è quello della città di Friburgo, in particolare quanto realizzato per il distretto di Vauban in cui di l'idea di un'architettura solare ed ecologica è diventata realtà. Il caso del distretto tedesco

65

Figura 65
Rappresentazione planimetrica del quartiere di Vauban.
Fonte: https://www.francescofulvi.it/DOCUMENTI/UTILITA'/Quartieri%20Sostenibili.pdf.

vede infatti un attenzione alla scelta dei materiali da costruzione, le abitazioni sono composte da un sistema costruttivo in telai di legno ed elementi di tamponatura anch'essi in legno, caratterizzati da uno spesso strato di isolamento termico rivestito con doghe di legno. La scelta degli infissi è inoltre ricaduta sullo stesso tipo utilizzato negli edifici passivi ($U < 1,0$ W/m^{2}K).

I balconi in metallo sono stati progettati in modo tale da avere un comportamento indipendente rispetto alla struttura portante dell'edificio ed eliminare, quindi, l'eventuale problematica legata alla presenza di ponti termici.

66

67

Figura 66 - 67
Immagini delle abitazioni nZEB realizzate nel quartiere di Vauban.
Fonte: https://www.francescofulvi.it/DOCUMENTI/UTILITA'/Quartieri%20Sostenibili.pdf.

E' evidente che un approccio alla costruzione di questo tipo non è stato contemplato nella redazione del bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero" qui analizzato.

Nessuna delle abitazioni costruite e finanziate dal bando infatti presenta delle tecnologie attente alla compatibilità ambientale, ne tanto meno sono state adottate delle strategie progettuali che abbattessero gli effetti provocati da ponti termici o che sfruttassero la

componente isolante massiva per ottenere migliori risultati in termini di contenimento dei consumi, per i servizi di riscaldamento/raffrescamento. E' proprio in una prospettiva di riduzione dei consumi energetici di un edificio che l'energia primaria insita nei materiali da costruzione acquisisce particolare significato. Se facciamo riferimento agli edifici passivi ad esempio, possiamo vedere che la maggiore incidenza sul ciclo vita è data proprio da questi. Per cui ciò che potrebbe essere funzionale in futuro, sarebbe adottare materiali prodotti consumando poca energia, ad esempio materiali come il legno di cui ne vediamo l'applicazione nelle abitazioni del distretto di Vauban, o ancora il gasbeton o l'utilizzo di terra cruda.

Ad accreditare quanto appena detto possiamo far riferimento al calcolo in termini di energia primaria per le strutture in legno; "*la costruzione in legno richiede solo la metà dell'energia primaria di una costruzione in laterizio e cemento armato. L'energia necessaria per lo scavo e i trasporti dei materiali a breve percorrenza è normalmente poca e non incide molto sul bilancio energetico, ma il trasporto a lunga percorrenza può essere invece molto rilevante, come, per esempio, il trasporto di elementi prefabbricati in cemento armato a una percorrenza di 500 km o quello di una casa prefabbricata di legno proveniente da un paese scandinavo (2000km)*" [10].

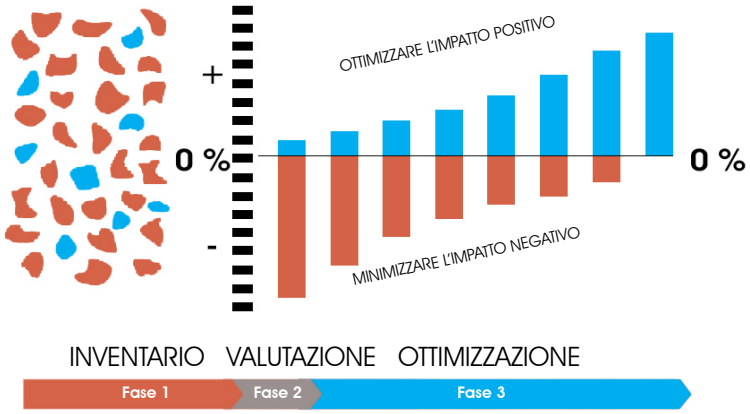
Indirizzare la progettazione all'uso di queste risorse naturali, dunque, delineerebbe delle prospettive realistiche di costruire a impatto zero. A queste azioni corrisponderebbe una riduzione del consumo di risorse e della domanda d'energia, di emissioni e di produzione di rifiuti con evidenti conseguenze sull'ambiente.

L'eco-efficienza si configura senz'altro come un principio apprezzabile da applicarsi nell'ambito delle strategie di sostenibilità.

In definitiva, i principi di eco-efficienza vanno a migliorare per quanto possibile i processi, minimizzando gli impatti negativi sull'ecosistema. Per cui se il vero intento è quello di perseguire risultati in termini di

[10] https://www.francescofulvi.it/DOCUMENTI/UTILITA'/Quartieri%20Sostenibili.pdf.

risparmio energetico allora andrebbero rivalutate le attuali strategie, scegliendo pratiche di produzione che contemplano l'aspetto di sostenibilità già nelle prime fasi del ciclo produttivo; ne sono un esempio i prodotti riciclati frutto di processi di "up-cycling", ovvero prodotti che a differenza di quelli prima citati non perdono le loro capacità prestazionali nel corso delle varie operazioni di riconversione.



68

Figura 68
Rappresentazione dell' "Up-cycling chart".
Rielaborazione personale.

Nello specifico, nel campo dell'edilizia questo approccio alla progettazione, nonché un approccio di eco-efficacia, garantirebbe il recupero delle materie prime senza rinunciare alla qualità, attraverso un processo di "gestione integrale della catena di produzione".
Sulla base degli studi condotti da McDonough e Braungart ed illustrati all'interno del loro libro "Dalla culla alla culla" si può ricondurre l'applicabilità dei principi di eco-efficacia nell'ambito industriale ma anche in quello della progettazione edilizia:

> *"Ogni elemento, così come accade in natura, si inserisce all'interno di un sistema di nutrienti e metabolismi generando flussi di*

materiali che è possibile distinguere in massa biologica e massa tecnica, che nel gergo tipico di questo approccio si configurano come nutrienti biologici e nutrienti tecnici.
I primi sono utili per il mantenimento degli equilibri dell'ecosistema e i secondi per il funzionamento dei processi industriali" [11].

[11] McDonough e Braungart, Dalla culla alla culla. Come conciliare tutela dell'ambiente, equità sociale e sviluppo, Boca (NO), Blu Edizioni srl, 2013.

CICLO BIOLOGICO
per la realizzazione di prodotti di consumo

CICLO TECNICO
per la produzione di servizi

69

Figura 69 Rappresentazione del *ciclo biologico* e del *ciclo tecnico*. *Rielaborazione personale.*

Approcciarsi alla progettazione edilizia seguendo i principi di eco-efficacia precedentemente esposti, vuol dire tentare di ridurre gli impatti negativi sull'ambiente nel corso delle operazioni di costruzione e utilizzo di un manufatto edilizio; non importa tanto l'entità dell'intervento sostenibile quanto la natura con cui questo viene realizzato al fine di incrementare l'impronta positiva finale.
Quello che si andrebbe a proporre nell'ambito delle strategie di pianificazione edilizia ed energetica, è un cambio di tendenza per quanto riguarda i processi costruttivi. Al vertice di questa filosofia della progettazione urbana vi è il principio di rigenerabilità dei materiali e del sistema edilizio nel suo complesso.

Ora, dovessimo immaginare un organismo che richiede continuamente energia o combustibili fossili per poter essere alimentato, che ha bisogno di acqua proveniente da una fonte distante e che produce un notevole quantitativo di rifiuti da convogliare in discarica; ci renderemmo ben presto conto che tutto questo somiglia tanto alla nostra realtà, quella fatta di edifici energivori, che per poter esistere hanno bisogno di enormi quantità di energia, il tutto a scapito dell'ambiente.

Dunque, perché non pensare a come invertire questa situazione?

E' possibile immaginare una casa che come un albero è in grado di generare l'energia necessaria dal sole, allo stesso tempo svolgere la sua funzione più tradizionale di ricovero, incoraggiare la biodiversità e limitare se non addirittura eliminare gli sprechi. E' ovvio che introdurre una dinamica costruttiva di questo tipo può apparire difficile, soprattutto perché osteggiata dalle attuali problematiche di mercato o meglio di costo che tendono a privilegiare costruzioni veloci a prezzi più bassi capaci di massimizzare i profitti sebbene implicando elevati costi di tipo ambientale.

Esistono per altro diverse realtà a scala nazionale che stanno mettendo in atto i principi di compatibilità ambientale puntando all'utilizzo di materiali ecosostenibili e/o riciclabili. Nello specifico viene adottato un nuovo approccio alla costruzione, la cui applicazione è prescritta in maniera più che altro facoltativa, all'interno degli allegati energetico-ambientali al regolamento edilizio di diversi comuni italiani.

La città di Saronno, ad esempio, ha inserito nel suo allegato energetico le caratteristiche minime che gli edifici pubblici o privati devono avere per eliminare o ridurre il loro impatto sull'ambiente e sulla salute umana. Queste si applicano alle nuove costruzioni e alle ristrutturazioni nel rispetto degli eventuali limiti imposti dall'esistenza di vincoli storici, ambientali e paesaggistici. Vengono definiti, inoltre, i contenuti progettuali e/o prestazionali che possono essere oggetto di incenti-

vazione, fra cui proprio l'utilizzo di materiali ecosostenibi:

- " [12] *Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di materiali e finiture naturali o riciclabili, che richiedano un basso consumo di energia e un contenuto impatto ambientale nel loro intero ciclo di vita.*
- *Qualora utilizzati, l'impiego di materiali ecosostenibili deve comunque garantire il rispetto delle normative riguardanti il risparmio energetico e la qualità acustica degli edifici.*
- *Tutte le caratteristiche fisico–tecniche-prestazionali dei materiali impiegati nella costruzione dovranno essere certificati da parte di Istituti riconosciuti dall'Unione europea o presentare la marcatura CE. Qualora la marcatura CE non assicuri la rispondenza a requisiti energetici, o addirittura un materiale fosse sprovvisto del marchio CE, deve essere indicato lo specifico ETA (European Technical Approval) rilasciato da un organismo appartenente all'EOTA (European Organisation for Technical Approval). Nel caso in cui il materiale fosse sprovvisto anche dello specifico ETA, i requisiti energetici riportati devono essere coerenti con quelli riportati nella normativa tecnica nazionale vigente.*
- *I documenti previsti nel comma 3 del presente articolo, dovranno fare parte della relazione di calcolo attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici, redatta secondo lo schema definito dalla legislazione nazionale e regionale in vigore, nelle forme (cartacea e digitale) previste dai Regolamenti Tecnici emessi dal Comune e dalla normativa regionale. Per componenti da costruzione in legno si consiglia di utilizzare solo materiali e prodotti certificati secondo i principi e i criteri indicati dal Forest Stewardship Council's (FSC).*
- *I materiali devono soddisfare le seguenti caratteristiche:*

[12] Allegato energetico ambientale al regolamento edilizio, Città di Saronno - Provincia di Varese, Settore Ambiente, territorio e opere pubbliche, servizio edilizia privata, Marzo 2015.

Ecologicità

• devono essere prodotti con materie prime abbondanti e rinnovabili;

• devono avere processi di trasformazione e trasporto a ridotto impatto ambientale e consumo energetico e che non comportano condizioni di lavoro dannose per la salute.

Riciclabilità

• i materiali di base devono essere riciclabili (preassemblaggio) al fine di favorire la limitazione delle quantità di rifiuti edilizi, specie se indifferenziati;

• i prodotti finiti devono poter essere anche parzialmente riutilizzati in caso di demolizione e ristrutturazione.

Igienicità e sicurezza a tutela della salute

• non devono favorire lo sviluppo delle muffe, batteri o microrganismi;

• non devono produrre emissioni nocive durante produzione, posa e rimozione;

• non è consentito l'utilizzo di materiali contenenti fibre di amianto.

Sicurezza in caso di incendio

• non devono produrre gas velenosi;

• se destinati ad uso strutturale devono conservare le caratteristiche di resistenza meccanica per un tempo sufficiente secondo normativa.

Traspirabilità e permeabilità al vapore

• devono evitare concentrazioni dannose di gas, umidità e sostanze nocive in sospensione negli ambienti domestici;

• vanno impiegati materiali altamente traspiranti, quando non specificamente destinati a impermeabilizzazione.

Durabilità

• devono conservare le proprie caratteristiche fisiche e prestazionali;

• devono essere facilmente adattabili a ristrutturazioni " [13].

[13] Allegato energetico ambientale al regolamento edilizio, Città di Saronno - Provincia di Varese, Settore Ambiente, territorio e opere pubbliche, servizio edilizia privata, Marzo 2015.

Oltre alle prescrizioni in merito all'impiego di materiali ecosostenibili, prima citate, l'allegato energetico della città di Saronno favorisce le modalità costruttive che vedono l'utilizzo di materiali riciclabili, scelta che viene contemplata positivamente nella diffusione delle operazioni di incentivazione locale; nello specifico i materiali riciclabili devono seguire le seguenti prescrizioni:

- *" Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di materiali con contenuto di riciclato, riducendo in tal modo gli impatti derivanti dall'estrazione e dalla lavorazione di materiali vergini.*
- *Qualora installati, i materiali dovranno avere un contenuto di riciclato in misura di almeno il 10% sul costo del valore totale dei materiali utilizzati nel progetto. Componenti meccaniche, elettriche, idrauliche e speciali articoli quali ascensori, impianti e arredi sono esclusi da questo calcolo. Si considerino solo i materiali permanentemente installati nell'edificio.*
- *La percentuale del contenuto di riciclato nei materiali assemblati, deve essere determinata in base al peso e non deve essere inferiore al 40% "* [14].

[14] Allegato energetico ambientale al regolamento edilizio, Città di Saronno - Provincia di Varese, Settore Ambiente, territorio e opere pubbliche, servizio edilizia privata, Marzo 2015.

In ultima analisi, viene promosso l'utilizzo di materiali reperibili localmente, a promozione dei meccanismi di economia circolare e a vantaggio dei trasporti a corta distanza. I materiali locali devono, dunque, essere installati secondo precise disposizioni:

- *" Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di materiali e prodotti da costruzione estratti e lavorati a distanza limitata, sostenendo in tal modo l'uso di risorse locali e riducendo gli impatti sull'ambiente derivanti dal trasporto.*
  Qualora installati, è obbligatorio utilizzare materiali e prodotti da costruzione che siano stati estratti, raccolti o recuperati, nonché

lavorati, entro un raggio di 200 km dal sito di costruzione per un minimo del 10% del valore totale dei materiali acquistati. Componenti meccaniche, elettriche, idrauliche e speciali articoli quali ascensori, impianti e arredi sono esclusi da questo calcolo. Si considerino solo i materiali permanentemente installati nell'edificio " [15].

[15] Allegato energetico ambientale al regolamento edilizio, Città di Saronno - Provincia di Varese, Settore Ambiente, territorio e opere pubbliche, servizio edilizia privata, Marzo 2015.

Il caso della cittadina lombarda, prima esposto, non è l'unico; esistono infatti altre realtà nazionali che stanno via via implementando nei loro piani energetici gli aspetti legati alla sostenibilità degli elementi costruttivi da impiegare nel settore edile.
Un valido esempio è rappresentato dalla stesura delle linee guida sulla produzione e l'uso razionale dell'energia, per la redazione di un regolamento edilizio tipo a livello provinciale, sviluppato dalla provincia autonoma di Trento.
La proposta che viene indirizzata alle amministrazioni comunali è di far proprie le disposizione presentate all'interno di questo documento ed inserirle nei regolamenti edilizi per rendere più sostenibile l'edilizia in termini di efficienza energetica ed integrazione delle fonti rinnovabili, di risparmio idrico. Nei Comuni dove questa strada è già stata intrapresa è cresciuta non solo la consapevolezza di come queste innovazioni migliorino la qualità del costruire, ma anche quanto queste nuove tecniche permettano di accrescere competenze, di creare lavoro, oltre a realizzare edifici sostenibili con un costo che incide pochissimo sul prezzo di vendita finale.
In particolare nell'allegato III vengono evidenziate le tipologie costruttive a sostegno delle costruzioni sostenibili, in particolare attraverso l'uso di materiali ecosostenibili, nei seguenti termini:

- *" Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di finiture e materiali naturali, atossici, asettici, durevoli, facilmente ma-*

nutenibili, eco-compatibili e riciclabili, che richiedano un basso consumo di energia e un contenuto impatto ambientale nel loro intero ciclo di vita. L'impiego di materiali ecosostenibili deve comunque garantire il rispetto delle normative riguardanti il risparmio energetico e la qualità acustica degli edifici. Nel caso in cui il progetto di urbanizzazione preveda la realizzazione di rilevati o riempimenti devono essere impiegati materiali e componenti derivanti da attività di riciclaggio per almeno il 50% del volume complessivo movimentato " [16].

[16] Allegato energetico ambientale al regolamento edilizio, Città di Saronno - Provincia di Varese, Settore Ambiente, territorio e opere pubbliche, servizio edilizia privata, Marzo 2015.

Un'altra strategia nell'ambito della pianificazione energetica viene condotta dalla regione Toscana, che introduce un aspetto molto interessante all'interno delle operazioni di riqualificazione energetica sul territorio, ovvero la componente valutativa.

Le "Linee guida per la valutazione della qualità energetica ed ambientale degli edifici in Toscana" vedono l'inclusione di strumenti di valutazione negli interventi di efficientamento energetico nel settore residenziale, in modo particolare attraverso l'utilizzo di protocolli ormai piuttosto funzionali e attivi a scala nazionale, come il protocollo *Itaca*, ma anche a scala internazionale, come la certificazione *GBC*. Tali analisi includono più aree di valutazione: "*Qualità Ambientale esterna, Risparmio di risorse, Carichi ambientali, Qualità ambiente interno, Qualità del servizio, Qualità della gestione, Trasporti*" [17].

[17] Linee guida per la valutazione della qualità energetica ed ambientale degli edifici in Toscana, Allegato DGR 218/2006.

In particolare nella categoria "Risparmio di risorse" viene promosso l'utilizzo di materiali di recupero e/o riciclabili, la cui verifica è rivolta ad accertare se, in un intorno significativo, esistono delle risorse (siano esse energetiche, di materie prime o di Materie Prime Secondarie – MPS –derivanti cioè da processi di lavorazione) o materiali di rifiuto, che possono essere utilizzati, efficacemente e con profitto nell'opera che si intende realizzare.

Inoltre, particolare attenzione al momento della valutazione è data alle reazioni di ossidazione dei materiali, che in questa fase producono inquinanti, e dunque le loro prestazioni sono valutate anche in funzione delle emissioni riscontrabili.
Infine, vengono proposte alcune strategie di riferimento per la riduzione dei consumi energetici degli edifici, attraverso l'adozione di materiali con elevate prestazioni d'isolamento termico, caratteristiche che vengono opportunamente valutate e inserite in una scala di prestazione a cui sono riferiti dei punteggi da assegnare.
In seguito alla sperimentazione portata avanti dalla regione Toscana ed anche da altre regioni interessate alla tematica della ecosostenibilità, si provvederà a "registrare" le schede di valutazione utilizzate ed eventualmente a redigere una stesura definitiva degli indirizzi da seguire al fine di ottimizzare le operazioni di efficientamento energetico degli edifici. Le linee guida suddette sono finalizzate a diventare il sistema di misura oggettivo con cui misurare l'eco-efficienza di una costruzione edile e potranno inoltre essere finalizzate a diventare uno strumento per la assegnazione di incentivi già previsti in alcuni atti regionali relativi all'edilizia residenziale pubblica, e per quelli che verranno definiti successivamente con atti regionali o di altri Enti Locali.

10.4 La transizione energetica: confronto fra edifici isoalti ed edifci condominiali

Lo studio effettuato sul bando regionale per la costruzione di edifici ad energia quasi zero è la prova di come esistano diverse iniziative d'incentivazione delle pratiche di efficienza energetica sul territorio nazionale. Tali pratiche sono state condotte finora con il preciso scopo di raggiungere gli obiettivi preposti a livello internazionale in termini di riduzione delle emissioni inquinanti e di incremento dell'utilizzo delle risorse rinnovabili. A fronte di come queste esperienze siano state sviluppate ne derivano delle evidenti constatazioni; non possiamo

infatti pensare di continuare a perseguire dei risultati in quest'ambito se non si incomincia ad ampliare il raggio d'azione delle stesse iniziative. Prendendo come riferimento lo studio sulle 17 abitazioni costruite per essere degli nZEB, ci rendiamo immediatamente conto di come, al momento della loro realizzazione, questi si siano effettivamente attestati come degli interventi innovativi nel settore edilizio e ancor più in materia di efficientamento energetico. Ciò che però dobbiamo considerare è che ormai quelle che in passato hanno rappresentato il raggiungimento di importanti obiettivi di sostenibilità, oggi sono la norma comune ed esse possono solo aiutarci a capire come affrontare le future sfide nel settore edilizio e quali, rispetto alle esperienze pregresse, possono essere le strategie da attuare a scala territoriale. Perché se vogliamo realmente ottenere un cambiamento è alla scala territoriale che bisogna mirare e proprio all'interno delle dinamiche del territorio che vanno ricercate le pratiche da mettere in atto.

Una rapida lettura del panorama costruito nazionale ci restituisce una realtà composta per oltre il 70% di abitazioni che sono state realizzate senza tener conto della componente energetica, in quanto per la maggior parte risalenti a prima dell'introduzione di specifiche prescrizioni in termini di efficienza energetica in edilizia. Il problema è che finora si sono fatti grandi passi nell'applicazione di varie tecnologie volte ad ottenere ottimi livelli di efficienza energetica, ma lo si è fatto concentrando gli sforzi su edifici isolati, villette come quelle analizzate in questa tesi per l'appunto, che nel contesto urbanizzato rappresentano una percentuale decisamente bassa rispetto al totale degli edifici residenziali in Italia.

Questo ci fa capire che il vero potenziale in termini d'energia risiede negli edifici che caratterizzano le nostre città; sono i condomini, ovvero la principale componente del nostro patrimonio edilizio che rappresenta la vera sfida energetica del futuro.

Come ben sappiamo è in essi che si può rintracciare il più grande

consumo energetico e perciò anche il più grande potenziale di sviluppo delle pratiche di risparmio. Si tratta perciò di mettere sul tavolo delle strategie di pianificazione energetica le proposte e gli incentivi legati al miglioramento delle prestazioni energetiche dei condomini. Sebbene sia difficile stabilire quale sia la mossa vincente capace di restituirci dei risultati positivi è possibile provare ad intercettare le variabili su cui agire. Trattandosi di interventi di riqualificazione energetica e non di nuova costruzione potrebbe essere interessante muoversi nell'ambito della gestione propria di questi edifici.

In tal senso si potrebbero formulare delle modalità contrattuali che vedono in collaborazione più attori, in particolare la figura dell'amministratore condominiale col ruolo di rappresentare e mediare per conto dei condomini ed un soggetto terzo a cui possano essere delegate le operazioni di gestione e manutenzione degli impianti installati. L'introduzione di questa nuova figura sarebbe molto importante perché responsabile degli interventi di gestione capaci di ridurre i consumi energetici; riduzione calibrata in base alla stima della media dei consumi effettuati in un arco di tempo sufficiente ben definito. Il ruolo dell'impresa di gestione consisterebbe nell'attuazione di pratiche di monitoraggio o nell'adozione di sistemi di distribuzione e regolazione del calore più efficienti, tutte operazioni necessarie per rispettare la soglia massima dei consumi stabilita in partenza.

L'amministratore dal suo canto è tenuto a pagare la fornitura energetica ad un prezzo che è quello stabilito in relazione alla soglia massima dei consumi, nonostante ci si aspetti una riduzione di questi ultimi attraverso un'adeguata gestione impiantistica. Questo è giustificato da un reimpiego delle risorse finanziarie in ulteriori operazioni per incrementare l'efficienza energetica da parte del responsabile alla gestione degli impianti condominiali. A supporto di strategie come quella sopra indicata, in Italia vi sono stati diversi sviluppi; l'Ecobonus ad esempio è stato esteso del 65% proprio in funzione di interventi

di miglioramento delle prestazioni energetiche dei condomini. Per di più sono stati stanziati dei fondi che consentono alle imprese di gestione di ricevere preventivamente dei compensi e in questo modo l'aspettativa è quella che questi meccanismi di efficientamento possano pian piano svilupparsi e diventare pratica comune all'interno delle strategie di transizione energetica a scala urbana.

10.5 Applicazione di metodologie di analisi preliminare del territorio nell'ambito delle strategie d'incentivazione energetica

Nel settore energetico sono coinvolti diversi fattori: la componente naturale, tecnologica, economica, legislativa, sociale e culturale e non meno importanti le dinamiche d'interazione fra popolazione e territorio. Ciò che i futuri strumenti di pianificazione energetica dovrebbero implementare al fine di promuovere e incentivare lo sviluppo sostenibile, sono prospettive di tipo sociotecnico e socio-ecologico. Nello specifico, si tratta di andare a rintracciare e conseguentemente sostenere le modalità più proficue di interazione fra la dimensione sociale, territoriale e quella tecnologica a disposizione. Allo stesso tempo tali interazioni si andrebbero ad inserire all'interno di un sistema che è l'ambiente urbanizzato in cui spazio e società si relazionano costantemente.

Queste condizioni sono facilmente riconducibili a quelli che sono i sistemi energetici e alla loro diffusione ed integrazione sul territorio, in quanto capaci di coinvolgere tecnologie ed infrastrutture, oltre che alla dimensione tipicamente geo-politica e culturale. L'adozione a livello pianificatorio di un sistema sociotecnico è una possibile strategia con la quale le diverse variabili territoriali prima citate collaborano insieme al fine di attuare un processo di transazione energetica.

Attraverso la definizione di un sistema così caratterizzato sarebbe possibile andare a suddividere il territorio sulla base di quelle sono

le esigenze e le risorse presenti, favorendo l'utilizzo dell'energia rinnovabile ed attuando in tal modo anche l'approccio socioecologico. Questa metodologia troverebbe il suo miglior sviluppo alla scala locale, meglio ancora alla scala comunale, prediligendo processi di collaborazione fra le amministrazioni locali più affini fra loro, allo scopo di veicolare la pianificazione energetica.

Meccanismi collaborativi come questi possono vedere la compartecipazione di enti locali o traslocali (nel caso di prossimità fra comuni) ma anche di enti regionali.

La capacità pianificatoria fra diverse realtà comunali può rappresentare un potenziale fattore di attrazione delle politiche d'incentivazione regionale che hanno lo scopo di raggiungere promettenti risultati di efficienza energetica sul territorio.

Appare importante perciò riuscire, laddove le condizioni lo consentano, a raggruppare più enti locali, ovvero più comuni con i medesimi obiettivi di sostenibilità ma anche con le stesse caratteristiche socio-economiche e spaziali. Quest'operazione sarebbe facilitata dall'utilizzo di specifiche analisi in grado attraverso particolari procedure logaritmiche di calcolare il livello di omogeneità fra territori a confronto; si tratta ad esempio di analisi cluster che ci restituiscono delle informazioni con un alto livello di affidabilità. Dunque, introdurre

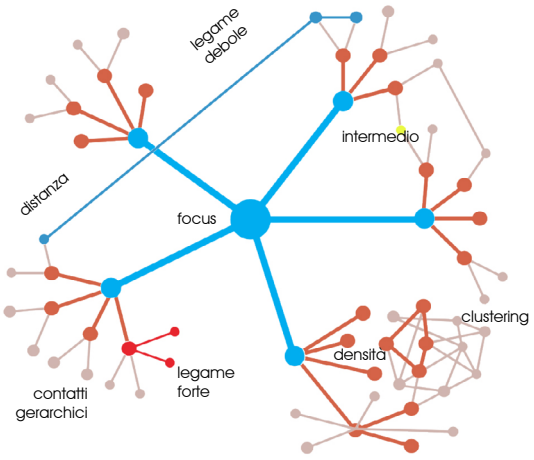


Figura 70
Rappresentazione grafica di un tipo di *cluster analysis*. *Rielaborazione personale.*

nell'approccio alla pianificazione energetica, dinamiche di cooperazione fra enti locali con componenti di affinità, accrescerebbe la coesione territoriale incidendo anche sui meccanismi di coordinazione tra territori. Come prima accennato, attraverso l'uso di analisi sofisticate di tipo cluster, è possibile andare a classificare per gruppi i comuni fra loro simili al fine di perseguire gli obiettivi di collaborazione traslocale. In questo tipo di analisi sono coinvolte le dinamiche fra abitanti e progetti di efficienza energetica che permetterebbero di veicolare le scelte relative alla pianificazione in una prospettiva di coesione territoriale. Quest'ultima fa riferimento in primo luogo all'aspetto economico ma anche ad aspetti sociali e di sostenibilità ambientale.

10.6 La valutazione delle dimensioni socio-demografica, socio-economica e culturale, della qualità della vita

Le caratteristiche di un territorio da tenere in grande considerazione nell'attuazione di politiche di transizione energetica si possono identificare andando ad indagarne i fattori socio-demografici, economici e la qualità della vita oltre che le risorse locali a cui le persone fanno affidamento e che sono alla base dell'economia di un territorio. Sono tutti fattori che influenzano la forma urbana e che in un eventuale transizione energetica acquisiscono maggior peso in quanto elementi che condizionano le politiche energetiche da mettere in atto. Inoltre, questo ci fa capire come la componente sociale, quindi la popolazione stessa e i vari attori che compongono le comunità locali sono un elemento essenziale nella questione energetica in quanto in grado di supportare la pianificazione ed inserirsi attivamente e su diverse scale all'interno delle dinamiche di sviluppo sostenibile come veri e propri "prosumer" del territorio.
Attuare politiche che coinvolgono la popolazione è una scelta vin-

cente che ha già trovato larga condivisione all'estero, basti pensare ad uno dei più famosi casi di riqualificazione del territorio in chiave sostenibile quale è la città di Friburgo con il distretto di Vauban, o ancora il distretto di Dietenbach, che hanno fondato la loro strategia pianificatoria proprio su l'alto coinvolgimento degli abitanti nelle scelte progettuali di efficienza energetica.
E' in questa chiave che i progetti energetici futuri troveranno il loro sviluppo, ovvero attraverso il sostegno e la compartecipazione dei cittadini che sono in grado di plasmare i piani locali sulla base delle loro esigenze, caratteristiche demografiche e culturali. La popolazione è dunque espressività del potenziale di una transizione energetica ed è in grado di veicolare le scelte in una prospettiva di sviluppo inclusivo, equo ed equilibrato.

10.7 La dimensione geografica e infrastrutturale

Un altro punto cardine delle future strategie energetiche è quello di identificare il potenziale di un territorio dal punto di vista della sua morfologia e dunque anche dal quantitativo di risorse naturali a disposizione del processo energetico. Ovviamente anche questo punto di vista strettamente legato alla natura fisica del territorio si inserisce nelle politiche di coesione urbana, per la quale aree urbane, suburbane e rurali dalle ovvie caratteristiche morfologiche diverse e dal potenziale energetico differente innescano fra loro rapporti di potere dettati dalla diversa densità di abitanti, dalla copertura urbana e da quella agricola o forestale, dalle tipologie di connessione quali autostrade, strade, ferrovie e dalla presenza di riserve e parchi naturali. La relazione fra popolazione e uso del territorio è infatti fondamentale per capire come indirizzare la futura gestione del suolo in termini di efficienza energetica. Il potenziale energetico di un territorio va op-

portunamente gestito e preservato secondo quelle che sono le vocazioni di una data località. Così come è necessario valutare in che modo le modalità di connessione sul territorio o i casi di isolamento possono condizionare l'approvvigionamento di energia; questo consentirebbe di valutare dove sistemi di distribuzione energetica come il teleriscaldamento possono essere integrati in maniera intelligente.
La particolare vocazione di un territorio può contribuire a definire il potenziale di energia basato principalmente sulle risorse locali, sull'energia prodotta da rifiuti urbani o agricolo o forestali. Decidere di intraprendere una collaborazione fra singoli proprietari ed enti amministrativi incentiverebbe i primi a voler utilizzare le proprie risorse per produrre servizi a disposizione della comunità. Essere consapevoli dell'esistenza di diverse risorse naturali o di diverse tecniche di approvvigionamento energetico ci permette di riconoscere quali fra queste sono quelle più efficienti da utilizzare nei processi decisionali e pianificatori.

10.8 Applicazione di strumenti di certificazione della sostenibilità a scala urbana: GBC Quartieri

Il processo di transizione energetica porta con se tutta una serie di operazioni di riqualificazione del territorio che di conseguenza mettono in luce l'esigenza di rivalutare il territorio attraverso l'individuazione di nuove funzionalità, forme architettoniche ed urbane.
GBC Quartieri è un protocollo sviluppato dal Green Building Coucil Italia che può effettivamente guidare la pianificazione, intercettando quelli che sono i requisiti da analizzare e verificare, al fine di ottenere risultati nell'ambito dell'efficienza energetica.
Questo protocollo può essere dunque un valido strumento per gli enti locali che investono nelle operazioni di incentivazione energetica e allo stesso tempo si rende disponibile anche all'utilizzo del comune cittadino; quest'ultimo, infatti, adoperando uno strumento di certifi-

cazione come questo è in grado di prendere coscienza di quelle che sono le soluzioni di riqualificazione a sua disposizione.
L'efficacia di questo strumento sta nella sua capacità di valorizzare la scelta del sito, la preservazione delle risorse naturali locali, l'integrazione dei processi di progettazione/costruzione/gestione con il fine ultimo di creare spazi costruiti che siano salubri e sostenibili ovvero di creare vere e proprie comunità a basso consumo energetico dotate di fitte relazioni basate sulla coesione territoriale e la complementarietà con la preesistenza.
I principali campi di sviluppo e applicazione del protocollo GBC Quartieri sono:

"Localizzazione e Collegamenti del Sito":

particolare attenzione è data alla scelta adeguata del sito, in quanto una corretta localizzazione può influire largamente sui benefici ambientali e sui livelli di salubrità riscontrabili. Ragion per cui acquisiscono maggior rilievo le aree che presentano una forte antropizzazione e allo stesso tempo collegate a diversi servizi a favore della mobilità sostenibile.

"Organizzazione e Programmazione del Quartiere":

assume importanza il livello d'efficienza delle infrastrutture e di compattezza urbana, l'eterogeneità dei servizi e delle dotazioni.

"Infrastrutture ed Edifici Sostenibili":

vengono analizzate le prestazioni degli edifici oltre che dal punto di vista dei consumi anche in funzione delle fasi produzione dei materiali costruttivi e loro possibilità di riciclo, gestione delle acque e dei sistemi di approvvigionamento energetico.

"L'obiettivo di GBC Italia è di fornire uno strumento – operabile e per questo perfettibile – per trasformare una visione in requisiti attuabili" [18].

[18] http://www.gbcitalia.org/web/guest/quartieri

- STRUTTURA DEL PROTOCOLLO

GBC Quartieri ha la medesima struttura degli altri protocolli delle famiglie GBC e LEED, suddivisi in "prerequisiti" i quali sono obbligatori ma non danno punteggio e in "crediti " che identificano le prestazioni a cui fa riferimento un determinato punteggio.
Il protocollo si articola in 5 categorie:

"Localizzazione e collegamenti del sito":
questa categoria si focalizza sulla scelta delle aree d'intervento al fine di ridurre l'impatto ambientale. Uno sviluppo disomogeneo delle aree urbanizzate porta con se spesso problematiche di dispersione insediativa sul territorio. Questo implica un aumento delle emissioni inquinanti e la distruzione degli ambienti naturali. Dunque, scegliere correttamente dove localizzare il sito d'intervento è sicuramente un primo passo nella giusta direzione per l'ambiente e la salute dell'uomo. Inoltre, laddove si operi in contesti già antropizzati viene scoraggiata la mobilità veicolare a favore dei trasporti pubblici e della mobilità sostenibile.

"Organizzazione e Programmazione del Quartiere":
In questa categoria viene valutato il livello di efficienza in relazione alle infrastrutture presenti e alla compattezza urbana. I crediti vengono assegnati in funzione della "mixtè" urbana incoraggiando quella che include servizi e spazi pubblici interconnessi fra loro da perocrsi ciclabili e pedonali.

"Infrastrutture ed edifici sostenibili":
L'obiettivo preposto all'interno di questa categoria è la riduzione dell'impatto ambientale dovuto ai processi di costruzione e manutenzione degli edifici e delle infrastrutture. La sostenibilità di un

intervento è perciò dettata da una corretta gestione delle fasi costruttive e manutentive, in cui sono incluse la gestione delle acque, l'uso e lo smaltimento dei materiali e l'efficienza energetica dell'edificio.

Per tutte le categorie è richiesto il raggiungimento del "Requisito Minimo di Programma" e devono essere contemporaneamente soddisfatti tutti i prerequisiti prima elencati, anch'essi con punteggio minimo previsto.
Sulla base del totale di crediti acquisiti, viene assegnato il livello di certificazione dell'Area GBC Quartieri.

71

Figura 71
Indicazione dei livelli di certificazione Leed.
Fonte: http://www.gbcitalia.org/leed.

La possibilità che viene offerta da GBC Italia attraverso lo sviluppo del protocollo GBC Quartieri e quella di poter confrontare i vari parametri al fine di intercettare le componenti di sostenibilità da incentivare sul territorio. Inoltre, questo protocollo si attesta come strumento utile per gli Enti Pubblici che rappresentano gli "steckholders" sul territorio, per orientare le scelte in termini di gestione e governace per uno sviluppo sostenibile dei contesti antropizzati, di quelli in via di riqualificazione e rigenerazione delle aree di maggior degrado. La figura dell'Ente Pubblico ha infatti un ruolo fondamentale nell'amministrazione delle strategie territoriale e dunque anche nell'applicazione di protocolli di certificazione come quello proposto da GBC Italia. E' suo compito quello di regolare la gestione del territorio attraverso lo sviluppo di

Piano Territoriali, Piani Regolatori generali e Regolamenti Edilizi.
Inoltre, questo riveste il ruolo di Policy Maker in quanto responsabile della distribuzione degli incentivi e degli interventi volti alla sostenibilità a scala territoriale e della stipulazione di bandi e gare d'appalto strutturate con la prerogativa di promuovere l'efficienza energetica.
Se incominciassimo ad attuare il cambiamento delle politiche energetiche e in generale delle politiche territoriali, allora potremmo sperare nell'attuazione di quelle pratiche produttive e costruttive per ciò che concerne lo specifico settore edilizio, determinanti per la riduzione delle problematiche ambientali.
In questa prospettiva, le nostre case sarebbero in grado di mantenere un più elevato livello di autosufficienza, si inserirebbero nel contesto territoriale in maniera più naturale e sicuramente più sostenibile perché frutto di una ricerca dei processi produttivi e l'applicazione di tecniche costruttive dal basso impatto ambientale. Le nostre case si inserirebbero non solo in una strategia complessiva di rigenerazione territoriale, ma anche all'interno di una vera e propria trasformazione delle città in "ecosistemi urbani autosufficienti".

10.9 Considerazioni finali

La sfida posta dalla necessità di raggiungere ottimi livelli di efficienza energetica in funzione della ormai conclamata questione climatica, pone le autorità locali, gli strumenti e le strategie di pianificazione a ripensare le modalità d'attuazione sul territorio e a riformulare gli strumenti d'intervento al fine di contrastare il consumo di energia e le relative emissioni nocive.
In questa prospettiva, nell'ambito internazionale e nazionale, fra gli impegni delle amministrazioni locali, in Italia come in Europa, si attestano gli obiettivi di sostenibilità ambientale.

Nello specifico, le azioni degli enti preposti sono volte a garantire lo sviluppo di un ambiente sostenibile, attraverso l'applicazione di sistemi edilizi ed impianti efficienti che si inseriscono nel contesto urbano. Ma il vero punto centrale della questione ambientale è quello di comprendere come i consumi energetici che scaturiscono dagli edifici esistenti e di nuova costruzione possono essere influenzati dalle future strategie di pianificazione territoriale.

Dunque, la questione dovrebbe essere affrontata più come una vera e propria nuova politica urbana da mettere in atto e meno come una questione prettamente ambientale.

Allo stato attuale, poi, la normativa italiana in campo energetico trova applicazione con la definizione dei Piani Energetici Comunali (PEC) che però si trovano in una condizione di forte staticità. Nonostante ciò, esistono in campo nazionale, dei validi risultati conseguiti da città come Bolzano o Modena dalle quali trarre insegnamento; esse sono riuscite, infatti, a conciliare la buona pratica amministrativa con gli strumenti per la risoluzione dei problemi energetico-ambientali, migliorando allo stesso tempo gli strumenti vigenti, come il Piano Energetico Comunale.

Questo ci fa capire, come negli anni, l'applicazione di strumenti tradizionali per l'implementazione dei piani ha portato molto spesso ad una situazione di inefficienza delle politiche energetiche a livello locale. La vera possibilità va dunque ricercata nell'adozione di prospettive in grado di promuovere la consapevolezza dei cittadini e degli enti coinvolti nel processo di transizione energetica; è questo l'innesco per attivare dei meccanismi che internalizzino il valore aggiunto dato dalle operazioni di efficienza energetica.

L'esempio di CasaClima o di altri enti di certificazione come quelli prima illustrati, sono legati da un proposito comune espresso molto chiaramente: sebbene senza sostanziali investimenti pubblici, le operazioni di certificazione possono essere adottate dal mercato edilizio

come un fattore di qualità cui è possibile assegnare un valore sia monetario sia di uso e si attestano quindi come un valido strumento da implicare all'interno delle politiche di pianificazione.
La transizione energetica può essere dunque trainata dalla promozione al risparmio energetico, attraverso iniziative diverse che coinvolgono, a scala territoriale, attività di ricerca, sperimentazione e incentivazione di progetti innovativi, oltre che all'approvvigionamento di risorse locali naturali. Le sfide energetico-ambientali ci impongono un salto di qualità, una svolta che riguardi proprio le politiche di riduzione energetica e l'incremento dell'utilizzo delle fonti rinnovabili.
All'interno di questo quadro di ripensamento delle prassi urbanistiche e a partire dalle diverse strategie esemplari adottate in campo nazionale, si delineerebbe una possibile prospettiva che vede l'attuazione di ulteriori modelli virtuosi e di iniziative di pianificazione, per cui verrà richiesto l'impiego di una gestione innovativa del territorio, in cui trovino diffusione strumenti di concertazione e di cooperazione tra pubblico e privato, veicolati dalla disponibilità di nuovi modelli di incentivazione.

Riferimenti bibliografici

Introduzione

Bibliografia

- GIULIANO CAMMARATA, MASSIMILIANO CAMMARATA, GIOVANNI D'AMICO, JONATHAN GORGONE, GIUSEPPE MESSINA, FABRIZIO RUSSO, Progettare e riqualificare per l'efficienza energetica, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015
- ELENA LUCCHI, VALERIA PRACCHI (A CURA DI), Efficienza energetica e patrimonio costruito - La sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2013

Sitografia

- https://edgar.jrc.ec.europa.eu/background.php
- https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/greenhouse-gas-emission
- http://www.eeenergia.org/wp-content/uploads/2016/02/PANORAMA-ENERGETICO-INTERNAZIONALE-E-SUA-EVOLUZIONE.pdf
- https://www.are.admin.ch/are/it/home/sviluppo-sostenibile/cooperazione-internazionale/l_agenda-2030-per-uno-sviluppo-sostenibile/onu-_-le-pietre-miliari-dello-sviluppo-sostenibile/1987--rapporto-brundtland.html
- https://www.pbl.nl/en/infographic/global-greenhouse-gas-emissions
- https://www.eurima.org/publications/48/120/Ecofys-II-Mitigation-of-CO2-Emissions-from-the-Building-Stock-Beyond-the-EU-Directive-on-the-Energy-Performance-of-Buildings

Iconografia

- Figura 1: https://www.pbl.nl/en/infographic/global-greenhouse-gas-emissions - Emissioni globali di gas a effetto serra, per tipo

di gas e fonte

- Figura 2: World Population Prospects. The 2017 Revision - Popolazione per continente: l'andamento nell'intervallo 1950-2015 e le proiezioni per l'intervallo 2015-2100
- Figura 3: EURIMA, ECOFIS-study "Mitigation of CO_2 Emissions from the Building Stock"- Incidenza del settore edile in Europa

1- Quadro delle strategie energetico ambientali in Europa

Bibliografia

- SONIA LUPICA SPAGNOLO, GIORGIO PANSA, L'efficienza energetica degli edifici - dopo le UNI/TS 11300-1 e 2:2014 - Il quadro normativo aggiornato e le procedure di calcolo, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015

Sitografia

- http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/doc/dir91-02.pdf
- https://eur-lex.europa.eu

Iconografia

- Figura 4: Timeline Direttive Europee e relativi obiettivi in materia di efficienza energetica degli edifici - Elaborazione personale

2 - Evoluzione delle norme italiane in termini di efficienza energetica e utilizzo di fonti rinnovabili

Bibliografia

- MARCO CASINI, Efficienza e certificazione degli edifici: i nuovi edifici, DEI Tipografia del genio civile, 2015

- SONIA LUPICA SPAGNOLO, GIORGIO PANSA, L'efficienza energetica degli edifici - dopo le UNI/TS 11300-1 e 2:2014 - Il quadro normativo aggiornato e le procedure di calcolo, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015

Sitografia

- https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/20130314_Strategia_Energetica_Nazionale.pdf
- http://www.efficienzaenergetica.enea.it/pubblica-amministrazione/documentazione-1/normativa-italiana

Iconografia

- Figura 5: Requisiti previsti dalla normativa si applicano secondo m dalità differenti in funzione della tipologia d'intervento - Elaborazione personale

3 - Cos'è un nZEB

Bibliografia

- FEDERICO ARIETI, Progettare edifici a energia zero - percorso metodologico, indicazioni applicative, dettagli costruttivi, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2017
- GRAZIANO SALVALAI, Edifici ad energia quasi zero (nZEB), la simulazione energetica dinamica con strumento di controllo e ottimizzazione del comfort e del fabbisogno di energia, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015
- GRAZIANO SALVALAI, 2020. Edifici ad energia quasi zero (nZEB), Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015

Sitografia

- https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/nZEB-case-futuro-edifici-a-energia-quasi-zero-302.html
- https://www.logical.it/focus-di-approfondimento-a-cura-del-servizio-assistenza-tecnica-logical-soft_1/nzeb-edifici-ad-energia-quasi-zero

Iconografia

- Figura 6: http://unizeb.dii.unipd.it - Schema di casa passiva
- Figura 7: Rappresentazione dei costi aggiuntivi per realizzare un nuovo edificio nZEB - Elaborazione personale
- Figura 8: Ministero dello sviluppo economico Risparmio energetico atteso al 2020 per tipologia di edificio
- Figura 9: http://Nuova_Classificazione_Energetica - Confronto con l'edificio di riferimento
- Tabella 1 - Appendice A del D.M. 26/05/2015 - Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra
- Tabella 2 - Appendice A del D.M. 26/05/2015 - Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati
- Tabella 3 - Appendice A del D.M. 26/05/2015 - Trasmittanza termica U delle opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra
- Tabella 4 - Appendice A del D.M. 26/05/2015 - Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati
- Tabella 5 - Appendice A del D.M. 26/05/2015 - Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti
- Tabella 6 - Appendice A del D.M. 26/05/2015 - Valore del fattore

di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud

- Tabella 7 - Appendice A del D.M. 26/05/2015 - Efficienze medie η_{gn} dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi di H, C, W e per la produzione di energia elettrica in situ
- Tabella 8 - Appendice A del D.M. 26/05/2015 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'T
- Tabella 9 - Appendice A del D.M. 26/05/2015 - Valore massimo ammissibile del rapporto tra area solare equivalente estiva dei componenti finestrati e l'area della superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$

4 - Valutazione delle prestazioni energetico-ambientali di un manufatto edilizio

Bibliografia

- DOMENICO D'OLIMPIO, Il retrofitting energetico e bioclimatico nella riqualificazione edilizia. Tecnologie e soluzioni tecniche per il miglioramento della prestazione energetico-ambientale degli edifici, Roma, Legislazione Tecnica, 2017
- MICHELE SANFILIPPO, Prestazione energetica degli edifici. Legislazione, calcolo, requisiti, APE, simulazioni e casi di studio, Roma, Legislazione Tecnica, 2017

Sitografia

- https://www.mise.gov.it/index.php/it/energia/efficienza-energetica/edifici
- http://www.sicuring.it/prestazioni-energetiche-dellinvolucro-edilizio/

Iconografia

- Figura 10: Logo certificazione GBC
- Figura 11: Logo certificazione BREEM
- Figura 12: Logo certificazione LEED
- Figura 13: Logo certificazione HQE
- Figura 14: Logo certificazione MINERGIE
- Figura 15: Logo certificazione EMAS
- Figura 16: Logo certificazione ITACA
- Figura 17: Logo certificazione Casa Clima
- Figura 18: Logo certificazione SB100
- Figura 19: Logo certificazione INBAR
- Figura 20: Logo certificazione SACERT
- Figura 21: Logo certificazione ICMQ

5 - Regione Piemonte: "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero"

Bibliografia

- FEDERICA PASCALI, Gli edifici a energia quasi zero finanziati dalla regione Piemonte, Relatore: Prof.ssa Guglielmina Mutani, Correlatore: Arch. Giovanni Nuvoli, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile, Politecnico di Torino, ottobre 2016

Sitografia

- http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2011/30/attach/dddb130000160_430.pdf
- https://finpiemonte.it/news/la-news/2011/08/04/contributi-per-edifici-a-energia-quasi-zero-
- http://enerweb.casaccia.enea.it/enearegioni/UserFiles/Efficienza/Edifici/Bandi/bandi.htm
- https://www.gse.it/servizi-per-te/pa/riqualificazione-energetica

- http://www.bandopiemontequasizero.it/Progetti_inseriti

Iconografia

- Tabella 10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici 2011
- Tabella 11 - Allegato 1, Art.1.1, D.M. 26/06/2015 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici 2016 $f_{P,TOT} = f_{P,REN} + f_{P,NREN}$

6 - Guida alla lettura dei dati di monitoraggio

Sitografia

- http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2011/30/attach/dddb130000160_430.pdf
- http://www.portale4e.it/centrale_dettaglio_imprese.aspx?ID=6

7 - Processo di rielaborazione dati e verifica dei requisiti richiesti dal bando

Bibliografia

- SONIA LUPICA SPAGNOLO, GIORGIO PANSA, L'efficienza energetica degli edifici - dopo le UNI/TS 11300-1 e 2:2014 - Il quadro normativo aggiornato e le procedure di calcolo, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015
- LUCA RAIMONDO, GUGLIELMINA MUTANI, CHIARA MASSAIA. La procedura di certificazione della prestazione energetica: dal sopralluogo all'attestato, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2012
- UNI/TS 11300-2, Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti

per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali, febbraio 2019

Sitografia

- http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2011/30/attach/dddb130000160_430.pdf
- *http://www.tecnosolitalia.com/*
- http://www.efficienzaenergetica.enea.it/Cittadino/climatizzatori/solo-freddo-e-pompe-di-calore

Iconografia

- Tabella 12 - Prospetto 30, UNI 11300-2 - Parametri a e b
- Figura 22 - http://www.efficienzaenergetica.enea.it/Cittadino/climatizzatori/solo-freddo-e-pompe-di-calore - Tipologie di pompe di calore
- Tabella 13 - Integrazioni al d.P.P. 13 luglio 2009, n. 11-13/Leg. e s.m.i. - Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche servizio di riscaldamento, 2016
- Tabella 14 - Caratteristiche pompe di calore installate dei 17 casi studio
- Figura 23 - http://www.tecnosolitalia.com/ - Rappresentazione impianto con pompa di calore aria-aria
- Figura 24 - http://www.tecnosolitalia.com/ - Rappresentazione impianto con pompa di calore aria-acqua

8 - Catalogazione degli edifici nZEB analizzati

Bibliografia

- FEDERICA PASCALI, Gli edifici a energia quasi zero finanziati dalla

regione Piemonte, Relatore: Prof.ssa Guglielmina Mutani, Correlatore: Arch. Giovanni Nuvoli, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile, Politecnico di Torino, ottobre 2016

Sitografia

- http://www.bandopiemontequasizero.it/Progetti_inseriti

Iconografia

- Figura 25 - Geolocalizzazione degli interventi nZEB sul territorio piemontese - Elaborazione personale

9 - Analisi dei dati di monitoraggio

Bibliografia

- GRAZIANO SALVALAI, 2020. Edifici ad energia quasi zero (nZEB), Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015
- JONATHAN GORGONE, GIUSEPPE MESSINA, FABRIZIO RUSSO, Progettare e riqualificare per l'efficienza energetica, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015

Sitografia

- http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2011/30/attach/dddb130000160_430.pdf

Iconografia

- Figura 26 - Legge Regionale 7 ottobre 2002 n.23. Deliberazione della Giunta Regionale n.41-2373 del 22/07/2011 - Immagine bando "Contributi a fondo perduto per la realizzazione di edifici a energia quasi zero"
- Tabella 15 - Dati di progetto relativi alle condizioni climatiche lo-

cali dei 17 casi studio
- Tabella 16 - Dati di progetto relativi agli impianti installati dei 17 casi studio
- Tabella 17 - Confronto fra QH,nd di progetto e QH,nd da monitoraggio dei 17 casi studio
- Figura 27 - Rappresentazione grafica: confronto fra QH,nd di progetto e QH,nd da monitoraggio dei 17 casi studio
- Figura 28 - Rappresentazione grafica della firma energetica dei 17 casi studio
- Tabella 18 - Caratteristiche d'isolamento termico: trasmittanza media superficiale strutture opache e trasparenti e relazione con i valori di QH,nd/Su
- Tabella 19 - Caratteristiche impiantistiche dei 17 casi studio
- Tabella 20 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 1, anno 2014
- Tabella 21 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 2, anno 2015
- Tabella 22 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 2, anno 2016
- Tabella 23 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 3, anno 2014
- Tabella 24 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 3, anno 2015
- Tabella 25 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 4, anno 2014
- Figura 29 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 1, anno 2014
- Figura 30 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 2, anno 2015
- Figura 31 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 2, anno 2016

- Figura 32 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 3, anno 2014
- Figura 33 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 3, anno 2015
- Figura 34 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 4, anno 2014
- Tabella 26 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 5, anno 2015
- Tabella 27 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 5, anno 2016
- Tabella 28 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 6, anno 2015
- Tabella 29 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 7, anno 2014
- Tabella 30 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 7, anno 2015
- Tabella 31 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 8, anno 2015
- Tabella 32 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 8, anno 2016
- Figura 35 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 5, anno 2015
- Figura 36 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 5, anno 2016
- Figura 37 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 6, anno 2015
- Figura 38 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 7, anno 2014
- Figura 39 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 7, anno 2015
- Figura 40 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1,

caso studio 8, anno 2015
- Figura 41 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 8, anno 2016
- Tabella 33 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 9, anno 2015
- Tabella 34 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 9, anno 2016
- Tabella 35 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 10, anno 2015
- Figura 42 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 9, anno 2015
- Figura 43 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 9, anno 2016
- Figura 44 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 10, anno 2015
- Tabella 36 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 11, anno 2017
- Tabella 37 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 12, anno 2017
- Figura 45 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 11, anno 2017
- Figura 46 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 12, anno 2017
- Tabella 38 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 13, anno 2016
- Tabella 39 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 13, anno 2017
- Tabella 40 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 14, anno 2015
- Tabella 41 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 14, anno 2016
- Figura 47 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 13, anno 2016

- Tabella 44 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 16, anno 2016
- Tabella 45 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 16, anno 2017
- Tabella 46 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 17, anno 2016 Tabella 43 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 15, anno 2016
- Figura 51 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 15, anno 2016
- Figura 52 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 16, anno 2015
- Figura 53 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 16, anno 2016
- Figura 54 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 16, anno 2017
- Figura 55 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 17, anno 2016 Tabella 43 - Confronto C.O.P. monitoraggio e C.O.P. UNI 10349-1, caso studio 15, anno 2016
- Figura 56 - Rappresentazione grafica firma energetica , caso anomalo
- Figura 57 - Rappresentazione grafica firma energetica , caso anomalo
- Tabella 47 - Caratteristiche impianti di solare termico e fotovoltaico dei 17 casi studio
- Tabella 48 - Confronto fra $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ da monitoraggio e di progetto
- Tabella 49 - Valori relativi alla copertura energetica da fonti rinnovabili dei 17 casi studio
- Tabella 50 - Calcolo C.O.P. caso studio 1, anno 2014
- Tabella 51 - Calcolo QH,nd, caso studio 1, anno 2014
- Tabella 52 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$,caso studio 1, anno 2014

- Tabella 53 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$, caso studio 1, anno 2014
- Tabella 54 - Calcolo $Q_{st,Ut}$, caso studio 1, anno 2014
- Tabella 55 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$, caso studio 1, anno 2014
- Tabella 56 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$, caso studio 1, anno 2014
- Tabella 57 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 1, anno 2014
- Tabella 58 - Calcolo C.O.P. caso studio 2, anno 2015
- Tabella 59 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 2, anno 2015
- Tabella 60 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 2, anno 2015
- Tabella 61 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 2, anno 2015
- Tabella 62 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 2, anno 2015
- Tabella 63 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 2, anno 2015
- Tabella 64 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 2, anno 2015
- Tabella 65 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 2, anno 2015
- Tabella 66 - Calcolo C.O.P. caso studio 2, anno 2016
- Tabella 67 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 2, anno 2016
- Tabella 68 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 2, anno 2016
- Tabella 69 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 2, anno 2016
- Tabella 70 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 2, anno 2016
- Tabella 71 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 2, anno 2016
- Tabella 72 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 2, anno 2016
- Tabella 73 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 2, anno 2016
- Tabella 74 - Calcolo C.O.P. caso studio 3, anno 2014
- Tabella 75 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 3, anno 2014
- Tabella 76 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 3, anno 2014
- Tabella 77 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 3, anno 2014
- Tabella 78 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 3, anno 2014
- Tabella 79 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 3, anno 2014
- Tabella 80 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 3, anno 2014
- Tabella 81 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 3, anno 2014
- Tabella 82 - Calcolo C.O.P. caso studio 3, anno 2015
- Tabella 83 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 3, anno 2015

- Tabella 84 - Calcolo $Q_{Ptot,NRINN}$ caso studio 3, anno 2015
- Tabella 85 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 3, anno 2015
- Tabella 86 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 3, anno 2015
- Tabella 87 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 3, anno 2015
- Tabella 88 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}$ caso studio 3, anno 2015
- Tabella 89 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}/Q_{Ptot}$ caso studio 3, anno 2015
- Tabella 90 - Calcolo C.O.P. caso studio 4, anno 2014
- Tabella 91 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 4, anno 2014
- Tabella 92 - Calcolo $Q_{Ptot,NRINN}$ caso studio 4, anno 2014
- Tabella 93 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 4, anno 2014
- Tabella 94 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 4, anno 2014
- Tabella 95 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 4, anno 2014
- Tabella 96 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}$ caso studio 4, anno 2014
- Tabella 97 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}/Q_{Ptot}$ caso studio 4, anno 2014
- Tabella 98 - Calcolo C.O.P. caso studio 5, anno 2015
- Tabella 99 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 5, anno 2015
- Tabella 100 - Calcolo $Q_{Ptot,NRINN}$ caso studio 5, anno 2015
- Tabella 101 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 5, anno 2015
- Tabella 102 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 5, anno 2015
- Tabella 103 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 5, anno 2015
- Tabella 104 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}$ caso studio 5, anno 2015
- Tabella 105 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}/Q_{Ptot}$ caso studio 5, anno 2015
- Tabella 106 - Calcolo C.O.P. caso studio 5, anno 2016
- Tabella 107 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 5, anno 2016
- Tabella 108 - Calcolo $Q_{Ptot,NRINN}$ caso studio 5, anno 2016
- Tabella 109 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 5, anno 2016
- Tabella 110 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 5, anno 2016
- Tabella 111 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 5, anno 2016
- Tabella 112 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}$ caso studio 5, anno 2016
- Tabella 113 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}/Q_{Ptot}$ caso studio 5, anno 2016
- Tabella 114 - Calcolo C.O.P. caso studio 6, anno 2015

- Tabella 115 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 6, anno 2015
- Tabella 116 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 6, anno 2015
- Tabella 117 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 6, anno 2015
- Tabella 118 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 6, anno 2015
- Tabella 119 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 6, anno 2015
- Tabella 120 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 6, anno 2015
- Tabella 121 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 6, anno 2015
- Tabella 122 - Calcolo C.O.P. caso studio 7, anno 2014
- Tabella 123 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 7, anno 2014
- Tabella 124 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 7, anno 2014
- Tabella 125 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 7, anno 2014
- Tabella 126 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 7, anno 2014
- Tabella 127 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 7, anno 2014
- Tabella 128 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 7, anno 2014
- Tabella 129 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 7, anno 2014
- Tabella 130 - Calcolo C.O.P. caso studio 7, anno 2015
- Tabella 131 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 7, anno 2015
- Tabella 132 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 7, anno 2015
- Tabella 133 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 7, anno 2015
- Tabella 134 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 7, anno 2015
- Tabella 135 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 7, anno 2015
- Tabella 136 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 7, anno 2015
- Tabella 137 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 7, anno 2015
- Tabella 138 - Calcolo C.O.P. caso studio 8, anno 2015
- Tabella 139 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 8, anno 2015
- Tabella 140 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 8, anno 2015
- Tabella 141 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 8, anno 2015
- Tabella 142 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 8, anno 2015
- Tabella 143 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 8, anno 2015
- Tabella 144 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 8, anno 2015
- Tabella 145 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 8, anno 2015

- Tabella 146 - Calcolo C.O.P. caso studio 8, anno 2016
- Tabella 147 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 8, anno 2016
- Tabella 148 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 8, anno 2016
- Tabella 149 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 8, anno 2016
- Tabella 150 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 8, anno 2016
- Tabella 151 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 8, anno 2016
- Tabella 152 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 8, anno 2016
- Tabella 153 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 8, anno 2016
- Tabella 154 - Calcolo C.O.P. caso studio 9, anno 2014
- Tabella 155 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 9, anno 2014
- Tabella 156 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 9, anno 2014
- Tabella 157 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 9, anno 2014
- Tabella 158 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 9, anno 2014
- Tabella 159 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 9, anno 2014
- Tabella 160 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 9, anno 2014
- Tabella 161 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 9, anno 2014
- Tabella 162 - Calcolo C.O.P. caso studio 9, anno 2016
- Tabella 163 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 9, anno 2016
- Tabella 164 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 9, anno 2016
- Tabella 165 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 9, anno 2016
- Tabella 166 - Calcolo Qst,Ut caso studio 9, anno 2016
- Tabella 167 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 9, anno 2016
- Tabella 168 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 9, anno 2016
- Tabella 169 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 9, anno 2016
- Tabella 170 - Calcolo C.O.P. caso studio 10, anno 2015
- Tabella 171 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 10, anno 2015
- Tabella 172 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 10, anno 2015
- Tabella 173 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 10, anno 2015
- Tabella 174 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 10, anno 2015
- Tabella 175 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 10, anno 2015
- Tabella 176 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 10, anno 2015

- Tabella 177 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 10, anno 2015
- Tabella 178 - Calcolo C.O.P. caso studio 11, anno 2017
- Tabella 179 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 11, anno 2017
- Tabella 180 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 11, anno 2017
- Tabella 181 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 11, anno 2017
- Tabella 182 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 11, anno 2017
- Tabella 183 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 11, anno 2017
- Tabella 184 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 11, anno 2017
- Tabella 185 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 11, anno 2017
- Tabella 186 - Calcolo C.O.P. caso studio 12, anno 2017
- Tabella 187 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 12, anno 2017
- Tabella 188 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 12, anno 2017
- Tabella 189 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 12, anno 2017
- Tabella 190 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 12, anno 2017
- Tabella 191 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 12, anno 2017
- Tabella 192 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 12, anno 2017
- Tabella 193 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 12, anno 2017
- Tabella 194 - Calcolo C.O.P. caso studio 13, anno 2016
- Tabella 195 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 13, anno 2016
- Tabella 196 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 13, anno 2016
- Tabella 197 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 13, anno 2016
- Tabella 198 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 13, anno 2016
- Tabella 199 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 13, anno 2016
- Tabella 200 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 13, anno 2016
- Tabella 201 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 13, anno 2016
- Tabella 202 - Calcolo C.O.P. caso studio 13, anno 2017
- Tabella 203 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 13, anno 2017
- Tabella 204 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 13, anno 2017
- Tabella 205 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 13, anno 2017
- Tabella 206 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 13, anno 2017
- Tabella 207 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 13, anno 2017

- Tabella 208 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}$ caso studio 13, anno 2017
- Tabella 209 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}/Q_{Ptot}$ caso studio 13, anno 2017
- Tabella 210 - Calcolo C.O.P. caso studio 14, anno 2015
- Tabella 211 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 14, anno 2015
- Tabella 212 - Calcolo $Q_{Ptot,NRINN}$ caso studio 14, anno 2015
- Tabella 213 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 14, anno 2015
- Tabella 214 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 14, anno 2015
- Tabella 215 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 14, anno 2015
- Tabella 216 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}$ caso studio 14, anno 2015
- Tabella 217 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}/Q_{Ptot}$ caso studio 14, anno 2015
- Tabella 218 - Calcolo C.O.P. caso studio 14, anno 2016
- Tabella 219 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 14, anno 2016
- Tabella 220 - Calcolo $Q_{Ptot,NRINN}$ caso studio 14, anno 2016
- Tabella 221 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 14, anno 2016
- Tabella 222 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 14, anno 2016
- Tabella 223 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 14, anno 2016
- Tabella 224 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}$ caso studio 14, anno 2016
- Tabella 225 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}/Q_{Ptot}$ caso studio 14, anno 2016
- Tabella 226 - Calcolo C.O.P. caso studio 14, anno 2017
- Tabella 227 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 14, anno 2017
- Tabella 228 - Calcolo $Q_{Ptot,NRINN}$ caso studio 14, anno 2017
- Tabella 229 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 14, anno 2017
- Tabella 230 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 14, anno 2017
- Tabella 231 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 14, anno 2017
- Tabella 232 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}$ caso studio 14, anno 2017
- Tabella 233 - Calcolo $Q_{Ptot,RINN}/Q_{Ptot}$ caso studio 14, anno 2017
- Tabella 234 - Calcolo C.O.P. caso studio 15, anno 2016
- Tabella 235 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 15, anno 2016
- Tabella 236 - Calcolo $Q_{Ptot,NRINN}$ caso studio 15, anno 2016
- Tabella 237 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 15, anno 2016
- Tabella 238 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 15, anno 2016

- Tabella 239 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 15, anno 2016
- Tabella 240 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 15, anno 2016
- Tabella 241 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 15, anno 2016
- Tabella 242 - Calcolo C.O.P. caso studio 16, anno 2015
- Tabella 243 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 16, anno 2015
- Tabella 244 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 16, anno 2015
- Tabella 245 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 16, anno 2015
- Tabella 246 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 16, anno 2015
- Tabella 247 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 16, anno 2015
- Tabella 248 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 16, anno 2015
- Tabella 249 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 16, anno 2015
- Tabella 250 - Calcolo C.O.P. caso studio 16, anno 2016
- Tabella 251 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 16, anno 2016
- Tabella 252 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 16, anno 2016
- Tabella 253 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 16, anno 2016
- Tabella 254 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 16, anno 2016
- Tabella 255 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 16, anno 2016
- Tabella 256 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 16, anno 2016
- Tabella 257 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 16, anno 2016
- Tabella 258 - Calcolo C.O.P. caso studio 16,anno 2017
- Tabella 259 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 16, anno 2017
- Tabella 260 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 16, anno 2017
- Tabella 261 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 16, anno 2017
- Tabella 262 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 16, anno 2017
- Tabella 263 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 16, anno 2017
- Tabella 264 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 16, anno 2017
- Tabella 265 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 16, anno 2017
- Tabella 266 - Calcolo C.O.P. caso studio 17, anno 2016
- Tabella 267 - Calcolo $Q_{H,nd}$ caso studio 17, anno 2016
- Tabella 268 - Calcolo $QP_{tot,NRINN}$ caso studio 17, anno 2016
- Tabella 269 - Calcolo $Q_{fv,Ut}$ caso studio 17, anno 2016

- Tabella 270 - Calcolo $Q_{st,Ut}$ caso studio 17, anno 2016
- Tabella 271 - Calcolo $Q_{rec,pdc}$ caso studio 17, anno 2016
- Tabella 272 - Calcolo $QP_{tot,RINN}$ caso studio 17, anno 2016
- Tabella 273 - Calcolo $QP_{tot,RINN}/QP_{tot}$ caso studio 17, anno 2016

10 - Conclusioni

Bibliografia

- ADRIANA GALDERISI,Galderisi, Città, mobilità e ambiente nelle strategie e nei progetti di ricerca dell'Unione Europea, TeMA - Trimestrale del Laboratorio Territorio Mobilità Ambiente. pp. 23-32. ISSN 1970-9870, 2007
- ANGELA D'ORAZIO, Quale dimensione territoriale nelle politiche comunitarie? Strategia Europe 2020 e obbiettivi di coesione, XXXII CONFERENZA ITALIANA DI SCIENZE REGIONALI - Il ruolo delle città nell'economia della conoscenza, Torino, 2011
- BARBARA POZZO, Le politiche energetiche comunitarie. Un'analisi degli incentivi allo sviluppo delle fonti rinnovabili, Milano, Giuffrè Editore, 2009
- DOMENICO D'OLIMPIO, L'innovazione tecnologica nei materiali e nei componenti strutturali degli edifici. Il miglioramento prestazionale dei materiali come risposta all'evoluzione dei quadri esigenziali e normativi, Pigreco Edizioni, 2018
- WILLIAM Mc DONOUGH, MICHAEL BRAUNGART, Dalla culla alla culla. Come conciliare tutela dell'ambiente, equità sociale e sviluppo, Boca (NO), Blu Edizioni srl, 2013

Sitografia

- https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/aria/piano-regionale-qualita-dellaria-prqa

- http://webgis.arpa.piemonte.it/meteoidro_ar_webapp/
- http://relazione.ambiente.piemonte.it/2017/it/aria/fattori/energia
- https://www.francescofulvi.it/DOCUMENTI/UTILITA'/Quartieri%20Sostenibili.pdf
- https://www.comune.saronno.va.it/upload/saronno_ecm8/gestionedocumentale/ALLEGATOENERGETICOAMBIENTALE_784_15668.pdf
- http://www.regione.toscana.it/documents/10180/320308/Linee+guida+per+l'edilizia+sostenibile+in+Toscana/09827b58-16c3-4044-a0b5-914c727484b9?version=1.0
- http://www.gbcitalia.org/leed
- http://www.gbcitalia.org/web/guest/quartieri
- https://www.francoangeli.it/Area_PDFDemo/365.702_demo.pdf

Iconografia

- Figura 58 - Rappresentazione grafica del sistema di monitoraggio
- Figura 59 - Riferimento ai valori di C.O.P. nei mesi invernali del caso studio 4
- Figura 60 - Piano regionale di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria - Rappresentazione grafica zonizzazione del territorio e localizzazione dei casi studio
- Figura 61 - http://webgis.arpa.piemonte.it/aria_emissioni_webapp/index.html - Rappresentazione dei livelli di emissione di PM10
- Figura 62 - http://webgis.arpa.piemonte.it/aria_emissioni_webapp/index.html - Rappresentazione dei livelli di emissione di NOx
- Figura 63 - http://relazione.ambiente.piemonte.it/2017/it/aria/fattori/energia - Emissioni da riscaldamento a legna: NOx, ripartizione provinciale - IREA 2010
- Figura 64 - http://relazione.ambiente.piemonte.it/2017/it/aria/fattori/energia - Emissioni da riscaldamento a legna: PM10, ripartizione provinciale - IREA 2010

- Figura 65 - https://www.francescofulvi.it/DOCUMENTI/UTILITA'/Quartieri%20Sostenibili.pdf - Rappresentazione planimetrica del quartiere di Vauban
- Figura 66 - https://www.francescofulvi.it/DOCUMENTI/UTILITA'/Quartieri%20Sostenibili.pdf - Immagine delle abitazioni nZEB realizzate nel quartiere di Vauban
- Figura 67 - https://www.francescofulvi.it/DOCUMENTI/UTILITA'/Quartieri%20Sostenibili.pdf - Immagine delle abitazioni nZEB realizzate nel quartiere di Vauban
- Figura 68 - Rappresentazione dell' "Up-cycling chart" - Rielaborazione personale
- Figura 69 - Rappresentazione del ciclo biologico e del ciclo tecnico - Rielaborazione personale
- Figura 70 - Rappresentazione grafica di un tipo di cluster analysis Rielaborazione personale
- Figura 71 - http://www.gbcitalia.org/leed - Indicazione dei livelli di certificazione Leed