



Ricerca di Sistema elettrico

Nuove strategie per la determinazione dei livelli ottimali di prestazione energetica degli edifici

E. Foppa Pedretti, R. Fioretti, M. Sotte, G. Riva, D. Iatauro



NUOVE STRATEGIE PER LA DETERMINAZIONE DEI LIVELLI OTTIMALI DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Ester Foppa Pedretti, Roberto Fioretti, Marco Sotte e Giovanni Riva (Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali)
Domenico Iatauro (ENEA)

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici"

Progetto: Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici (scuole, ospedali, uffici della PA centrale e locale) mirata a conseguire il raggiungimento della definizione di edifici a energia quasi zero (nZEB)

Obiettivo: L'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici pubblici riqualificati a NZEB"

Responsabile del Progetto: Domenico Iatauro, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Nuove strategie per la determinazione dei livelli ottimali di prestazione energetica degli edifici"

Responsabile scientifico ENEA: Domenico Iatauro

Responsabile scientifico UNIVPM: Ester Foppa Pedretti

Nuove strategie per la determinazione dei livelli ottimali di prestazione energetica degli edifici

Riassunto

Nel caso della ristrutturazione di edifici si osserva come i requisiti di legge nazionali richiesti per i NZEB comportino elevati investimenti a fronte di risparmi sui costi non particolarmente significativi. E' quindi evidente l'interesse a valutare definizioni alternative di NZEB più stimolanti per il mercato, tenendo conto anche del fatto che la Commissione UE associa agli investimenti per il risparmio energetico una condizione di vantaggio economico per l'utente. Partendo da queste considerazioni con la ricerca sono state valutate tre destinazioni d'uso (residenziale, uffici e scuole) in due diverse condizioni climatiche (C ed E) per un totale di 70 casi al fine di evidenziare quali potevano essere gli interventi classificabili come trasformazioni in NZEB senza tenere conto delle attuali prescrizioni normative. Questo tipo di impostazione si è basata anche sull'ipotesi che gli interventi da considerare "minimi" dovessero essere caratterizzati da tempi di ritorno degli investimenti inferiori ai 15-20 anni.

I risultati hanno mostrato come gli "interventi minimi" debbano limitarsi generalmente alla sola sostituzione del generatore di calore e del sistema di regolazione. L'introduzione della pompa di calore elettrica rientra in questo alveo solo se sussistono le condizioni opportune per facilitarne l'adozione (assenza o quasi di interventi sulla distribuzione e sui terminali). Tutti gli altri interventi (a cominciare dagli isolamenti), invece, non trovano, sempre nella generalità dei casi, una reale giustificazione economica e quindi dovrebbero rientrare nella definizione di NZEB. La ricerca ha poi evidenziato come sia necessario distinguere tra "riqualificazione puramente energetica" e riqualificazione più profonda, ove nel secondo caso i vantaggi energetici si aggiungono ad altri benefici di carattere extra-energetico, quali l'aumento di comfort o l'incremento del valore dell'edificio. In questa ottica i "requisiti minimi" dovrebbero interessare solo la "riqualificazione puramente energetica".

New strategies for determining the optimal levels of energy performance of buildings

Abstract

In the case of the renovation of buildings, the national law requirements for NZEBs entail high investments in the face of not significant cost savings. It is therefore evident the interest in evaluating alternative NZEB definitions more stimulating for the market, also taking into account the fact that the EU Commission associates energy saving investments with a condition of economic advantage for the final user.

Starting from these considerations with the research were evaluated three building destinations (residential, offices and schools) in two different climatic conditions (C and E) for a total of 70 cases in order to highlight what measures could be classifiable as transformations in NZEB, without taking into account the current national regulatory requirements. This type of approach was also based on the hypothesis that the measures to be considered "minimal" should be characterized by return times for investments of less than 15-20 years.

The results showed that "minimal requirements" should generally be limited to replacing the heat generator and the control system. The introduction of the electric heat pump falls within this situation only if the appropriate conditions exist for facilitating its adoption (minimal interventions on the distribution network and terminals). On the other hand, all the other measures (starting with insulations) do not find a real economic justification, and therefore should be included in the definition of NZEB. The research then highlighted how it is necessary to distinguish between "pure energetic refurbishment" and deeper requalification, where in the second case the energy advantages are added to other benefits of an extra-energetic nature, such as the increase in comfort or the increase in value of the building. In this light, the "minimum requirements" should concern only "pure energetic refurbishment" measures.

(Questa pagina è stata lasciata intenzionalmente bianca)

Sommario

1	Premessa, sintesi dei risultati e raccomandazioni	3
1.1	<i>Scopo del documento</i>	3
1.2	<i>Metodologia di lavoro e risultati conseguiti.....</i>	4
1.2.1	Impostazioni di base	4
1.3	<i>Sintesi dei risultati</i>	9
1.3.1	Residenziale	9
1.3.2	Uffici.....	11
1.3.3	Scuole	12
1.4	<i>Commenti di carattere generale sui risultati.....</i>	12
1.5	<i>La problematica della definizione di NZEB per gli edifici esistenti.....</i>	13
1.5.1	Inquadramento della problematica e prime proposte.....	13
1.5.3	Un aspetto cardine	17
1.6	<i>Raccomandazioni per l'aggiornamento della normativa</i>	18
2	Selezione degli edifici e dati generali	19
2.1	<i>Criteri per l'identificazione degli edifici rappresentativi.....</i>	19
2.2	<i>Criteri per l'identificazione delle località climatiche.....</i>	19
2.3	<i>RESIDENZIALE – EDIFICIO ISOLATO.....</i>	20
2.3.1	PIANTE – PROSPETTI -SEZIONI	20
2.3.2	Informazioni generali.....	20
2.3.3	Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio	21
2.4	<i>RESIDENZIALE - CONDOMINIO.....</i>	22
2.4.1	PIANTE – PROSPETTI -SEZIONI	22
2.4.2	Informazioni generali.....	23
2.4.3	Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio	24
2.5	<i>TERZIARIO UFFICI – EDIFICIO 1</i>	25
2.5.1	PIANTE – PROSPETTI -SEZIONI	25
2.5.2	Informazioni generali.....	26
2.5.3	Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio	27
2.6	<i>TERZIARIO UFFICI – EDIFICIO 2</i>	28
2.6.1	PIANTE – PROSPETTI -SEZIONI	28
2.6.2	Informazioni generali.....	29
2.6.3	Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio	30
2.7	<i>EDIFICIO SCOLASTICO – EDIFICIO 1.....</i>	31
2.7.1	PIANTE – PROSPETTI –SEZIONI	31
2.7.2	Informazioni generali.....	32
2.7.3	Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio	33
2.8	<i>EDIFICIO SCOLASTICO – EDIFICIO 2.....</i>	34
2.8.1	PIANTE – PROSPETTI –SEZIONI	34
2.8.2	Informazioni generali.....	34
2.8.3	Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio	36
2.9	<i>Identificazione dei servizi energetici e metodo di calcolo.....</i>	37
3	Identificazione dei pacchetti e possibili confronti	39
3.1	<i>Descrizione degli interventi proposti.</i>	41
4	Valutazioni economiche.....	42
4.1	<i>Stima dell'investimento iniziale</i>	42
4.2	<i>Spese di gestione</i>	45
4.2.1	Costo di approvvigionamento energetico	45

4.2.2	Costo annuale di manutenzione.....	45
5	Risultati dell'analisi	46
5.1	<i>Rappresentazione grafica dei casi discussi</i>	<i>46</i>
5.2	<i>Residenziale 1-2 – Milano</i>	<i>46</i>
5.3	<i>Residenziale 1-2 – Napoli.....</i>	<i>47</i>
5.4	<i>Ufficio 1-2 – Milano</i>	<i>49</i>
5.5	<i>Ufficio 1-2 – Napoli</i>	<i>50</i>
5.6	<i>Scuola 1-2 – Milano</i>	<i>51</i>
5.7	<i>Scuola 1-2 – Napoli</i>	<i>53</i>
6	Riferimenti bibliografici	55
7	Appendice A – Il conteso normativo nel quale si inseriscono le proposte dello studio (limitatamente alle ristrutturazioni)	56
8	Appendice B – Informazioni sugli edifici reali presi a riferimento per la definizione degli edifici tipo	58
8.1	<i>Residenziale 1 – casa isolata</i>	<i>58</i>
8.2	<i>Residenziale 2 – condominio.....</i>	<i>60</i>
8.3	<i>Ufficio 1 (piccolo).....</i>	<i>63</i>
8.4	<i>Ufficio 2.....</i>	<i>68</i>
8.5	<i>Scuola 1.....</i>	<i>71</i>
8.6	<i>Scuola 2 (medio)</i>	<i>74</i>
9	Appendice C – Tabelle risultati.....	78
9.1	<i>Residenziale 1 - Milano</i>	<i>78</i>
9.2	<i>Residenziale 1 – Napoli</i>	<i>79</i>
9.3	<i>Residenziale 2 – condominio – Milano</i>	<i>80</i>
9.4	<i>Residenziale 2 – condominio – Napoli</i>	<i>81</i>
9.5	<i>Ufficio 1 – Milano</i>	<i>82</i>
9.6	<i>Ufficio 1 - Napoli</i>	<i>83</i>
9.7	<i>Ufficio 2 – Milano</i>	<i>84</i>
9.8	<i>Ufficio 2 - Napoli</i>	<i>85</i>
9.9	<i>Scuola 1 – Milano</i>	<i>86</i>
9.10	<i>Scuola 1 – Napoli</i>	<i>87</i>
9.11	<i>Scuola 2 – Milano</i>	<i>88</i>
9.12	<i>Scuola 2 – Napoli</i>	<i>89</i>

1 Premessa, sintesi dei risultati e raccomandazioni

1.1 Scopo del documento

I vigenti “requisiti minimi” dettati dal DM 26 giugno 2015 derivano dall’applicazione della metodologia “*Cost Optimal levels for energy performance requirements*” proposta dalla Commissione Europea.

Tuttavia, a livello nazionale e nel caso della ristrutturazione di edifici esistenti, si osserva che i requisiti di legge richiesti per i NZEB comportano elevati investimenti a fronte di risparmi non altrettanto significativi.

Alla base di queste problematiche, a parte le imprecisioni introdotte dalle semplificazioni proprie delle metodologie di calcolo prescritte (basate sulle UNI TS 11300), va ricordato l’effetto negativo indotto dall’isolamento sui fabbisogni energetici estivi e i costi delle trasformazioni a NZEB generalmente non recuperabili in tempi ragionevoli.

Peraltro, questi ultimi, oltre ad avere un effetto negativo a livello di mercato, contrastano con il principio presente in tutte le direttive europee di interesse del risparmio energetico e lo sviluppo delle rinnovabili che sancisce che qualsiasi misura è ammissibile solo se economicamente conveniente per l’utente.

Da un punto di vista generale, quindi, le eventuali definizioni alternative di NZEB dovrebbero introdurre delle condizioni prescrittive che permettano di limitare gli investimenti necessari senza incidere sensibilmente sugli obbiettivi finali in termini di potenziale risparmio energetico conseguibile a livello nazionale.

Partendo da questi presupposti, l’attività di ricerca affrontata con il presente studio è stata articolata nelle seguenti fasi:

1. Definizione di una serie possibili interventi di riqualificazione energetica (singoli o integrati in modo da formare dei pacchetti) selezionati tra quelli risultati tecnicamente ed economicamente ammissibili, in base ai risultati delle precedenti attività svolte (PAR 2015-16), in ogni caso da applicare ad edifici esistenti.
2. Applicazione dei pacchetti individuati a differenti tipologie edilizie (residenziale, scuole e uffici) considerando le due fasce climatiche (C, E) dove si concentra il maggiore numero di edifici.
3. Elaborazione delle simulazioni di calcolo con individuazione delle condizioni che minimizzano i costi per ogni tipologia edilizia considerata.
4. Sulla base dei risultati ottenuti e tenendo conto dell’attuale quadro normativo di interesse (sintetizzato nell’Appendice A), indicazioni per la formulazione di una proposta di definizione di NZEB per le ristrutturazioni e la destinazione d’uso scelta che rispetti i principi messi in evidenza negli studi svolti nei primi due anni, ovvero:
 - a. costi totali vicini alla soluzione(i) ottimale(i);
 - b. costi totali che siano economicamente convenienti rispetto alla situazione di partenza;
 - c. ricorso a una certa quota di rinnovabile.

1.2 Metodologia di lavoro e risultati conseguiti

1.2.1 Impostazioni di base

L'applicazione dei *"Cost Optimal levels for energy performance requirements"* impone la scelta di un orizzonte temporale da molti giudicato eccessivo (30 anni) e alla base della osservata "discrepanza" tra le aspettative di mercato indotte dai vari studi di settore e il comportamento del mondo reale. Ciò con stretto riferimento alla congiuntura nazionale e agli edifici esistenti.

Come visto nelle annualità precedenti delle ricerche RSE, gli operatori, e principalmente le ESCo nelle quali si poneva una certa speranza di "propagazione" degli interventi di efficienza energetica in particolare nei grandi edifici esistenti, indicano come necessarie prescrizioni normative più miti di quelle attuali e che consentano un ritorno degli investimenti in meno di 15-20 anni.

Risulta infatti evidente come le prescrizioni vigenti siano appropriate per gli edifici di nuova costruzione ma poco funzionali per le ristrutturazioni di quelli esistenti.

Rappresentazione grafica dei risultati ottenuti nella prima annualità RSE (2016) relativamente alla ristrutturazione a NZEB conformemente al DM 26.6.2015 di alcuni edifici scolastici utilizzando diverse tecnologie impiantistiche di seguito indicate. "Cippato" e "pellet": adozione di una caldaia a biomassa alimentata rispettivamente con legno sminuzzato e pellet di legno; FV: presenza di un impianto fotovoltaico; PdC: adozione di una pompa di calore (nelle varianti: HT: alta temperatura; MT: media temperatura; VRF: sistemi a flusso variabile del fluido refrigerante). I diversi colori indicano i risultati economici di sintesi ottenuti con l'adozione delle diverse tecnologie nelle varie situazioni climatiche. In dettaglio:

- verde: soluzioni che presentano un risultato economico positivo rispetto alla situazione preesistente (caldaia a gas) considerando gli investimenti necessari per l'adeguamento degli impianti di ventilazione e illuminazione;
- grigio: soluzioni che diventano economicamente positive o "alla pari" rispetto alla situazione preesistente se non venissero considerati gli investimenti richiesti per l'adeguamento degli impianti di ventilazione e illuminazione;
- rosso: soluzioni che in ogni caso non risultano convenienti.

Edifici Scolastici	Località climatica	A ₁ (cippato) con FV	A ₂ (cippato) senza FV	B ₁ (pellet) con FV	B ₂ (pellet) senza FV	C (PdC HT+FV)	D (PdC MT+FV)	E (PdC VRF+FV)
Ed. 1	Nord (MI)							
(827 m ²)	Centro (AN)							
	Sud (RC)							
Ed. 2	Nord (MI)							
(1826 m ²)	Centro (AN)							
	Sud (RC)							
Ed. 3	Nord (MI)							
(9392 m ²)	Centro (AN)							
	Sud (RC)							

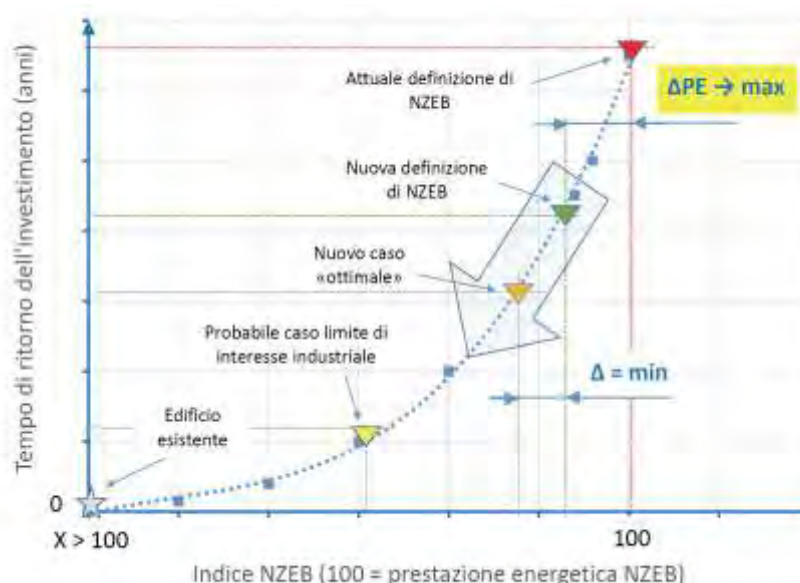


Figura 1 - Conclusioni concettuali evidenziate nella seconda annualità RSE (2017). Il triangolo rosso rappresenta il risultato ottenibile con una ristrutturazione di un edificio esistente applicando l'attuale definizione di NZEB. In genere il tempo di ritorno dell'investimento è molto lungo (frequentemente > di 50-60 anni). Al fine di conseguire prestazioni economiche più interessanti occorrerebbe modificare l'attuale definizione di NZEB in modo che: lo "sconto" ΔPE (in termini di energia) per le ristrutturazioni sia consistente e tale da rendere Δ (differenza tra la nuova ipotetica situazione e quella definita dai "requisiti minimi" vigenti) ridotto. Nello studio del secondo anno viene poi evidenziato come, sempre nel caso delle ristrutturazioni, andrebbero rivisti anche i requisiti minimi in modo da avvicinarli alle richieste del mercato (triangolo giallo) che normalmente sono definite da tempi di ritorno degli investimenti non superiori ai 15-20 anni. In ascissa è riportato "l'Indice NZEB" definito dal rapporto (valori percentuali) tra prestazione energetica – espressa in termini di energia non rinnovabile - dell'edificio specifico nelle sue varie versioni (compresa quella di partenza) e la prestazione energetica della versione NZEB.

Partendo dall'esperienza raccolta nei primi due anni di lavoro e al fine di evidenziare al meglio la dipendenza tra tipologie degli interventi di risparmio energetico (individuati da diversi "pacchetti di misure") e relativi investimenti, con il terzo anno di attività è stato scelto di valutare i risultati delle analisi tecnico-economiche svolte in questa ricerca in grafici cartesiani ove:

- sull'asse delle ascisse è riportato il tempo di ritorno semplice degli investimenti (sono stati quindi calcolati i costi overnight delle varie misure di intervento);
- sull'asse delle ordinate, in scala inversa, viene riportato il risparmio di energia;
- i risultati dei singoli casi (applicazione dei singoli pacchetti di misura) vengono rappresentati da due punti aventi la stessa ascissa, il primo relativo al risparmio di energia primaria globale (rinnovabile e non rinnovabile), il secondo al risparmio di sola energia primaria non rinnovabile.

Si ritiene che questo tipo di rappresentazione di sintesi permetta di evidenziare:

- quali pacchetti di misure siano compatibili con dati tempi di ritorno, il cui valore potrebbe variare in dipendenza dell'esistenza o meno di appositi incentivi (per esempio per edifici pubblici o collettivi);
- l'aliquota di energia rinnovabile (in termini di differenziale di risparmio di energia primaria Δ) proprio di ogni pacchetto di misure.

La scelta di considerare i costi overnight, quindi non influenzati da tassi di interesse, è giustificata dalla necessità di rendere la lettura più trasparente e idonea per il tipo di analisi qui condotta¹.

In questa sintesi, tuttavia, non vengono presentati i grafici sopra menzionati (consultabili nei capitoli che seguono) ma delle tabelle che sintetizzano ulteriormente i risultati.

¹ A questo proposito va segnalato come l'analisi sia stata sviluppata ipotizzando anche la costanza dei costi dell'energia nel tempo. Nella definizione dei requisiti minimi (DM 26.6.15) si è tenuto conto di un saggio di interesse per attualizzare i benefici economici annuali ma anche di un certo incremento percentuale dei costi dell'energia. Essendo saggio e incremento dei costi considerati molto simili tra loro (intorno al 3-4% annuo) e risultando la variazione dei risparmi annuali strettamente dipendenti dal secondo parametro, gli effetti della attualizzazione e dell'incremento dei costi nel tempo tendono ad annullarsi tra loro portando a risultati del tutto simili a quelli qui illustrati.

Le valutazioni energetiche sono state condotte con un software di calcolo conforme alle indicazioni ministeriali (quindi basato sull'applicazione delle UNI TS 11300 nelle loro varie versioni) senza tuttavia imporre il rispetto dei limiti imposti dal decreto "requisiti minimi" e introducendo dei correttivi soprattutto per tenere conto delle diverse curve di occupazione degli edifici.

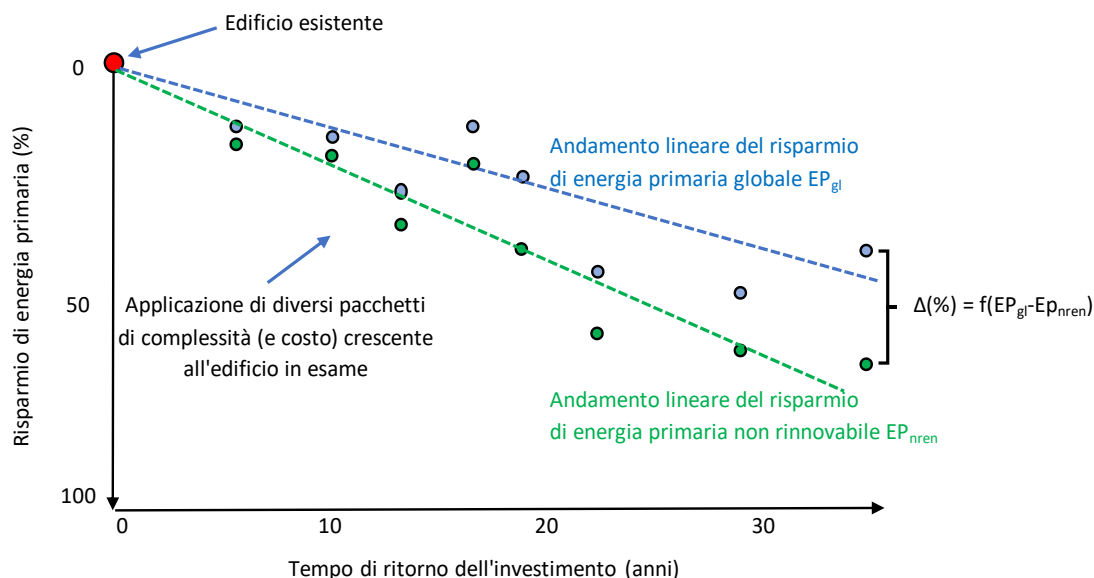


Figura 2 – Rappresentazione scelta per evidenziare i risultati del presente studio. All'aumentare della complessità degli interventi di riqualificazione energetica aumenta il risparmio di energia primaria ma aumentano anche i costi di investimento il che si traduce in un allungamento dei relativi tempi di ritorno. Per ogni "pacchetto di misure" vengono rappresentati due punti che sono caratterizzati dalla stessa ascissa: il primo si riferisce al risparmio di energia globale EP_{gi} , il secondo al risparmio di energia primaria non rinnovabile EP_{nren} . La differenza tra le relative ordinate (Δ) è quindi proporzionale all'aliquota di energia rinnovabile sui consumi globali. Con questo tipo di impostazione non si intende individuare dei punti di "minimo" ma osservare come i vari "pacchetti di misure" (dettati dall'esperienza e dai risultati ottenuti con le prime due annualità RSE) influiscono sui tempi di ritorno che vengono qui assunti come indice sintetico di valutazione.

Le tipologie edilizie esistenti considerate sono le seguenti:

- edifici residenziali
 - abitazione monofamiliare isolata da 185 m²;
 - condominio da 1.156 m²;
- edifici uso ufficio:
 - piccolo 1.086 m²;
 - medio 3.030 m²;
- edifici scolastici:
 - piccolo: 826 m²;
 - medio 1.826 m².

Come già evidenziato i diversi "pacchetti di misure" sono stati scelti in base ai seguenti criteri:

- risultati ottenuti nelle ricerche precedenti (2015-16) che avevano preso in esame edifici scolastici e ad uso ufficio;
- impostazione di 3 livelli base di complessità crescente per edificio studiato, ovvero con un contenuto di misure minimo per il pacchetto 1 e massimo per il pacchetto 3. In altri termini: le misure di base (contenute nel pacchetto 1) si ritrovano nel pacchetto 2 e quelle di quest'ultimo nel pacchetto 3 in aggiunta ad altre.

In aggiunta sono state considerate delle varianti mirate soprattutto ad evidenziare l'influenza sui risultati energetici ed economici del solare termico, del fotovoltaico e della pompa di calore ibrida.

Il tutto è riassunto nel prospetto che segue.

Il tentativo è stato quello di scegliere delle soluzioni bilanciate per quanto riguarda investimenti, risparmio energetico e ricorso alle fonti rinnovabili. Va anche sottolineato che le soluzioni considerate sono quelle più adottate nella pratica. Per esempio, sono stati esclusi isolamenti di tutto il fabbricato (caratterizzate dall'adozione di cappotti per le pareti verticali) in quanto è già stata ampiamente verificata la tendenziale non economicità di questi interventi.

In tutto sono stati studiati 35 casi che raddoppiano tenendo conto delle fasce climatiche prese in considerazione.

Nel prospetto di sintesi che segue sono utilizzate le seguenti abbreviazioni:

SR	Sistema regolazione	IO	Involucro Opaco (SOLO tetto e superfici orizzontali)
GC	Generatore Calore a gas	PV	Fotovoltaico
IT	Involucro Trasparente (infissi completi)	ST	Solare Termico

Quadro di sintesi dei pacchetti di misure di efficienza energetica considerati per singola zona climatica. Sono indicate le eventuali varianti dei pacchetti e il corrispondente numero di casi studiati se diversi da uno.

STATO ATTUALE → PACCHETTO 1 → PACCHETTO 2 → PACCHETTO 3					Principali giustificazioni di base
RESIDENZIALE 1 185 m ² Anno 1960	sost. SR e GC + uso split esistente (*,**) (*) considerata variante con ST (**) considerata variante con PV (tre casi in totale)	PACCHETTO 1 + sost. IT (*,**) (*) considerata variante con ST (**) considerata variante con PV (tre casi in totale)	PACCHETTO 2 + isol. IO (*,**) (*) considerata variante con ST (**) considerata variante con PV (tre casi in totale)		Con le varianti viene confrontata l'influenza del ST e del PV sui risultati
RESIDENZIALE 1 185 m ² Anno 1960	sost. SR e GC con PdC ibrida + uso split esistente (*) (*) considerata variante con solo PV (due casi in totale)	PACCHETTO 1 + PV + sost. IT	PACCHETTO 2 + isol. IO		Viene valutato l'inserimento di una PdC ibrida per la sola zona climatica C in quanto più proponibile
RESIDENZIALE 2 1.156 m ² Anno 1980	sost. SR e GC + uso split esistente (*) (*) considerata variante con ST (due casi in totale)	PACCHETTO 1 + ST + sost. IT	PACCHETTO 2 + isol. IO		Nel condominio non viene considerato il PV in quanto la normativa vigente ostacola l'autoconsumo
UFFICI 1 1.080 m ² Anno 1940	sost. SR e GC e Gruppo frigo esistente con PdC	PACCHETTO 1 + PV + sost. IT	PACCHETTO 2 + isol. IO		Si ipotizza l'esistenza di terminali e sistema di distribuzione idoneo per il riscaldamento e il raffrescamento
UFFICI 2 3.030 m ² Anno 1990	sost. SR e GC e Gruppo frigo esistente con PdC	PACCHETTO 1 + PV + sost. IT	PACCHETTO 2 + isol. IO		
SCUOLA 1 826 m ² Anno 1900	sost. SR e GC (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)	PACCHETTO 1 + Sost. IT (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)	PACCHETTO 2 + isol. IO (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)		Pur in assenza di raffrescamento estivo, il PV contribuisce a migliorare il business-plan
SCUOLA 2 1.826 m ² Anno 1980	sost. SR e GC (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)	PACCHETTO 1 + Sost. IT (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)	PACCHETTO 2 + isol. IO (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)		

1.3 Sintesi dei risultati

Nella discussione che segue si considerano:

- interessanti gli investimenti che comportano tempi di ritorno overnight inferiori ai 10 anni;
- accettabili gli investimenti che comportano tempi di ritorno overnight inferiori ai 20 anni e ipotizzando la presenza di forme incentivanti (qui non discusse);
- problematici gli interventi con tempi di ritorno superiori ai 20 anni.

1.3.1 Residenziale

Per le diverse fasce climatiche l'applicazione dei pacchetti di misure più completi porta, per tutte le tipologie di edifici, a riduzioni massime dei consumi di energia primaria dell'ordine del 40-50% tuttavia a fronte di costi che comportano tempi di ritorno overnight compresi nella fascia 25-50 anni. In linea generale, risultati accettabili sono evidenziati dal solo pacchetto 1 (sostituzione generatore a gas e sistema di regolazione), mentre il medesimo affiancato dal fotovoltaico o dal solare termico si pone in una fascia intermedia.

La riqualificazione del fabbricato (sostituzione infissi, isolamento pareti opache) risulta sempre problematica sotto lo stretto profilo energetico-economico.

L'impiego di pompe di calore, infine, si rileva meno incoraggiante di quanto appaia nella bibliografia per il caso dei nuovi edifici in quanto l'applicazione delle PdC ibride, raccomandabili in presenza di distribuzione e terminali non idonei per temperature del fluido termovettore medio-basse, già comporta investimenti elevati in relazione al reale vantaggio energetico conseguito.

Edificio residenziale monofamiliare (variante con solare termico): risparmi energetici e prestazioni economiche. ΔEP_{gl} ; ΔEP_{nren} indicano rispettivamente la variazione di energia primaria globale e di energia primaria non rinnovabile rispetto all'energia primaria globale consumata dall'edificio nello stato iniziale. Significato dei colori e misure di efficienza considerate nei vari pacchetti:

	TRO < 10 anni (di potenziale interesse del mercato)
	TRO compresi tra 10 e 20 anni (di potenziale interesse in presenza di incentivi)
	TRO > 20 anni (di scarso o nullo interesse generale sulla base delle sole considerazioni economiche)

Pacchetto 1:	Sostituzione sistema regolazione + sostituzione generatore a gas
Pacchetto 1+ST:	Pacchetto 1 + solare termico
Pacchetto 2:	Pacchetto 1 + sostituzione infissi
Pacchetto 2+ST:	Pacchetto 1 + solare termico + sostituzione infissi
Pacchetto 3:	Pacchetto 2 + isolamento parziale involucro opaco
Pacchetto 3+ST:	Pacchetto 2 + solare termico + isolamento parziale involucro opaco

Tipologia edilizia	Pacchetto di misure	Zona climatica C (%)		Zona climatica E (%)	
		ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}	ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}
RESIDENZIALE 1 S=185 m ² Anno 1960	1	25	25	16	16
	1 + ST	22	32	19	22
	2	37	38	31	31
	2 + ST	35	45	30	34
	3	43	43	37	37
	3 + ST	40	50	35	40

Edificio residenziale monofamiliare (variante con fotovoltaico). Significato dei colori e misure di efficienza considerate nei vari pacchetti:

	TRO < 10 anni (di potenziale interesse del mercato)
	TRO compresi tra 10 e 20 anni (di potenziale interesse in presenza di incentivi)
	TRO > 20 anni (di scarso o nullo interesse generale sulla base delle sole considerazioni economiche)

Pacchetto 1: Sostituzione sistema regolazione + sostituzione generatore a gas
 Pacchetto 1+FV: Pacchetto 1 + fotovoltaico
 Pacchetto 2: Pacchetto 1 + sostituzione infissi
 Pacchetto 2+FV: Pacchetto 1 + fotovoltaico + sostituzione infissi
 Pacchetto 3: Pacchetto 2 + isolamento parziale involucro opaco
 Pacchetto 3+FV: Pacchetto 2 + fotovoltaico + isolamento parziale involucro opaco

Tipologia edilizia	Pacchetto di misure	Zona climatica C (%)		Zona climatica E (%)	
		ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}	ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}
RESIDENZIALE 1 S=185 m ² Anno 1960	1	25	25	16	16
	1 + FV	35	39	19	20
	2	37	38	31	31
	2 + FV	47	51	35	36
	3	43	43	37	37
	3 + FV	48	52	40	42

Edificio residenziale monofamiliare (variante con PdC ibrida). Significato dei colori e misure di efficienza considerate nei vari pacchetti:

	TRO < 10 anni (di potenziale interesse del mercato)
	TRO compresi tra 10 e 20 anni (di potenziale interesse in presenza di incentivi)
	TRO > 20 anni (di scarso o nullo interesse generale sulla base delle sole considerazioni economiche)

Pacchetto 1b: Sostituzione sistema regolazione + sostituzione generatore a gas con PdC ibrida
 Pacchetto 1b+FV: Pacchetto 1 + fotovoltaico
 Pacchetto 2b: Pacchetto 1 + fotovoltaico + sostituzione infissi
 Pacchetto 3b: Pacchetto 2 + fotovoltaico + isolamento parziale involucro opaco

Tipologia edilizia	Pacchetto di misure	Zona climatica C (%)	
		ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}
RESIDENZIALE 1 S=185 m ² Anno 1960	1b	16	17
	1b + FV	14	26
	2b	26	42
	3b	33	51

Edificio residenziale condominiale: risparmi energetici e prestazioni economiche. ΔEP_{gl} ; ΔEP_{nren} indicano rispettivamente la variazione di energia primaria globale e di energia primaria non rinnovabile rispetto all'energia primaria globale consumata dall'edificio nello stato iniziale. Significato dei colori e misure di efficienza considerate nei vari pacchetti:

	TRO < 10 anni (di potenziale interesse del mercato)
	TRO compresi tra 10 e 20 anni (di potenziale interesse in presenza di incentivi)
	TRO > 20 anni (di scarso o nullo interesse generale sulla base delle sole considerazioni economiche)

Pacchetto 1: Sostituzione sistema regolazione + sostituzione generatore a gas
Pacchetto 1+ST: Pacchetto 1 + solare termico
Pacchetto 2+ST: Pacchetto 1 + solare termico + sostituzione infissi
Pacchetto 3+ST: Pacchetto 2 + isolamento parziale involucro opaco

Tipologia edilizia	Pacchetto di misure	Zona climatica C (%)		Zona climatica E (%)	
		ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}	ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}
RESIDENZIALE 2 S=1.156 m ² Anno 1980	1	16	17	14	15
	1 + ST	14	36	13	19
	2 + ST	26	42	30	38
	3 + ST	33	51	41	50

1.3.2 Uffici

Questa tipologia di edifici presenta i risultati economici e i risparmi di energia primaria non rinnovabile più interessanti. Infatti, i tempi di ritorno overnight sono dell'ordine dei 5 anni per il pacchetto 1 e l'edificio di dimensioni maggiori (solo interventi di carattere impiantistico); di 10-15 anni per il pacchetto 2 (pacchetto 1 più sostituzione finestre) per tutti i casi e di circa 15 anni per il pacchetto 3 (pacchetto 2 più isolamento parziale della struttura). I risparmi di energia primaria non rinnovabile sono sempre superiori al 20% e possono raggiungere l'80% circa. I risultati migliori si conseguono in zona climatica C, dove l'applicazione della PdC risulta più redditizia.

Più complesso è invece l'andamento dei consumi di energia globale che in zona climatica E può risultare superiore a quelli dell'edificio iniziale. Quest'ultimo fatto indica come le prescrizioni che limitano i valori dei consumi di energia primaria globale (EP_{gl}) possano precludere situazioni dove, di fatto, si conseguono dei risparmi di energia primaria non rinnovabile (EP_{nren}), obiettivo che è comunque utile ai fini del contenimento dell'uso delle fonti fossili e delle relative emissioni di CO₂.

Edifici ad uso ufficio: risparmi energetici e prestazioni economiche. ΔEP_{gl} ; ΔEP_{nren} indicano rispettivamente la variazione di energia primaria globale e di energia primaria non rinnovabile rispetto all'energia primaria globale consumata dall'edificio nello stato iniziale. Significato dei colori e misure di efficienza considerate nei vari pacchetti:

	TRO < 10 anni (di potenziale interesse del mercato)
	TRO compresi tra 10 e 20 anni (di potenziale interesse in presenza di incentivi)
	TRO > 20 anni (di scarso o nullo interesse generale sulla base delle sole considerazioni economiche)

Pacchetto 1: Sostituzione sistema regolazione + sostituzione generatore e gruppo frigo esistenti con PdC HT
Pacchetto 2: Pacchetto 1 + solare termico + sostituzione infissi
Pacchetto 3: Pacchetto 2 + isolamento parziale involucro opaco

Tipologia edilizia	Pacchetto di misure	Zona climatica C (%)		Zona climatica E (%)	
		ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}	ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}
UFFICI 1 S=1080 m ² Anno 1940	1	13	45	7	44
	2	41	74	28	63
	3	66	86	56	80
UFFICI 2 S=3030 m ² Anno 1990	1	1	21	-28	41
	2	29	68	-3	65
	3	34	69	7	67

1.3.3 Scuole

Per questa tipologia di edifici l'impatto dell'applicazione dei vari pacchetti si pone intermedio tra quanto osservato per gli uffici e il residenziale. Di fatto, risulta di interesse il pacchetto 1 (sostituzione generatore e sistema di regolazione) anche nella variante con fotovoltaico, mentre il pacchetto 2 (aggiunta della sostituzione degli infissi) e tendenzialmente il pacchetto 3 (ulteriore aggiunta degli isolamenti) risultano accettabili solo se assistiti dal PV. Da un certo punto di vista, quindi, il fotovoltaico influenza non tanto il bilancio energetico ma soprattutto quello economico

Edifici ad uso scolastico: risparmi energetici e prestazioni economiche. ΔEP_{gl} ; ΔEP_{nren} indicano rispettivamente la variazione di energia primaria globale e di energia primaria non rinnovabile rispetto all'energia primaria globale consumata dall'edificio nello stato iniziale. Significato dei colori e misure di efficienza considerate nei vari pacchetti:

	TRO < 10 anni (di potenziale interesse del mercato)
	TRO compresi tra 10 e 20 anni (di potenziale interesse in presenza di incentivi)
	TRO > 20 anni (di scarso o nullo interesse generale sulla base delle sole considerazioni economiche)

Pacchetto 1: Sostituzione sistema regolazione + sostituzione generatore a gas
 Pacchetto 1+FV: Pacchetto 1 + fotovoltaico
 Pacchetto 2: Pacchetto 1 + sostituzione infissi
 Pacchetto 2+FV: Pacchetto 1 + fotovoltaico + sostituzione infissi
 Pacchetto 3: Pacchetto 2 + isolamento parziale involucro opaco
 Pacchetto 3+FV: Pacchetto 2 + fotovoltaico + isolamento parziale involucro opaco

Tipologia edilizia	Pacchetto di misure	Zona climatica C (%)		Zona climatica E (%)	
		ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}	ΔEP_{gl}	ΔEP_{nren}
SCUOLA 1 S=826 m ² Anno 1900	1	7	7	10	10
	1 + FV	7	7	10	10
	2	10	10	15	16
	2 + FV	41	59	30	37
	3	15	15	21	22
	3 + FV	46	65	36	44
SCUOLA 2 S=1.826 m ² Anno 1980	1	14	14	12	12
	1 + FV	14	14	12	12
	2	27	28	29	30
	2 + FV	50	64	39	44
	3	38	40	42	43
	3 + FV	61	75	52	57

1.4 Commenti di carattere generale sui risultati

Le tabelle di sintesi sopra riportate evidenziano chiaramente che:

- le soluzioni accettabili, nei termini definiti in questa sede, si limitano alla sola sostituzione del generatore di calore e del sistema di regolazione. L'introduzione della PdC rientra in questo alveo solo se sussistono le condizioni opportune per facilitarne l'adozione (assenza o quasi di interventi sulla distribuzione e sui terminali);
- gli interventi più interessanti rimangono comunque quelli impiantistici, mentre, salvo casi particolari, gli interventi sull'involucro risultano quasi sempre discutibili sotto il profilo energetico-economico². Da questo punto di vista si può affermare che, a buona ragione, le attuali prescrizioni diano un peso eccessivo a questo tipo di misure³;

² E' necessario sottolineare questa condizione e i suoi limiti. Con questo tipo di impostazione non si tiene conto degli eventuali vantaggi extra-energetici derivanti dagli interventi di riqualificazione del fabbricato, quale la diminuzione del rumore, l'eliminazione dell'umidità superficiale, ecc.. La problematica viene ripresa nella parte finale.

³ Questa situazione è sostanzialmente giustificata dal fatto che nello stabilire i requisiti minimi del DM 26.6.2015 non si era tenuto conto dell'opzione "isolamento zero" delle singole superfici, ovvero nel caso delle ristrutturazioni si considerava sempre un incremento

- in genere gli interventi accettabili sono caratterizzati da una quota di energia rinnovabile ridotta o quasi nulla;
- il residenziale è il settore che presenta le maggiori difficoltà tra quelli esaminati. Questa situazione è legata anche ad un aspetto formale, ovvero l'esclusione dell'illuminazione e di eventuali altri carichi elettrici, per questa destinazione d'uso dal calcolo energetico. Il residenziale e in particolare gli edifici collettivi sono anche penalizzati dal fatto che l'attuale normativa mette in pratica fuori dal mercato gli impianti fotovoltaici impedendo l'autoconsumo dell'energia prodotta da impianti condominiali.⁴

1.5 La problematica della definizione di NZEB per gli edifici esistenti

1.5.1 Inquadramento della problematica e prime proposte

L'analisi svolta in questo studio si basa sull'assunto principale che gli investimenti per il risparmio energetico debbano essere giustificati sotto il solo profilo economico. Le prescrizioni contenute nel DM 26.6.15 (decreto "requisiti minimi") sono state individuate applicando metodologie simili ma, nel caso degli edifici esistenti, sono risultate non coerenti con le aspettative del mercato delle ristrutturazioni. In particolare, la definizione data agli NZEB è stata coniata anticipando le prescrizioni per il fabbricato al 2020⁵ e imponendo un largo ricorso alle fonti rinnovabili o a tecnologie particolari (teleriscaldamento). Conseguentemente, lo status di NZEB per gli edifici esistenti è attualmente percepito come un traguardo antieconomico (in un certo senso "inutile") e non come *driver* capace di dare un significativo contributo all'avvio di processi virtuosi di ammodernamento del patrimonio edilizio.

In questo quadro si ritiene che l'eventuale riformulazione della definizione di NZEB debba aspirare a un senso di mercato, ovvero essere basata su prescrizioni che necessariamente devono distinguersi da quelle proprie dei "requisiti minimi" (anch'esse da riformulare) ma comunque tali da risultare di interesse della imprenditoria specializzata, come quella delle ESCo.

Di fatto, come evidenziato in apertura di questa sintesi, status di NZEB e di "requisiti minimi" dovrebbero essere strettamente correlati tra loro.

L'analisi dei risultati ottenuti con lo studio evidenzia come gli eventuali "requisiti minimi" per le ristrutturazioni dovrebbero limitarsi a regolare soprattutto i seguenti aspetti:

- interventi di carattere impiantistico, in particolare la sostituzione dei generatori e del sistema di regolazione;
- introduzione delle fonti rinnovabili nei casi più favorevoli, quali il solare termico e soprattutto il fotovoltaico per il quale dovrebbe essere consentito l'autoconsumo da parte degli utenti dei condomini^{6,7}.

di isolamento minimo, oltre a una probabile sottovalutazione dei costi di applicazione delle varie misure agli edifici esistenti. Questi aspetti erano già stati messi in evidenza nei precedenti studi RSE.

⁴ Non è concesso attivare una utenza condominiale alla quale allacciare l'intero condominio, e poi ripartire spese energetiche (e beneficio dell'autoconsumo da fotovoltaico) tra i condomini in base ad una ripartizione interna, a meno di attivare licenze ed autorizzazioni il cui ottenimento e mantenimento sono complessi ed onerosi. In pratica, quindi, ciò comporta il fatto che eventuali impianti fotovoltaici presenti sul tetto devono essere o dei singoli condomini o delle sole utenze condominiali (con conseguente riduzione dell'autoconsumo e del beneficio).

⁵ Nei paragrafi precedenti è stato sottolineato come la riqualificazione del fabbricato (isolamenti) sia in genere antieconomica. Imponendo i massimi indici di prestazione anche per i NZEB ottenuti da edifici esistenti, il legislatore ha quindi aggravato la situazione (sempre sotto il profilo economico).

⁶ Infatti, si ritiene che un sostanziale impulso alla diffusione del fotovoltaico nei condomini esistenti sia possibile dando la possibilità di gestire la produzione di elettricità di un impianto in comune a favore dei condomini stessi. Questo risultato potrebbe essere conseguito con un POD condominiale abilitato a cedere energia elettrica ai POD dei singoli utenti senza la preventiva immissione in rete. Infatti, allo stato attuale delle cose l'energia elettrica prodotta da un impianto in comune deve essere obbligatoriamente immessa in rete, da dove il prelievo è assoggettato agli oneri di sistema. Questa è probabilmente una delle maggiori cause della scarsa o nulla diffusione del fotovoltaico negli edifici collettivi.

⁷ I risultati ottenuti nel triennio di ricerche RSE evidenziano come probabilmente l'unica tecnologia che, sotto il profilo generale, possa aumentare il suo grado di penetrazione sia il fotovoltaico. Di fatto altre tecnologie come l'uso delle biomasse o l'allaccio a reti di teleriscaldamento o altre applicazioni (ad esempio il geotermico assistito o meno da pompe di calore) non risultano generalizzabili per una serie di motivi. Il fotovoltaico: (a) contrariamente al solare termico è suscettibile di continui miglioramenti tecnologici e,

Ciò comporta di “limitare” il potenziale risparmio di energia primaria globale indicativamente a valori dell’ordine del 10-25%⁸.

Partendo da queste basi la definizione di NZEB potrebbe quindi mirare ad aumentare il contributo delle energie rinnovabili e la prestazione energetica attraverso la riqualificazione del fabbricato, tenendo presente che tali interventi dovrebbero essere in qualche modo facilitati sotto il profilo economico⁹.

Questo tipo di impostazione è schematizzato nella figura che segue.

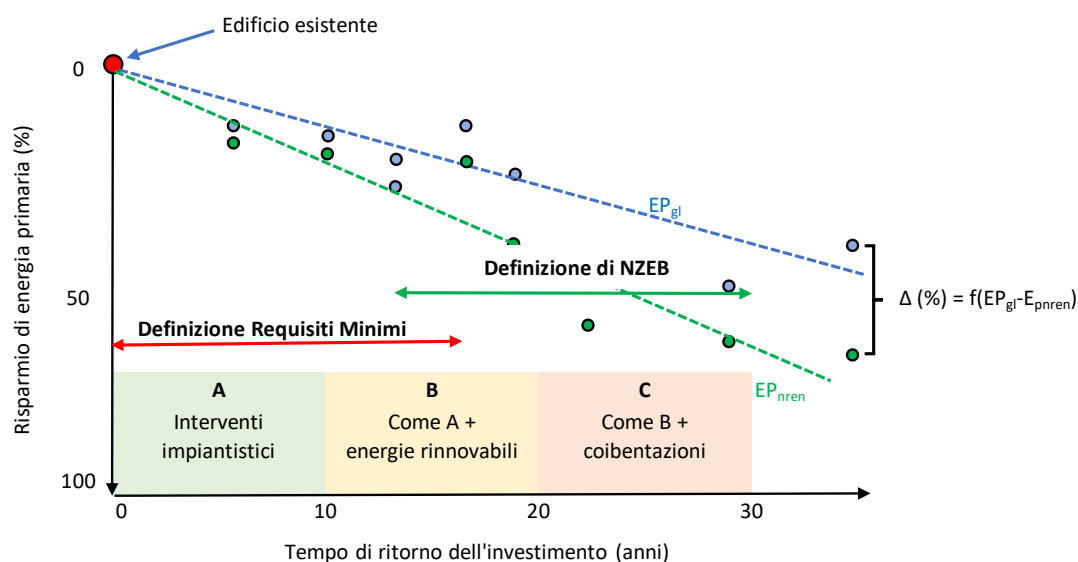


Figura 3 – Facendo riferimento alla Figura 2, i risultati della ricerca suggeriscono come degli eventuali nuovi “requisiti minimi” per le ristrutturazioni dovrebbero favorire l’introduzione di pacchetti di misure che rientrano nella zona A evidenziata nel grafico e in parte in quella B, mentre la definizione di NZEB dovrebbe interessare i pacchetti di misure che interessano parte della zona B e la zona C.

In questa ottica risulta interessante valutare anche il legame qualitativo tra aumento delle prestazioni energetiche (esprimibili in termini di decremento di EP_{gl} o EP_{nren} all’aumentare del grado di complessità delle misure di riqualificazione energetica) e investimenti specifici richiesti.

soprattutto, di riduzioni dei costi di fabbricazione; (b) ben si accoppia con la crescente diffusione dei dispositivi elettrici negli edifici (e quindi dei relativi consumi), in primis le pompe di calore; (c) si presta al potenziamento della generazione distribuita (aspetto comunque di minore interesse per questo studio).

⁸ La normativa potrebbe poi escludere questo tipo di interventi da qualsiasi fonte incentivante o limitarla alle sole fonti rinnovabili.

⁹ Ovvero le misure incentivanti potrebbero essere riservate alla sola riqualificazione a NZEB.

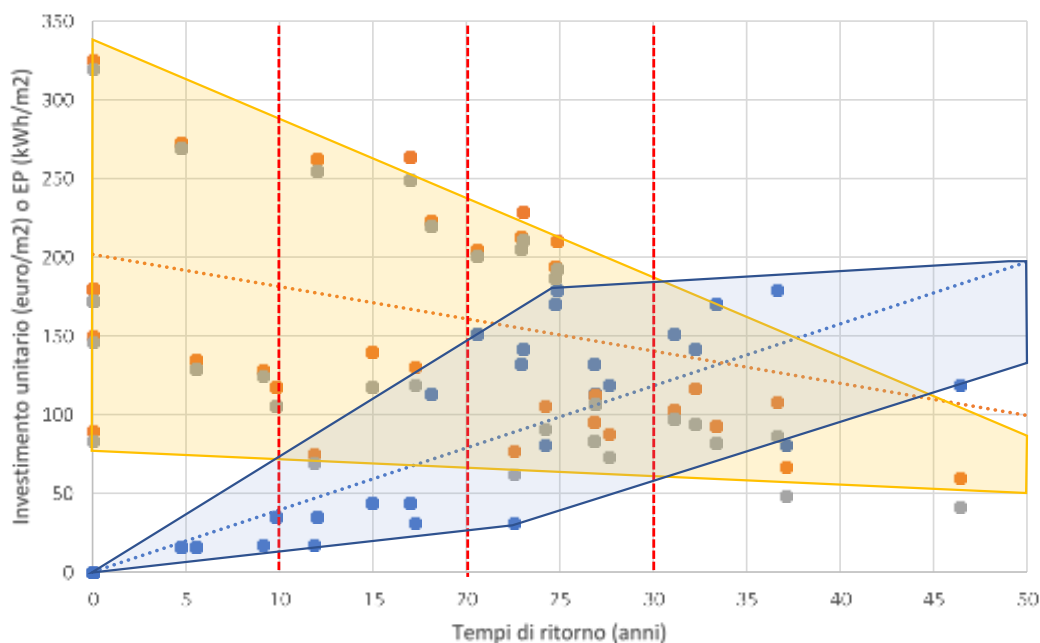


Figura 4 – RESIDENZIALE: Correlazioni qualitative tra TRO, investimenti specifici (andamento crescente all'aumentare di TRO) e consumi di EPgl ed EPnren (andamento decrescente all'aumentare di TRO). Sono considerate tutte le fasce climatiche ed evidenziate le fasce definite dai tempi di ritorno coerentemente alla Fig. 3.

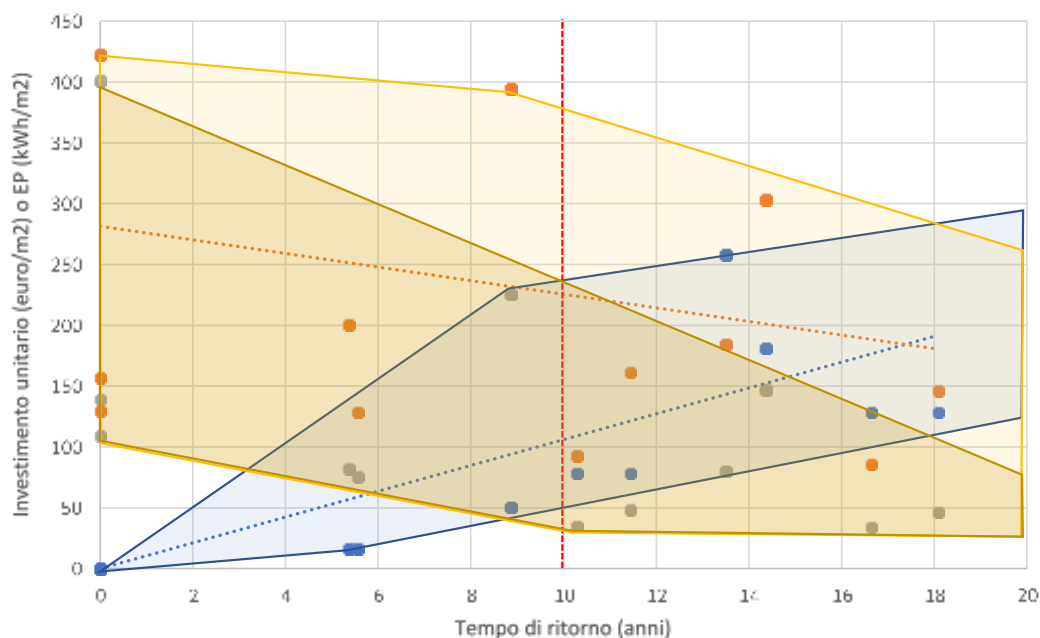
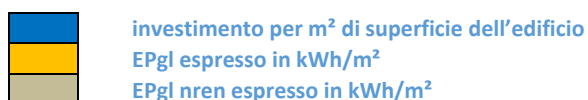


Figura 5 – UFFICI: Correlazioni qualitative tra TRO, investimenti specifici (andamento crescente all'aumentare di TRO) e consumi di EPgl ed EPnren (andamento decrescente all'aumentare di TRO, in questo caso il corrispondente andamento qualitativo viene differenziato con due tonalità diverse). Sono considerate tutte le fasce climatiche ed evidenziate le fasce definite dai tempi di ritorno coerentemente alla Fig. 3.



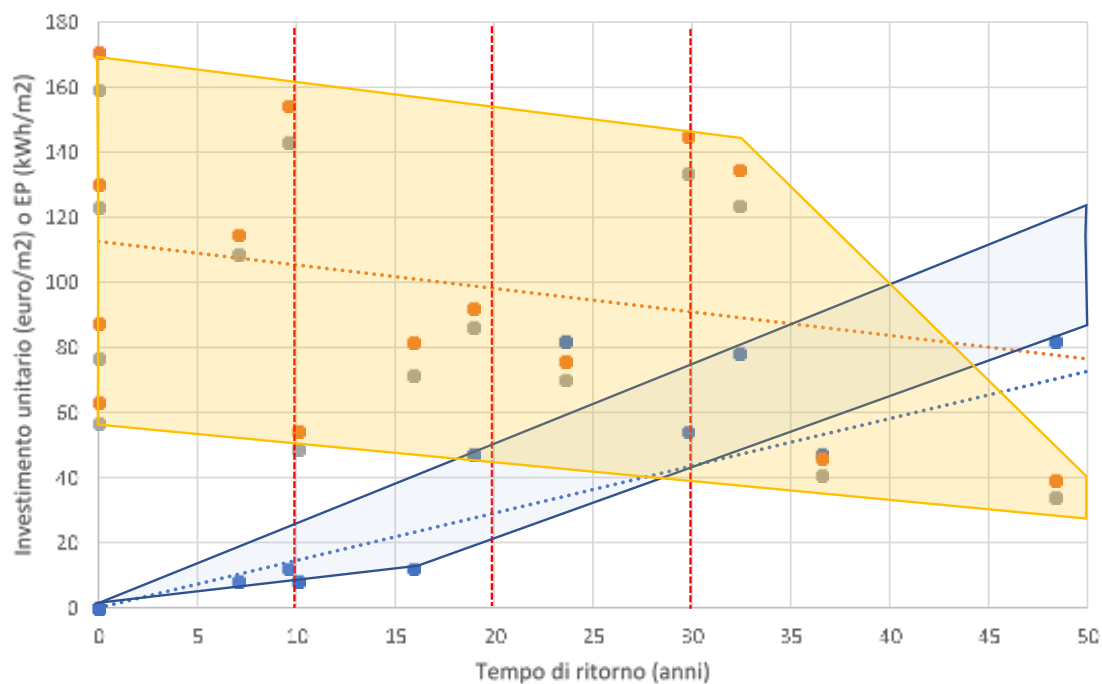
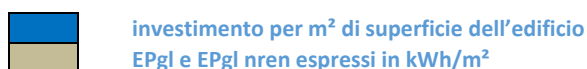


Figura 6 - SCUOLE: Correlazioni qualitative tra TRO, investimenti specifici (andamento crescente all'aumentare di TRO) e consumi di EPgl ed EPnren (andamento decrescente all'aumentare di TRO). Sono considerate tutte le fasce climatiche ed evidenziate le fasce definite dai tempi di ritorno coerentemente alla Fig. 3.



L'intero quadro porta a formulare la proposta di carattere normativo sintetizzata nel prospetto che segue.

Proposta di massima per il riordino delle prescrizioni per la definizione di NZEB ottenuti da edifici esistenti. Come evidenziato nel testo, l'ambito definito dalle definizioni di NZEB richiedono anche un adeguamento delle prescrizioni relative ai "requisiti minimi".

Destinazione d'uso (ristrutturazione di edifici esistenti)	Riqualficazioni da regolare con i requisiti minimi	Riqualficazioni da regolare con la definizione di NZEB	Note
RESIDENZIALE	Sostituzione generatori di calore e regolazione del clima	Requisiti minimi + installazione impianti solari + prescrizioni sugli isolamenti	Necessaria rivisitazione normativa sul PV condominiale. Gli incentivi economici dovrebbero interessare solo la riqualficazione a NZEB.
UFFICI	Sostituzione generatori di calore e regolazione del clima; installazione impianti fotovoltaici	Requisiti minimi + prescrizioni sugli isolamenti	
SCUOLE	Sostituzione generatori di calore e regolazione del clima	Requisiti minimi + installazione impianti solari + prescrizioni sugli isolamenti	

1.5.3 Un aspetto cardine

Nei paragrafi precedenti è stato sottolineato più volte come l'intera impostazione della ricerca e la discussione dei risultati sia stata condotta *partendo dal presupposto fondamentale che gli investimenti per le riqualificazioni energetiche debbano essere giustificati su basi strettamente economiche, quindi facendo riferimento ai risparmi monetari derivanti dal solo risparmio energetico*.

Conseguentemente occorre confinare le conclusioni della ricerca e le relative proposte in un reale ambito di "ristrutturazioni puramente energetiche".

Da questo punto di vista, è stato verificato come gli unici interventi "convenienti" per l'utente si basino sulla riqualificazione della sola centrale termica e del sistema di regolazione¹⁰, e come gli interventi più complessi possano rientrare nell'eventuale status di NZEB (che comunque necessita di facilitazioni economiche).

Tuttavia, la realtà operativa risulta più articolata in quanto la riqualificazione degli edifici generalmente è legata ad obiettivi che vanno oltre alla semplice questione energetica.

In aggiunta, alcuni interventi tipicamente classificati come "puramente energetici" portano anche ad evidenti vantaggi di altra natura, quali, ad esempio:

- l'aumento del confort generale a seguito della sostituzione dei serramenti (contenimento del rumore) e della posa di isolamenti (contenimento del rumore, migliore uniformità della temperatura, eliminazione di eventuali problemi creati dall'umidità superficiale, ecc.);
- il miglioramento estetico a seguito del rifacimento delle facciate (con conseguente potenziale incremento del valore dell'edificio).

Un altro aspetto di straordinaria importanza nazionale è poi l'adeguamento antisismico delle strutture.

Se quindi la "profondità" dell'intervento è tale da rendere la riqualificazione non più "puramente energetica" è evidente che dovrebbero essere applicate prescrizioni diverse, che potrebbero coincidere con quelle dei nuovi edifici. Già la vigente normativa tiene conto di questa eventualità.

Un esempio è quello legato agli impianti di distribuzione dell'energia termica e dei relativi terminali di emissione. Una assunzione base (e condizionante) del presente studio è quella di mantenere inalterate queste sezioni dell'impianto (ammettendo indirettamente la loro funzionalità) in quanto l'eventuale loro rifacimento sulla base di criteri "puramente energetici" al fine di conseguire migliori rendimenti di distribuzione ed emissione risulterebbero pesantemente antieconomici. E' chiaro che, sempre a livello esemplificativo, il rifacimento anche parziale delle solette dettate da altri obiettivi progettuali metterebbe in discussione il tutto. In questa ipotesi, infatti, la posa di una nuova rete di distribuzione comporterebbe un investimento aggiuntivo ridotto, peraltro influenzando notevolmente sulla scelta degli eventuali nuovi generatori di calore. Si potrebbe per esempio passare da una soluzione di semplice sostituzione di un generatore a gas in un'ottica "puramente energetica" alla posa di una rete a quattro tubi e alla sostituzione del generatore a gas con una pompa di calore reversibile in un'ottica di ristrutturazione generale e adeguamento antisismico dell'edificio.

Si tratta quindi di scenari completamente diversi e che quindi richiedono un inquadramento diverso.

Queste considerazioni suggeriscono di:

- distinguere con chiarezza la riqualificazione "puramente energetica" assoggettandola a requisiti minimi ridotti, come delineato nel prospetto sopra riportato;
- distinguere meglio le varie tipologie di intervento. In particolare, andrebbe definito quando la "profondità" degli interventi sia tale da rendere le misure di riqualificazione energetica potenzialmente "multifunzionali" e quindi parzialmente imputabili al bilancio economico qui discusso (per esempio per gli infissi e gli isolamenti sopra citati);
- definire al meglio quando la riqualificazione è di una "profondità" tale da coincidere con la realizzazione di nuovi edifici.

Le definizioni di NZEB nei vari casi risulterebbero necessariamente collegate.

¹⁰ Non a caso coerentemente con gli interventi oggi effettuati dalle ESCo.

Nel prospetto che segue si cerca di delineare un tentativo in questa direzione specificando:

- la riqualificazione puramente energetica, così come già definita;
- la “riqualificazione multifunzionale profonda”, definita come una situazione dove gli investimenti per la ristrutturazione e la realizzazione di un nuovo edificio diventano comparabili.

Si noti come nel caso della riqualificazione “puramente energetica” lo status di NZEB vada ad interessare misure di intervento che richiedono, in assenza di incentivi economici, un extra-investimento che potrebbe essere accettato dagli utenti a fronte del tipo di qualifica e dei vantaggi (non contabilizzati sul mero piano economico) di carattere extra-economico. In questa ottica la qualifica potrebbe, se ben gestita, effettivamente costituire un *driver* di mercato.

Proposta di massima per il riordino delle prescrizioni per la definizione di NZEB ottenuti da edifici esistenti.

Scenario (edifici esistenti)	Ambito di applicazione dei requisiti minimi	Ambito di applicazione della definizione di NZEB
Riqualificazione “puramente energetica”	Sostituzione generatori di calore e regolazione del clima (requisiti base)	Requisiti minimi base + installazione impianti solari + isolamenti
Riqualificazione multifunzionale profonda	Come per gli edifici nuovi	Come per gli edifici nuovi

1.6 Raccomandazioni per l’aggiornamento della normativa

La ricerca ha evidenziato due ambiti di intervento, il primo di miglioramento delle attuali prescrizioni e il secondo di impostazione complessiva del quadro normativo di interesse degli edifici esistenti.

In dettaglio, nel primo caso sembrerebbe opportuno:

- favorire l’installazione di impianti fotovoltaici collettivi (es. per i condomini) dando la possibilità di coprire gli autoconsumi dei singoli partecipanti;
- introdurre nel calcolo della prestazione energetica degli edifici residenziali l’illuminazione ed eventuali carichi elettrici, al fine di valorizzare al meglio l’apporto di energia rinnovabile;

mentre nel secondo:

- definire al meglio la differenziazione tra riqualificazione “puramente energetica” e riqualificazione multifunzionale “profonda” per la quale le prescrizioni possono coincidere da quelle previste per gli edifici nuovi;
- basare le prescrizioni per requisiti minimi solo sulla base delle caratteristiche dell’impianto e della sua regolazione;
- basare la definizione di NZEB sostanzialmente sulla riqualificazione del fabbricato e l’introduzione di impianti per le fonti rinnovabili.

2 Selezione degli edifici e dati generali

In questa sezione vengono descritti gli edifici ad uso ufficio individuati per effettuare una valutazione energetica ed economica. Vengono di seguito esposti i criteri che hanno portato alla scelta di tali strutture come campione rappresentativo di un'edilizia diffusa in tutto il territorio nazionale italiano.

Le valutazioni sono state condotte per tre casi, con caratteristiche tipologiche, geometriche ed edilizie differenti.

2.1 Criteri per l'identificazione degli edifici rappresentativi

Per avere una visione sufficientemente completa della moltitudine di edifici che compongono il parco immobiliare italiano, sono stati scelti sei edifici diversi, appartenenti a 3 destinazioni d'uso. In particolare nel presente lavoro sono stati analizzati edifici appartenenti alla seguenti destinazioni:

- edifici residenziali
 - Casa isolata
 - Condominio
- edifici adibiti ad uffici
 - Due edifici di taglie e tipologie diverse
- edifici scolastici
 - Due edifici di taglie e tipologie diverse

Le tre classi di destinazione d'uso sono caratterizzate da notevoli differenze per quanto riguarda gli usi energetici, le tipologie edilizie e di impianti che normalmente vengono utilizzati. Basti pensare che gli edifici scolastici e gli uffici si differenziano per la climatizzazione estiva, così come il residenziale e il non residenziale, ad esempio, per il tipo di ventilazione (naturale o meccanica).

2.2 Criteri per l'identificazione delle località climatiche

Il territorio presenta una varietà estremamente ampia di condizioni climatiche che influenzano i consumi e l'efficienza degli edifici. Le condizioni climatiche determinano una variazione nei consumi per la climatizzazione estiva e invernale oltre a determinare una sensibile variazione del contributo rinnovabile, sia in termini di apporti solari che nella produzione di energia elettrica e termica da fonte rinnovabile. Dal rapporto STREPIN 2015 è possibile dedurre la distribuzione della popolazione e dei comuni per località climatica:

Tabella 1 Destinazione dei comuni e della popolazione per zona climatica (fonte: STREPIN)

<i>Zona climatica</i>	Gradi Giorno (GG)	Numero di comuni	Popolazione residente	% Popolazione residente
<i>A</i>	$GG \leq 600$	2	22.989	0,04%
<i>B</i>	$600 < GG \leq 900$	157	3.176.382	5,33%
<i>C</i>	$900 < GG \leq 1.400$	989	12.657.407	21,25%
<i>D</i>	$1.400 < GG \leq 2.100$	1611	14.970.952	25,13%
<i>E</i>	$2.100 < GG \leq 3.000$	4271	27.123.848	45,53%
<i>F</i>	$GG > 3.000$	1071	1.619.003	2,72%

Dalla precedente tabella è possibile dedurre che in termini di popolazione residente il 91,91% della popolazione risiede tra le zone C ed E e per tale ragione, ai fini della scelta delle località climatica, per le analisi

energetiche sono state scelte due località climatiche poste in zona E (Milano) e in zona C (Napoli). La zona E risulta essere la zona più popolata e Milano sicuramente la città più popolosa, così come è Napoli per la zona climatica C.

2.3 RESIDENZIALE – EDIFICIO ISOLATO

2.3.1 PIANTE – PROSPETTI -SEZIONI

Viene di seguito riportata una planimetria tipo dell'edificio analizzato. Il resto degli elaborati è inserito nell'Appendice B.

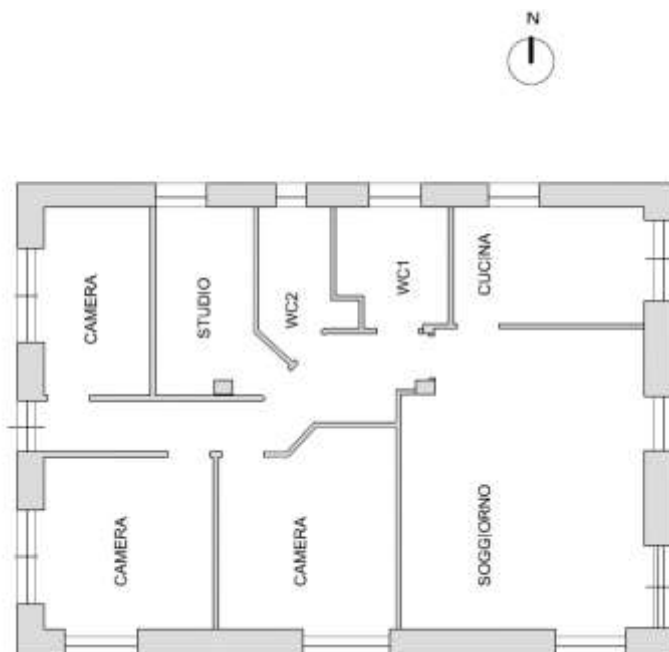


Figura 1 Edificio residenziale 1- Pianta piano terra

2.3.2 Informazioni generali

Di seguito vengono riportate le informazioni generali relative all'edificio denominato "1", suddivise in dati di contesto e generali, proprietà geometriche e dati relativi all'utenza e parametri gestionali.

Tabella 2 Edificio residenziale 1 - dati di contesto dell'edificio

	Zona climatica E	Zona climatica C
<i>Destinazione d'uso prevalente</i>	Residenziale	
<i>Tipologia</i>	condominio con struttura a telaio in c.a. e tamponature in muratura	
<i>Anno di costruzione</i>	1960	
<i>Numero di piani riscaldati</i>	2	
<i>Numero di piani non riscaldati</i>	1 (sottotetto)	
<i>Numero di unità immobiliari</i>	1	
<i>Comune</i>	Milano	Napoli
<i>Provincia</i>	MI	NA
<i>Zona climatica</i>	E	C
<i>gradi giorno</i>	2404	1034
<i>Temperatura esterna di progetto invernale</i>	-2	+5
<i>Inizio periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 ottobre	15 novembre
<i>Fine periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 aprile	31 marzo
<i>Numero di giorni di attivazione</i>	181	151

Tabella 3 Edificio residenziale 1 - proprietà geometriche dell'edificio

Descrizione della grandezza	Unità di misura	Valore
Superficie climatizzata	$[m^2]$	185,30
Volume netto	$[m^3]$	518,84
Volume lordo	$[m^3]$	776,20
Superficie disperdente esterna	$[m^2]$	565,03
Rapporto S/V	$[m^{-1}]$	0,73

Tabella 4 Edificio residenziale 1 - dati relativi all'utenza e parametri gestionali

Descrizione della grandezza	Unità di misura	Valore
Tipologia di ventilazione	-	Naturale
Coefficiente di ricambio dell'aria	$[1/h]$	0,3
Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento	$[^{\circ}C]$	20
Temperatura interna di regolazione per raffrescamento	$[^{\circ}C]$	26

2.3.3 Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio

I dati relativi alle strutture che compongono l'involucro dell'edificio 1 sono riportati nel paragrafo seguente. I valori riportati sono suddivisi in due tabelle: la prima è relativa alle componenti opache (pareti, solai e pavimenti), mentre la seconda è relativa alle strutture trasparenti (finestre comprensive di vetri). Per le strutture opache, si riportano i valori di trasmittanza termica, massa superficiale e trasmittanza termica periodica, nonché il valore limite della trasmittanza per l'edificio NZEB. Nella tabella delle strutture trasparenti, si riportano i valori di trasmittanza termica del telaio e del vetro, oltre alla trasmittanza termica lineica del ponte termico del bordo tra telaio e vetro, ed infine il fattore solare del vetro. In quest'ultima tabella, oltre ai valori relativi alla struttura utilizzata nell'edificio, vengono riportati i valori limiti prescritti dal Decreto Minimi per gli edifici NZEB.

Tabella 5 Edificio residenziale 1 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro opaco

Struttura disperdenti opache	Unità di misura	Attuale
parete verticale esterna U	$[W/m^2K]$	1,17
pavimento verso terreno U	$[W/m^2K]$	1,91
soffitto di copertura U	$[W/m^2K]$	1,72

Tabella 6 Edificio residenziale 1 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro trasparente

Struttura disperdenti trasparenti	Unità di misura	Attuale
Trasmittanza termica telaio (U_f)	$[W/m^2K]$	2,0
Trasmittanza termica vetro (U_g)	$[W/m^2K]$	3,3
Trasmittanza termica lineica bordo	$[W/m^2K]$	0,06
Trasmittanza termica infisso + vetro (U_w)	$[W/m^2K]$	3,2
Fattore solare	$g_{gl,sh}$	0,75

2.4 RESIDENZIALE - CONDOMINIO

2.4.1 PIANTE – PROSPETTI -SEZIONI

Di seguito viene riportata una planimetria tipo dell'edificio analizzato. Il resto degli elaborati è inserito nell'Appendice B.

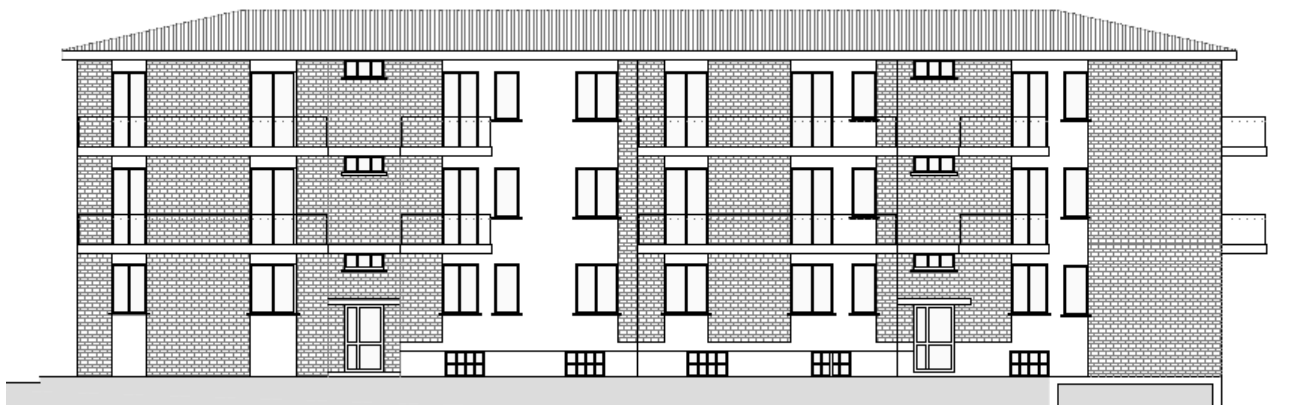
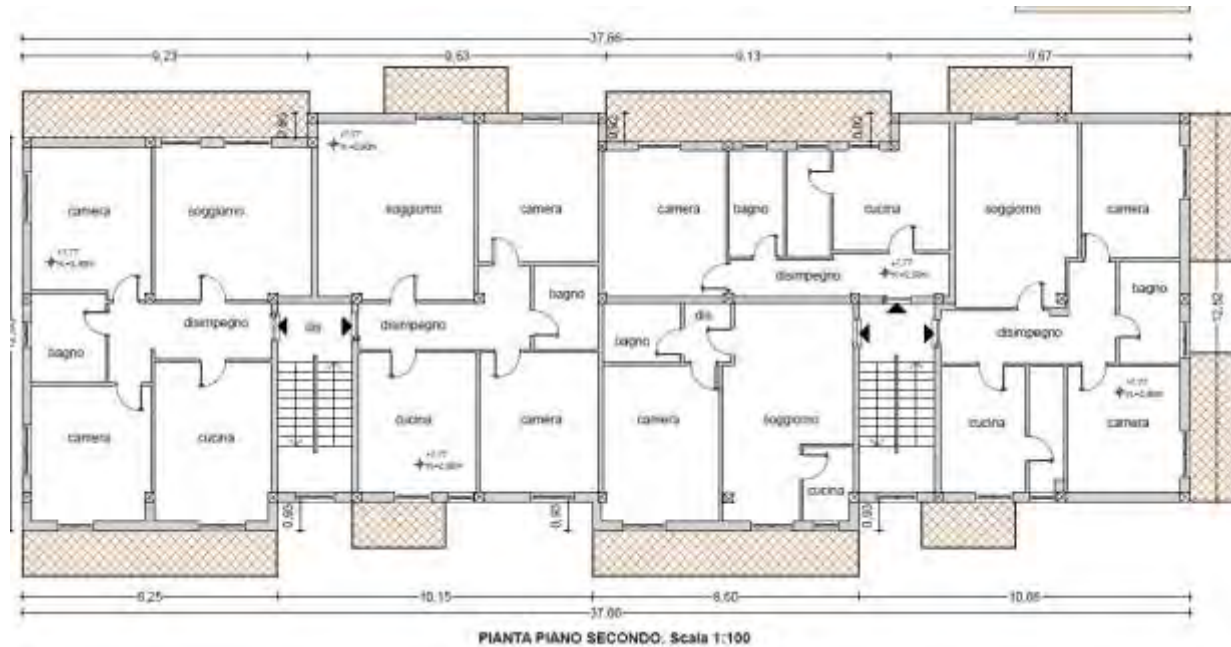


Figura 2 Edificio residenziale 2 - Pianta tipo e prospetto Sud

2.4.2 Informazioni generali

Nella presente sezione vengono riportate le informazioni generali relative all'edificio denominato "2", suddivise in dati di contesto e generali, proprietà geometriche e dati relativi all'utenza e parametri gestionali.

Tabella 7 Edificio residenziale 2 - dati di contesto dell'edificio

	Zona climatica E	Zona climatica C
Destinazione d'uso prevalente	Residenziale	
Tipologia	casa isolata in struttura mista muratura portante / c.a.	
Anno di costruzione	1980	
Numero di piani riscaldati	3	
Numero di piani non riscaldati	2 (sottotetto e garage)	
Numero di unità immobiliari	15	
Comune	Milano	Napoli
Provincia	MI	NA
Zona climatica	E	C
gradi giorno	2404	1034
Temperatura esterna di progetto invernale	-2	+5
Inizio periodo convenzionale di riscaldamento	15 ottobre	15 novembre
Fine periodo convenzionale di riscaldamento	15 aprile	31 marzo
Numero di giorni di attivazione	181	151

Tabella 8 Edificio residenziale 2 - proprietà geometriche dell'edificio

Descrizione della grandezza	Unità di misura	Valore
Superficie climatizzata	[m ²]	1.156
Volume netto	[m ³]	3.121,20
Volume lordo	[m ³]	4.044,19
Superficie disperdente esterna	[m ²]	2.100,82
Rapporto S/V	[m ⁻¹]	0,52

Tabella 9 Edificio residenziale 2 - dati relativi all'utenza e parametri gestionali

Descrizione della grandezza	Unità di misura	Valore
Tipologia di ventilazione	-	naturale
Coefficiente di ricambio dell'aria	[1/h]	0,3
Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento	[°C]	20
Temperatura interna di regolazione per raffrescamento	[°C]	26

2.4.3 Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio

Di seguito si riportano i dati relativi alle strutture che compongono l'involucro dell'edificio 2. Vengono riportati i valori suddivisi in due tabelle: la prima è relativa alle componenti opache (pareti, solai e pavimenti), mentre la seconda è relativa alle strutture trasparenti (finestre comprensive di vetri). Per le strutture opache, si riportano i valori di trasmittanza termica, massa superficiale e trasmittanza termica periodica, nonché il valore limite della trasmittanza per l'edificio NZEB. Nella tabella delle strutture trasparenti, si riportano i valori di trasmittanza termica del telaio e del vetro, oltre alla trasmittanza termica lineica del ponte termico del bordo tra telaio e vetro, ed infine il fattore solare del vetro. In quest'ultima tabella, oltre ai valori relativi alla struttura utilizzata nell'edificio, vengono riportati i valori limite prescritti dal Decreto Minimi per gli edifici NZEB.

Tabella 10 Edificio residenziale 2 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro opaco

Struttura disperdenti opache	Unità di misura	Attuale
<i>parete verticale esterna</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	0,67
<i>pavimento verso garage</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	0,74
<i>soffitto di copertura</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	1,72

Tabella 11 Edificio residenziale 2 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro trasparente

Struttura disperdenti trasparenti	Unità di misura	Attuale
<i>Trasmittanza termica telaio (U_f)</i>	[W/m ² K]	2,0
<i>Trasmittanza termica vetro (U_g)</i>	[W/m ² K]	3,3
<i>Trasmittanza termica lineica bordo</i>	[W/m ² K]	0,06
<i>Trasmittanza termica infisso + vetro (U_w)</i>	[W/m ² K]	3,2
<i>Fattore solare</i>	<i>g_{gl,sh}</i>	0,75

2.5 TERZIARIO UFFICI – EDIFICIO 1

2.5.1 PIANTE – PROSPETTI -SEZIONI

In questa sezione viene riportata una planimetria tipo dell'edificio analizzato. Il resto degli elaborati è inserito nell'Appendice B.

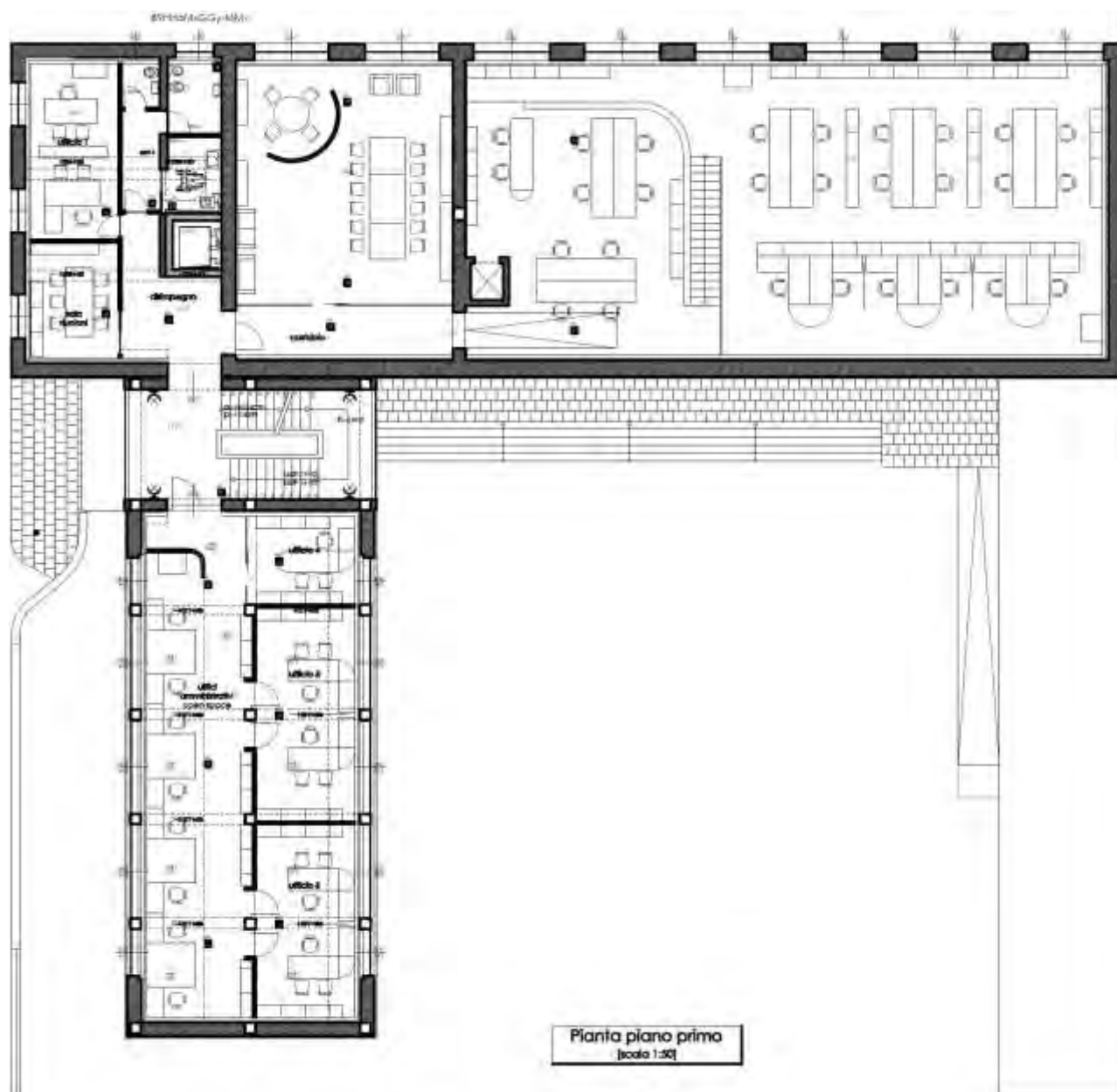


Figura 3 Edificio uffici 1 - pianta piano primo

2.5.2 Informazioni generali

Di seguito vengono riportate le informazioni generali relative all'edificio denominato "1", suddivise in dati di contesto e generali, proprietà geometriche e dati relativi all'utenza e parametri gestionali.

Tabella 12 Edificio uffici 1 - dati di contesto dell'edificio

	Zona climatica E	Zona climatica C
<i>Destinazione d'uso prevalente</i>	Uffici	
<i>Tipologia</i>	struttura mista muratura portante / c.a.	
<i>Anno di costruzione</i>	1940	
<i>Numero di piani riscaldati</i>	3	
<i>Numero di piani non riscaldati</i>	0	
<i>Numero di unità immobiliari</i>	1	
<i>Comune</i>	Milano	Napoli
<i>Provincia</i>	MI	NA
<i>Zona climatica</i>	E	C
<i>gradi giorno</i>	2404	1034
<i>Temperatura esterna di progetto invernale</i>	-2	+5
<i>Inizio periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 ottobre	15 novembre
<i>Fine periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 aprile	31 marzo
<i>Numero di giorni di attivazione</i>	181	151

Tabella 13 Edificio uffici 1 - proprietà geometriche dell'edificio

Descrizione della grandezza	Unità di misura	Valore
<i>Superficie climatizzata</i>	[m ²]	1.079,60
<i>Volume netto</i>	[m ³]	4.190,51
<i>Volume lordo</i>	[m ³]	5.669,10
<i>Superficie disperdente esterna</i>	[m ²]	3.114,00
<i>Rapporto S/V</i>	[m ⁻¹]	0,55

Tabella 14 Edificio uffici 1- dati relativi all'utenza e parametri gestionali

Descrizione della grandezza	Unità di misura	Valore
<i>Tipologia di ventilazione</i>	-	meccanica con recuperatore
<i>Coefficiente di ricambio dell'aria</i>	[l/s pers]	11
<i>Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento</i>	[°C]	20
<i>Temperatura interna di regolazione per raffrescamento</i>	[°C]	26

2.5.3 Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio

In questa sezione si riportano i dati relativi alle strutture che compongono l'involucro dell'edificio 1. Vengono riportati i valori suddivisi in due tabelle: la prima è relativa alle componenti opache (pareti, solai e pavimenti), mentre la seconda è relativa alle strutture trasparenti (finestre comprensive di vetri). Per le strutture opache, si riportano i valori di trasmittanza termica, massa superficiale e trasmittanza termica periodica, nonché il valore limite della trasmittanza per l'edificio NZEB. Nella tabella delle strutture trasparenti, si riportano i valori di trasmittanza termica del telaio e del vetro, oltre alla trasmittanza termica lineica del ponte termico del bordo tra telaio e vetro, ed infine il fattore solare del vetro. In quest'ultima tabella, oltre ai valori relativi alla struttura utilizzata nell'edificio, vengono riportati i valori limite prescritti dal Decreto Minimi per gli edifici NZEB.

Tabella 15 Edificio uffici 1- descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro opaco

Struttura disperdenti opache	Unità di misura	Attuale
<i>parete verticale esterna</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	0,8-1,6
<i>pavimento verso terreno</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	2,5
<i>soffitto di copertura</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	1,9

Tabella 16 Edificio uffici 1 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro trasparente

Struttura disperdenti trasparenti	Unità di misura	Attuale
<i>Trasmittanza termica telaio (U_f)</i>	[W/m ² K]	7,0
<i>Trasmittanza termica vetro (U_g)</i>	[W/m ² K]	5,8
<i>Trasmittanza termica lineica bordo</i>	[W/m ² K]	0
<i>Trasmittanza termica infisso + vetro (U_w)</i>	[W/m ² K]	6,9
<i>Fattore solare</i>	$g_{gl,sh}$	0,9

2.6 TERZIARIO UFFICI – EDIFICIO 2

2.6.1 PIANTE – PROSPETTI -SEZIONI

Di seguito viene riportata una planimetria tipo dell'edificio analizzato. Il resto degli elaborati è inserito nell'Appendice B.

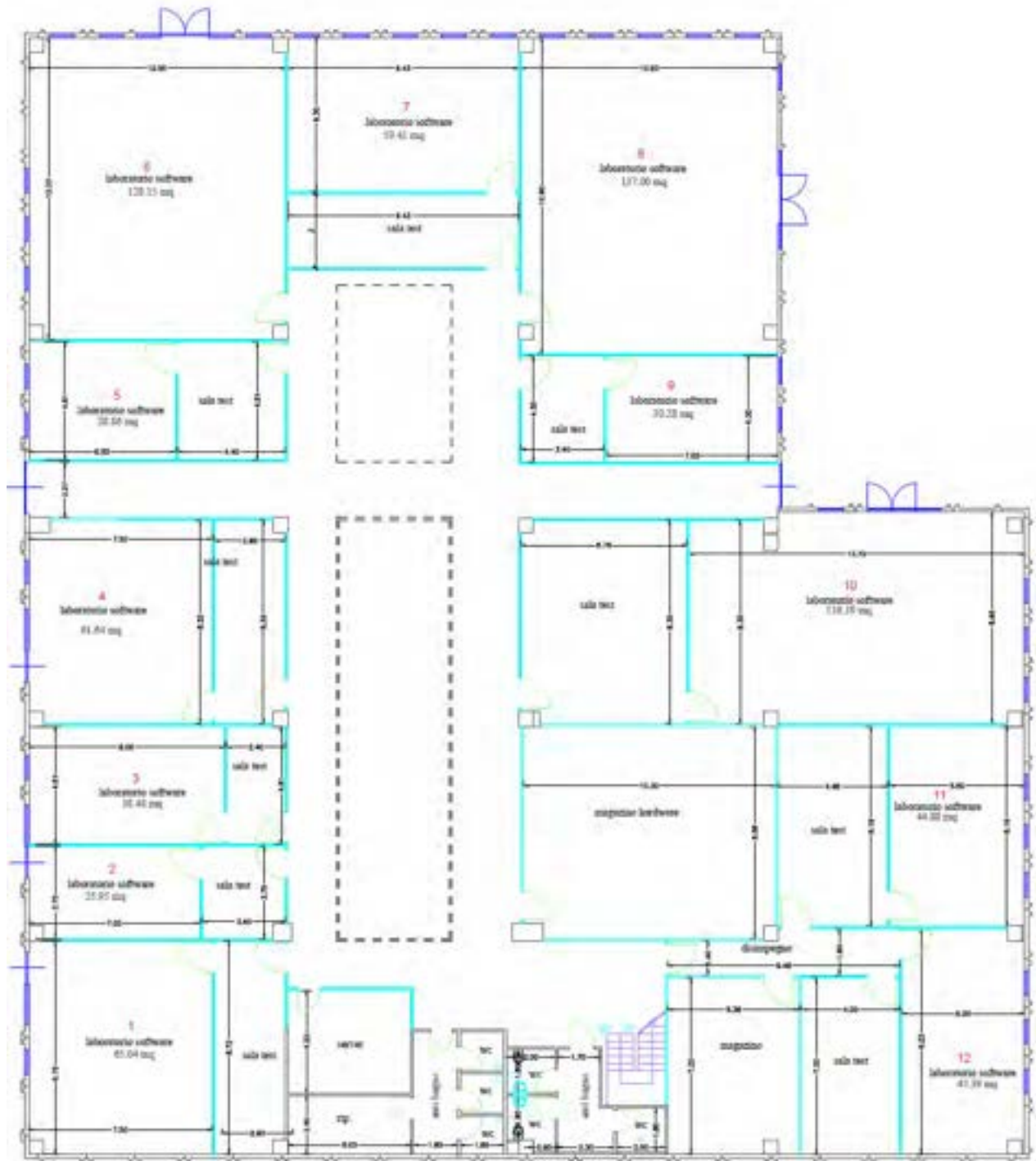


Figura 4 - Edificio uffici 2 – pianta piano terra

2.6.2 Informazioni generali

Di seguito vengono riportate le informazioni generali relative all'edificio denominato "2", suddivise in dati di contesto e generali, proprietà geometriche e dati relativi all'utenza e parametri gestionali.

Tabella 17 Edificio uffici 2 - dati di contesto dell'edificio

	<i>Zona climatica E</i>	<i>Zona climatica C</i>
<i>Destinazione d'uso prevalente</i>	Uffici	
<i>Tipologia</i>	struttura portante in c.a. tamponato con pannelli prefabbricati	
<i>Anno di costruzione</i>	1990	
<i>Numero di piani riscaldati</i>	2	
<i>Numero di piani non riscaldati</i>	0	
<i>Numero di unità immobiliari</i>	1	
<i>Comune</i>	Milano	Napoli
<i>Provincia</i>	MI	NA
<i>Zona climatica</i>	E	C
<i>gradi giorno</i>	2404	1034
<i>Temperatura esterna di progetto invernale</i>	-2	+5
<i>Inizio periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 ottobre	15 novembre
<i>Fine periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 aprile	31 marzo
<i>Numero di giorni di attivazione</i>	181	151

Tabella 18 Edificio uffici 2 - proprietà geometriche dell'edificio

<i>Descrizione della grandezza</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
<i>Superficie climatizzata</i>	$[m^2]$	3.130
<i>Volume netto</i>	$[m^3]$	9.446
<i>Volume lordo</i>	$[m^3]$	11.528
<i>Superficie disperdente esterna</i>	$[m^2]$	4.677
<i>Rapporto S/V</i>	$[m^{-1}]$	0,35

Tabella 19 Edificio uffici 2 - dati relativi all'utenza e parametri gestionali

<i>Descrizione della grandezza</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
<i>Tipologia di ventilazione</i>	-	meccanica con recuperatore
<i>Coefficiente di ricambio dell'aria</i>	$[l/s \text{ pers}]$	11
<i>Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento</i>	$[^{\circ}C]$	20
<i>Temperatura interna di regolazione per raffrescamento</i>	$[^{\circ}C]$	26

2.6.3 Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio

In questa sezione si riportano i dati relativi alle strutture che compongono l'involucro dell'edificio 2. Vengono riportati i valori suddivisi in due tabelle: la prima è relativa alle componenti opache (pareti, solai e pavimenti), mentre la seconda è relativa alle strutture trasparenti (finestre comprensive di vetri). Per le strutture opache, si riportano i valori di trasmittanza termica, massa superficiale e trasmittanza termica periodica, nonché il valore limite della trasmittanza per l'edificio NZEB. Nella tabella delle strutture trasparenti, si riportano i valori di trasmittanza termica del telaio e del vetro, oltre alla trasmittanza termica lineica del ponte termico del bordo tra telaio e vetro, ed infine il fattore solare del vetro. In quest'ultima tabella, oltre ai valori relativi alla struttura utilizzata nell'edificio, vengono riportati i valori limite prescritti dal Decreto Minimi per gli edifici NZEB.

Tabella 20 Edificio uffici 2 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro opaco

Struttura disperdenti opache	Unità di misura	Attuale
<i>parete verticale esterna</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	0,58
<i>pavimento verso terreno</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	1,92
<i>soffitto di copertura</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	0,69

Tabella 21 Edificio uffici 2 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro trasparente

Struttura disperdenti trasparenti	Unità di misura	Attuale
<i>Trasmittanza termica telaio (U_f)</i>	[W/m ² K]	7,0
<i>Trasmittanza termica vetro (U_g)</i>	[W/m ² K]	3,3
<i>Trasmittanza termica lineica bordo</i>	[W/m ² K]	0
<i>Trasmittanza termica infisso + vetro (U_w)</i>	[W/m ² K]	4,5
<i>Fattore solare</i>	$g_{gl,sh}$	0,67

2.7 EDIFICIO SCOLASTICO – EDIFICIO 1

2.7.1 PIANTE – PROSPETTI – SEZIONI

Di seguito viene riportata una planimetria tipo dell'edificio analizzato. Il resto degli elaborati è inserito nell'Appendice B.

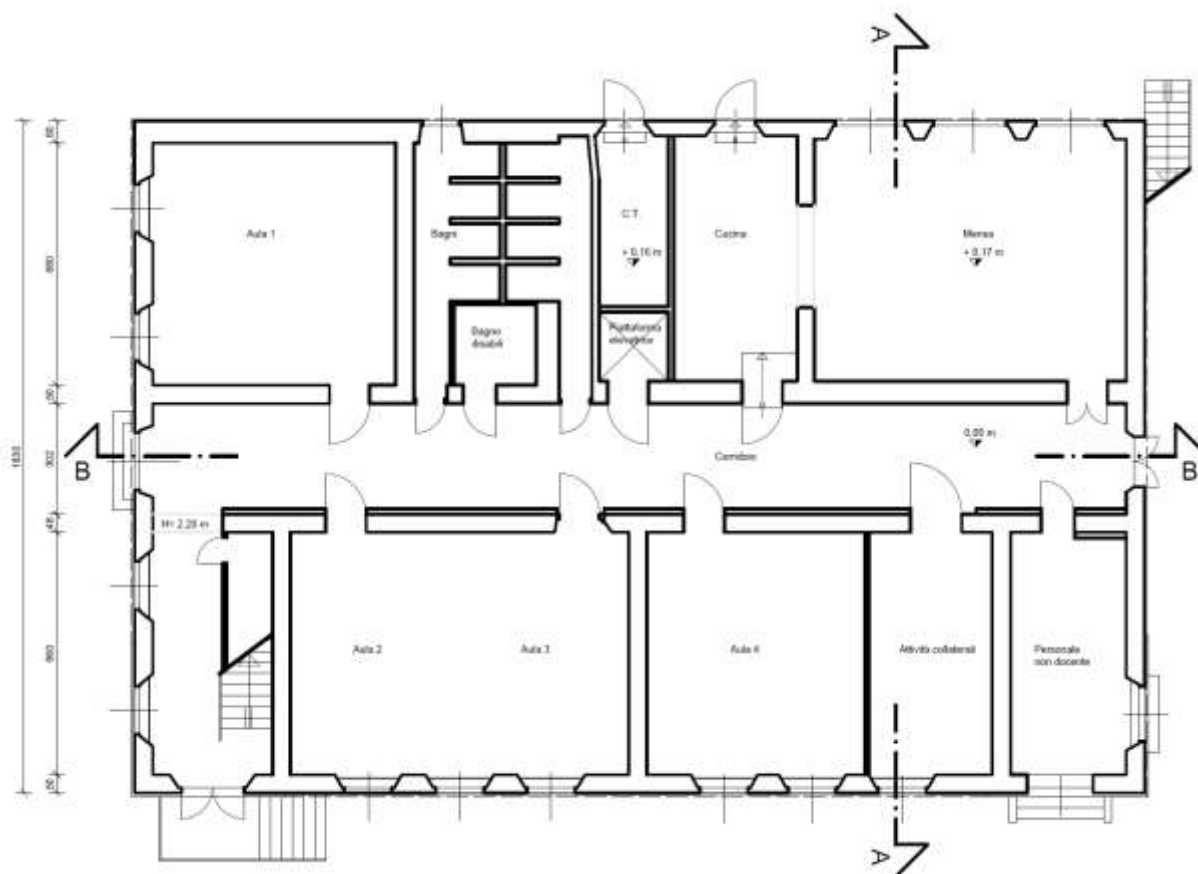


Figura 5 Edificio scolastico 1 - Pianta piano terra

2.7.2 Informazioni generali

Nella presente sezione vengono riportate le informazioni generali relative all'edificio denominato "1", suddivise in dati di contesto e generali, proprietà geometriche e dati relativi all'utenza e parametri gestionali.

Tabella 22 Edificio scolastico 1 - dati di contesto dell'edificio

	<i>Zona climatica E</i>	<i>Zona climatica C</i>
<i>Destinazione d'uso prevalente</i>	Scuola	
<i>Tipologia</i>	struttura in muratura portante	
<i>Anno di costruzione</i>	1900	
<i>Numero di piani riscaldati</i>	2	
<i>Numero di piani non riscaldati</i>	1 (sottotetto)	
<i>Numero di unità immobiliari</i>	1	
<i>Comune</i>	Milano	Napoli
<i>Provincia</i>	MI	NA
<i>Zona climatica</i>	E	C
<i>gradi giorno</i>	2404	1034
<i>Temperatura esterna di progetto invernale</i>	-2	+5
<i>Inizio periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 ottobre	15 novembre
<i>Fine periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 aprile	31 marzo
<i>Numero di giorni di attivazione</i>	181	151

Tabella 23 Edificio scolastico 1 - proprietà geometriche dell'edificio

<i>Descrizione della grandezza</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
<i>Superficie climatizzata</i>	[m ²]	826,66
<i>Volume netto</i>	[m ³]	3.141,31
<i>Volume lordo</i>	[m ³]	4.596,94
<i>Superficie disperdente esterna</i>	[m ²]	1.847,13
<i>Rapporto S/V</i>	[m ⁻¹]	0,40

Tabella 24 Edificio scolastico 1 - dati relativi all'utenza e parametri gestionali

<i>Descrizione della grandezza</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
<i>Tipologia di ventilazione</i>	-	meccanica con recuperatore
<i>Coefficiente di ricambio dell'aria</i>	[l/s pers]	6
<i>Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento</i>	[°C]	20
<i>Temperatura interna di regolazione per raffrescamento</i>	[°C]	-

2.7.3 Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio

Di seguito si riportano i dati relativi alle strutture che compongono l'involucro dell'edificio 1. Vengono riportati i valori suddivisi in due tabelle: la prima è relativa alle componenti opache (pareti, solai e pavimenti), mentre la seconda è relativa alle strutture trasparenti (finestre comprensive di vetri). Per le strutture opache, si riportano i valori di trasmittanza termica, massa superficiale e trasmittanza termica periodica, nonché il valore limite della trasmittanza per l'edificio NZEB. Nella tabella delle strutture trasparenti, si riportano i valori di trasmittanza termica del telaio e del vetro, oltre alla trasmittanza termica lineica del ponte termico del bordo tra telaio e vetro, ed infine il fattore solare del vetro. In quest'ultima tabella, oltre ai valori relativi alla struttura utilizzata nell'edificio, vengono riportati i valori limite prescritti dal Decreto Minimi per gli edifici NZEB.

Tabella 25 Edificio scolastico 1 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro opaco

Struttura disperdenti opache	Unità di misura	Attuale
parete verticale esterna U	$[W/m^2K]$	1,37
pavimento verso terreno U	$[W/m^2K]$	1,91
soffitto di copertura U	$[W/m^2K]$	1,76

Tabella 26 Edificio scolastico 1 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro trasparente

Struttura disperdenti trasparenti	Unità di misura	Attuale
Trasmittanza termica telaio (U_f)	$[W/m^2K]$	2,0
Trasmittanza termica vetro (U_g)	$[W/m^2K]$	3,0
Trasmittanza termica lineica bordo	$[W/m^2K]$	0,06
Trasmittanza termica infisso + vetro (U_w)	$[W/m^2K]$	2,8
Fattore solare	$g_{gl,sh}$	0,75

2.8 EDIFICIO SCOLASTICO – EDIFICIO 2

2.8.1 PIANTE – PROSPETTI –SEZIONI

In questa sezione viene riportata una planimetria tipo dell'edificio analizzato. Il resto degli elaborati è inserito nell'Appendice B.



Figura 6 Edificio scolastico 2 - Pianta piano terra

2.8.2 Informazioni generali

Vengono di seguito riportate le informazioni generali relative all'edificio denominato "2", suddivise in dati di contesto e generali, proprietà geometriche e dati relativi all'utenza e parametri gestionali.

Tabella 27 Edificio scolastico 2 - dati di contesto dell'edificio

	Zona climatica E	Zona climatica C
<i>Destinazione d'uso prevalente</i>	Scuola	
<i>Tipologia</i>	telaio in c.a. tamponatura con muro in laterizi forati e cappotto	
<i>Anno di costruzione</i>	1950	
<i>Numero di piani riscaldati</i>	3	
<i>Numero di piani non riscaldati</i>	0	
<i>Numero di unità immobiliari</i>	1	
<i>Comune</i>	Milano	Napoli
<i>Provincia</i>	MI	NA
<i>Zona climatica</i>	E	C
<i>gradi giorno</i>	2404	1034
<i>Temperatura esterna di progetto invernale</i>	-2	+5
<i>Inizio periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 ottobre	15 novembre
<i>Fine periodo convenzionale di riscaldamento</i>	15 aprile	31 marzo
<i>Numero di giorni di attivazione</i>	181	151

Tabella 28 Edificio scolastico 2 - proprietà geometriche dell'edificio

Descrizione della grandezza	Unità di misura	Valore
Superficie climatizzata	[m ²]	1.826,28
Volume netto	[m ³]	6.027,18
Volume lordo	[m ³]	8.177
Superficie disperdente esterna	[m ²]	3.235,15
Rapporto S/V	[m ⁻¹]	0,40

Tabella 29 Edificio scolastico 2 - dati relativi all'utenza e parametri gestionali

Descrizione della grandezza	Unità di misura	Valore
Tipologia di ventilazione	-	meccanica con recuperatore
Coefficiente di ricambio dell'aria	[l/s pers]	6
Temperatura interna di regolazione per riscaldamento	[°C]	20
Temperatura interna di regolazione per raffrescamento	[°C]	-

2.8.3 Descrizione dei componenti strutturali costituenti l'edificio

Di seguito si riportano i dati relativi alle strutture che compongono l'involucro dell'edificio 2. Vengono riportati i valori suddivisi in due tabelle: la prima è relativa alle componenti opache (pareti, solai e pavimenti), mentre la seconda è relativa alle strutture trasparenti (finestre comprensive di vetri). Per le strutture opache, si riportano i valori di trasmittanza termica, massa superficiale e trasmittanza termica periodica, nonché il valore limite della trasmittanza per l'edificio NZEB. Nella tabella delle strutture trasparenti, si riportano i valori di trasmittanza termica del telaio e del vetro, oltre alla trasmittanza termica lineica del ponte termico del bordo tra telaio e vetro, ed infine il fattore solare del vetro. In quest'ultima tabella, oltre ai valori relativi alla struttura utilizzata nell'edificio, vengono riportati i valori limite prescritti dal Decreto Minimi per gli edifici NZEB.

Tabella 30 Edificio scolastico 2 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro opaco

Struttura disperdenti opache	Unità di misura	Attuale
<i>parete verticale esterna</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	0,58
<i>pavimento verso terreno</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	0,86
<i>soffitto di copertura</i> <i>U</i>	[W/m ² K]	1,91

Tabella 31 Edificio scolastico 2 - descrizione dei componenti strutturali costituenti l'involucro trasparente

Struttura disperdenti trasparenti	Unità di misura	Attuale
<i>Trasmittanza termica telaio (U_f)</i>	[W/m ² K]	3,0
<i>Trasmittanza termica vetro (U_g)</i>	[W/m ² K]	5,0
<i>Trasmittanza termica lineica bordo</i>	[W/m ² K]	0,02
<i>Trasmittanza termica infisso + vetro (U_w)</i>	[W/m ² K]	3,6
<i>Fattore solare</i>	<i>g_{gl,sh}</i>	0,75

2.9 Identificazione dei servizi energetici e metodo di calcolo

Nel calcolo dei fabbisogni energetici vengono considerati i consumi derivanti dai diversi servizi energetici presenti negli edifici e previsti dalla legislazione vigente e dalla normativa. Per le diverse categorie di edifici i servizi energetici considerati sono differenti, in particolare la normativa prevede una differenziazione tra edifici residenziali e non residenziali. In particolare, per gli edifici non residenziali (uffici, scuole, ecc) il fabbisogno di energia primaria globale viene calcolato con la seguente relazione:

$$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T$$

mentre per gli edifici residenziali la relazione viene ridotta in:

$$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C$$

Dove:

- EP_H : indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;
- EP_W : indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria;
- EP_V : indice di prestazione energetica per gli ausiliari della ventilazione;
- EP_C : indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;
- EP_L : indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale;
- EP_T : indice di prestazione energetica per il trasporto (ascensori, scale mobili, ecc.).

Da considerare però che per quanto riguarda le scuole, non essendo utilizzate nel periodo estivo, non è stato previsto l'impianto di climatizzazione estiva.

Per quanto concerne il calcolo dei fabbisogni energetici di cui al titolo del presente paragrafo, il calcolo dei suddetti è stato svolto secondo i seguenti riferimenti normativi:

- fabbisogno energetico per il riscaldamento, raffrescamento e produzione di ACS (UNI TS 11300 1-2-4);
- ausiliari elettrici degli impianti termici secondo UNI TS 11300-2;
- ventilazione meccanica controllata secondo UNI TS 11300-2;
- illuminazione secondo UN EN 15193-1 [8];
- trasporto secondo UNI/TS 11300-6 [9].

Il calcolo numerico viene simulato con il software MC4 suite, che implementa le suddette normative ed è certificato dal Comitato Termotecnico Italiano.

In merito al consumo per il trasporto di persone, nel caso di edifici adibiti a ufficio tale indicatore è notoriamente basso e di 1 o 2 ordini di grandezza inferiore al consumo globale. Dato che nei casi studio tali dispositivi non sono presenti e non si prevede di realizzarne di nuovi nel caso di intervento, si ritiene che questo indicatore possa essere trascurato.

Nei grafici seguenti vengono riportati per i sei edifici analizzati la distribuzione percentuale dei consumi energetici, suddivisi per ciascun servizio energetico.

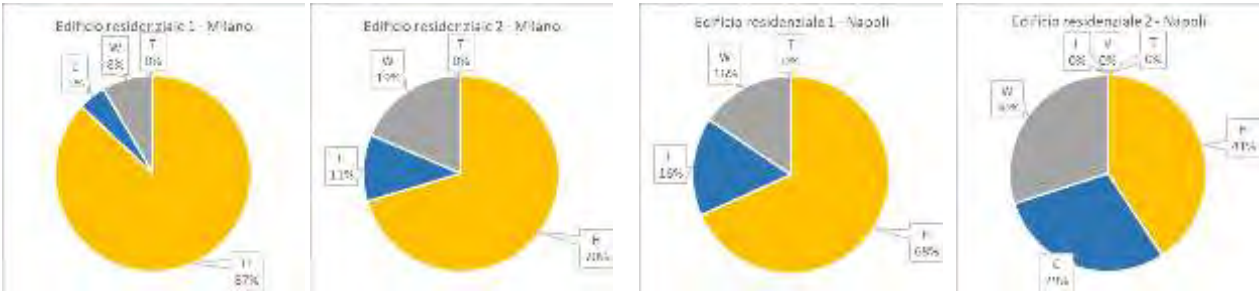


Figura 7 Fabbisogno energetico suddiviso in servizi – edifici residenziali

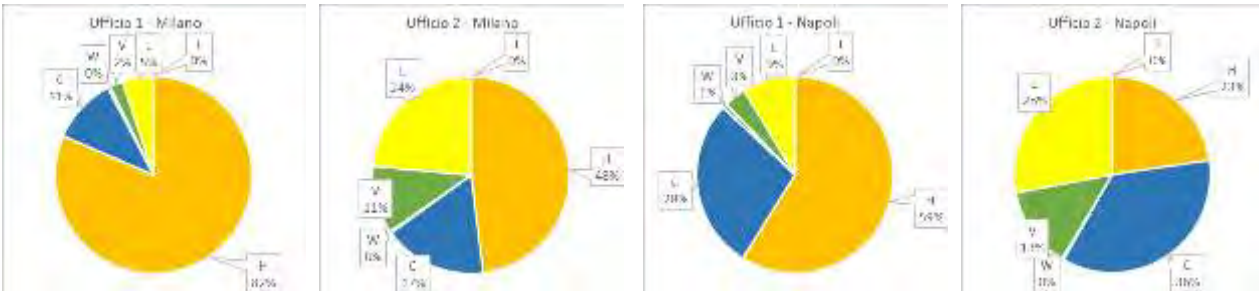


Figura 8 Fabbisogno energetico suddiviso in servizi – uffici

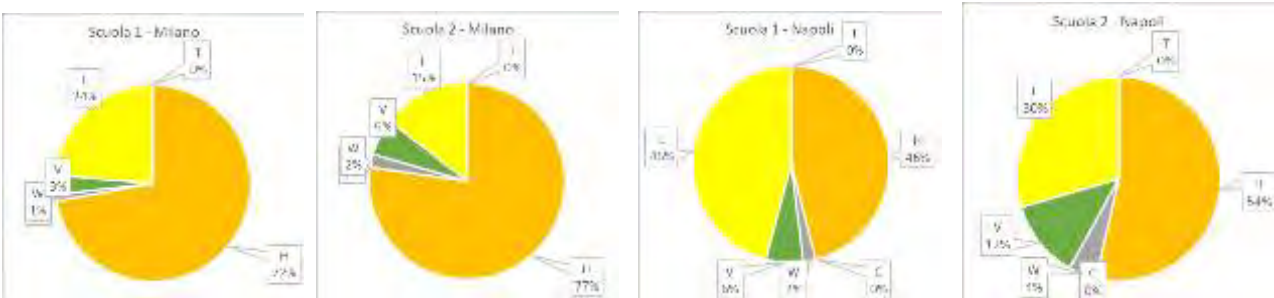


Figura 9 Fabbisogno energetico suddiviso in servizi – scuole

Cod.	Servizio energetico
H	Riscaldamento
C	Raffrescamento
W	Acqua calda sanitaria
L	Illuminazione
T	Trasporto
V	Ventilazione

3 Identificazione dei pacchetti e possibili confronti

Di seguito vengono riportati i pacchetti di efficientamento energetico proposti, unitamente allo scenario di confronto, corrispondente allo stato attuale. Lo stato attuale rappresenta l'edificio come si presenta in questo momento, cioè prima che vengano proposte ipotesi di incremento dell'efficienza energetica.

Gli edifici sono costruiti in epoche antecedenti l'odierna legislazione e, pertanto, denotano carenze per quanto riguarda il consumo energetico. Nel presente studio i pacchetti proposti sono stati studiati in modo da ottimizzare gli interventi dal punto di vista energetico – economico. I diversi pacchetti proposti hanno una complessità e onerosità crescente, per cui si parte dal primo pacchetto più economico e che determina una prima riduzione di energia e un costo più contenuto, per poi arrivare al secondo e al terzo pacchetto ottenuti partendo dal primo e aggiungendo progressivamente altri interventi di efficientamento.

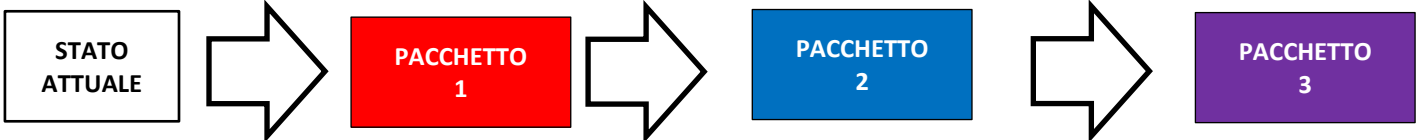
Di seguito vengono descritti in dettaglio i diversi scenari.

In tutto sono stati studiati 35 casi che raddoppiano tenendo conto delle fasce climatiche prese in considerazione.

Nella tabella sono utilizzate le seguenti abbreviazioni:

SR	Sistema regolazione	IO	Involucro Opaco (SOLO tetto e superfici orizzontali)
GC	Generatore Calore a gas	PV	Fotovoltaico
IT	Involucro Trasparente (infissi completi)	ST	Solare Termico

Quadro di sintesi dei pacchetti di misure di efficienza energetica considerati per singola zona climatica. Sono indicate le eventuali varianti dei pacchetti e il corrispondente numero di casi studiati se diversi da uno. Significato delle abbreviazioni ricorrenti:

					Principali giustificazioni di base
RESIDENZIALE 1 185 m ² Anno 1960	sost. SR e GC + uso split esistente (*,**) (*) considerata variante con ST (**) considerata variante con PV (tre casi in totale)	PACCHETTO 1 + sost. IT (*,**) (*) considerata variante con ST (**) considerata variante con PV (tre casi in totale)	PACCHETTO 2 + isol. IO (*,**) (*) considerata variante con ST (**) considerata variante con PV (tre casi in totale)		Con le varianti viene confrontata l'influenza del ST e del PV sui risultati
RESIDENZIALE 1 185 m ² Anno 1960	sost. SR e GC con PdC ibrida + uso split esistente (*) (*) considerata variante con solo PV (due casi in totale)	PACCHETTO 1 + PV + sost. IT	PACCHETTO 2 + isol. IO		Viene valutato l'inserimento di una PdC ibrida per la sola zona climatica C in quanto più proponibile
RESIDENZIALE 2 1.156 m ² Anno 1980	sost. SR e GC + uso split esistente (*) (*) considerata variante con ST (due casi in totale)	PACCHETTO 1 + ST + sost. IT	PACCHETTO 2 + isol. IO		Nel condominio non viene considerato il PV in quanto la normativa vigente ostacola l'autoconsumo
UFFICI 1 1.080 m ² Anno 1940	sost. SR e GC e Gruppo frigo esistente con PdC	PACCHETTO 1 + PV + sost. IT	PACCHETTO 2 + isol. IO		Si ipotizza l'esistenza di terminali e sistema di distribuzione idoneo per il riscaldamento e il raffrescamento
UFFICI 2 3.030 m ² Anno 1990	sost. SR e GC e Gruppo frigo esistente con PdC	PACCHETTO 1 + PV + sost. IT	PACCHETTO 2 + isol. IO		
SCUOLA 1 826 m ² Anno 1900	sost. SR e GC (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)	PACCHETTO 1 + Sost. IT (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)	PACCHETTO 2 + isol. IO (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)		Pur in assenza di raffrescamento estivo, il PV contribuisce a migliorare il business-plan
SCUOLA 2 1.826 m ² Anno 1980	sost. SR e GC (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)	PACCHETTO 1 + Sost. IT (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)	PACCHETTO 2 + isol. IO (*) (*) considerata variante con PV (due casi in totale)		

3.1 Descrizione degli interventi proposti.

Nel seguente prospetto si illustra nel dettaglio l'insieme delle misure e le caratteristiche degli interventi che vengono proposti.

Tabella 32 – Interventi proposti

Generatore di calore	Intervento di sostituzione del generatore di calore a gas esistente con uno a condensazione modulante di ultima generazione. L'intervento prevede una parziale sostituzione/adeguamento/spostamento delle apparecchiature in centrale termica (circolatori, valvole di sicurezze, vasi di espansione, linee); si sottolinea il fatto che l'intervento sia limitato al sistema di generazione. Non si prevede nessun intervento nella rete di distribuzione e nei terminali che rimangono inalterati.
Sistema ibrido pompa di calore e caldaia	Come sopra. Anziché installare un generatore di calore a condensazione si opta per un sistema combinato pompa di calore aria-acqua abbinata a una caldaia a condensazione. Tale sistema ottimizza l'investimento e l'efficienza in quanto la pompa di calore non è dimensionata per il carico massimo invernale, dato che per gli edifici esistenti è di notevole entità, ma copre solo una parte in modo da ottimizzare l'efficienza. Il sistema regola autonomamente il funzionamento della pompa di calore o della caldaia a condensazione. La pompa di calore funziona solo in riscaldamento andando ad alimentare una rete e dei terminali non idonei al raffrescamento estivo. Tale scelta è stata impiegata anche per verificare l'impatto con l'integrazione con un impianto fotovoltaico. Ci si limita quindi ad intervenire in centrale termica senza estendere le misure oltre tale perimetro, se non per quanto attiene alla regolazione.
Pompa di calore /gruppo frigorifero	Intervento di sostituzione del generatore di calore e del gruppo frigorifero (solo freddo) effettuato in impianti a commutazione estiva-invernale (nel presente lavoro in uffici) con un unico sistema di generazione elettrico a pompa di calore aria-acqua. Ci si limita quindi ad interventi nella centrale termica senza estendere le misure oltre tale perimetro, se non per quanto attiene alla regolazione.
Sistema di regolazione	Intervento di installazione di un sistema di regolazione della temperatura interna per ambiente integrato con un sistema di regolazione in centrale di tipo climatico con temperatura di mandata variabile.
Impianto fotovoltaico	Installazione di un impianto fotovoltaico da realizzarsi in copertura, privo di impianto di accumulo; la potenza dell'impianto viene definita in base al fabbisogno elettrico dell'edificio ed alla superficie disponibile, per ciascuno dei casi di studio.
Impianto solare termico	Installazione di impianto solare a circolazione forzata per la produzione di sola acqua calda sanitaria, dimensionato per coprire circa il 50-60% del fabbisogno di energia. Il sistema di compone di collettori solari a tubi evacuati installati in copertura e di un bollitore solare in centrale termica con serpentina di integrazione da caldaia.
Superfici trasparenti	Intervento di sostituzione degli infissi comprensivi dei vetri. I nuovi infissi sono in legno per gli edifici residenziali o alluminio a taglio termico per gli edifici non residenziali. Il vetro è con doppia lastra, a bassa emissività, con gas argon e canalina a bordo caldo, nonché a controllo solare. La trasmittanza termica del vetro è pari a $U_g=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ e dell'intero infisso pari a $U_w=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. L'intervento viene eseguito senza o con limitate opere murarie.
Involucro opaco	Intervento di isolamento delle superfici di copertura verso il sottotetto o i locali non riscaldati. Nel costo è compreso l'eventuale strato di cartongesso per la copertura dell'isolamento qualora questo venga realizzato all'intradosso o gli eventuali oneri accessori qualora venga realizzato all'estradosso sul lato esterno.

4 Valutazioni economiche

I pacchetti di incremento dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianto comportano un investimento economico iniziale. Gli investimenti proposti interessano le opere di ristrutturazione dell'impianto di climatizzazione, dell'involucro edilizio (trasparente e opaco) e dell'installazione di impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile. I costi degli interventi sono stati determinati attraverso un'analisi tecnico-economica di costo delle lavorazioni, necessarie alla realizzazione dell'intervento, e delle voci di costo accessorie, quali ad esempio le spese tecniche. I prezzi sono stati ricavati dal mercato e dai prezzi regionali, opportunamente ribassati/incrementati per tenere conto del reale costo dell'intervento comprensivo di ogni onere.

All'investimento iniziale, che compare come voce negativa nel bilancio energetico, si sommano le riduzioni del costo annuale di gestione dell'edificio, ottenuto dal minor consumo di combustibile e dal minor costo di manutenzione. Il risparmio nei costi di gestione annuale rappresenta una voce positiva che consente di ripagare negli anni l'investimento iniziale.

Per esprimere la convenienza economica si fa riferimento a un semplice parametro: il tempo di ritorno semplice, cioè il rapporto tra il costo dell'investimento e il risparmio annuale. Il tempo di ritorno semplice è il numero di anni che si impiegano per ripagare, attraverso i risparmi, l'investimento iniziale sostenuto, in assenza di interessi o variazioni di costo degli approvvigionamenti energetici. Tale requisito, seppur semplificativo della corretta previsione finanziaria dell'intervento di efficientamento, può considerarsi verosimile se si considera che l'incremento di costo del combustibile e delle spese di manutenzione sia pari al tasso di interesse annuale.

4.1 Stima dell'investimento iniziale

La spesa sostenuta per gli interventi di efficientamento energetico rappresenta il costo dell'investimento iniziale. L'importo è determinato dall'insieme di oneri e lavorazioni, materiali, spese tecniche e accessori necessari per la realizzazione dell'intervento. I costi sono comprensivi di tutte le spese, come se si stesse definendo un vero e proprio "quadro economico".

Per quanto concerne, invece, la definizione effettiva degli importi, questi sono desunti per quanto possibile da prezzi regionali (con area di riferimento centro Italia), ovvero costruendo le voci economiche sulla base dell'esperienza per le voci non presenti nei prezzi.

Di seguito vengono riportate tutte le voci di spesa considerate per gli interventi inclusi nei vari pacchetti di efficientamento energetico.

Tabella 33 Stima economica degli investimenti iniziali per l'efficientamento energetico – Edificio residenziale 1

EDIFICIO RESIDENZIALE 1	Pacchetto 1	Pacchetto 2	Pacchetto 3
IMPIANTO			
caldaia a condensazione	2.500	2.500	2.500
sistema di termoregolazione	500	500	500
INVOLUCRO			
sostituzione di infissi		18.000	18.000
isolamento solai di copertura			7.000
TOTALE	3.000	21.000	28.000
FER			
impianto solare termico	5.200	5.200	5.200
TOTALE+ST	8.200	29.200	33.200
FER			
impianto fotovoltaico	3.500	3.500	3.500
TOTALE+FV	6.500	24.500	31.500

Tabella 34 Stima economica degli investimenti iniziali per l'efficientamento energetico – Edificio residenziale 2

EDIFICIO RESIDENZIALE 2	Pacchetto 1	Pacchetto 2	Pacchetto 3
IMPIANTO			
caldaia a condensazione	16.000	16.000	16.000
sistema di termoregolazione	4.000	4.000	4.000
INVOLUCRO			
sostituzione di infissi		57.380	57.380
isolamento superfici orizzontali			44.000
TOTALE	20.000	77.380	121.380
FER			
impianto solare termico	16.000	16.000	16.000
TOTALE+ST	36.000	93.380	137.380

Tabella 35 Stima economica degli investimenti iniziali per l'efficientamento energetico – Ufficio 1

UFFICIO 1	Pacchetto 1	Pacchetto 2	Pacchetto 3
IMPIANTO			
Pompa di calore reversibile	48.000	48.000	48.000
sistema di termoregolazione	7.000	7.000	7.000
INVOLUCRO	55.000	55.000	55.000
sostituzione di infissi		109.000	109.000
isolamento superfici orizzontali			83.000
TOTALE		164.000	247.000
FER			
impianto fotovoltaico		32.000	32.000
TOTALE+FV		196.000	279.000

Tabella 36 Stima economica degli investimenti iniziali per l'efficientamento energetico – Ufficio 2

UFFICIO 2	Pacchetto 1	Pacchetto 2	Pacchetto 3
IMPIANTO			
caldaia a condensazione	46.000	46.000	46.000
sistema di termoregolazione	4.000	4.000	4.000
INVOLUCRO			
sostituzione di infissi		125.000	125.000
isolamento superfici orizzontali			152.000
TOTALE	50.000	175.000	327.000
FER			
impianto fotovoltaico		63.000	63.000
TOTALE+FV		238.000	390.000

Tabella 37 Stima economica degli investimenti iniziali per l'efficientamento energetico – Scuola 1

SCUOLA 1	Pacchetto 1	Pacchetto 2	Pacchetto 3
IMPIANTO			
caldaia a condensazione	8.000	8.000	8.000
sistema di termoregolazione	2.000	2.000	2.000
INVOLUCRO			
sostituzione di infissi		34.750	34.750
isolamento superfici orizzontali			20.000
TOTALE		44.750	95.950
FER			
impianto fotovoltaico		31.200,	31.200
TOTALE+FV		75.950	95.950

Tabella 38 Stima economica degli investimenti iniziali per l'efficientamento energetico – Scuola 2

SCUOLA 2	Pacchetto 1	Pacchetto 2	Pacchetto 3
IMPIANTO			
caldaia a condensazione	11.000	11.000	11.000
sistema di termoregolazione	4.000	4.000	4.000
INVOLUCRO			
sostituzione di infissi		71.500	71.500
isolamento superfici orizzontali			63.200
TOTALE		86.500	149.700
FER			
impianto fotovoltaico		31.200	31.200
TOTALE+FV		117.700	180.900

4.2 Spese di gestione

4.2.1 Costo di approvvigionamento energetico

Ai costi di esercizio si devono contabilizzare i costi di approvvigionamento delle fonti energetiche utilizzate per i servizi considerati nei calcoli. L'efficientamento degli edifici determina una riduzione dei costi, dovuta sia a un diverso consumo energetico che al differente costo dei vettori energetici utilizzati. La variazione dei costi sostenuti per l'acquisto dei combustibili o dell'energia elettrica determina gran parte del risparmio economico delle soluzioni impiantistiche che vengono proposte come migliorative rispetto all'impianto base.

Nella seguente tabella vengono riportati i costi specifici dei diversi vettori energetici utilizzati nel calcolo, ottenuti attraverso un'analisi di mercato.

Tabella 39 Costi specifici dei vettori energetici

	grandezza di riferimento	UdM PCI	PCI	UdM costo specifico 1	costo specifico 1	UdM costo specifico 2	costo specifico 2
gas naturale	Sm ³	kWhgn/Sm ³	9,59	EUR/Sm ³	0,550	EUR/kWhgn	-0,057
e.e. ex-situ	kWhe	kWhpe/kWhe	2,42	EUR/kWhe	0,270	EUR/kWhpe	-0,112
e.e. ceduta	kWh _{ec}		1	EUR/kWh _{ec}	0,050	EUR/kWh _{ec}	0,050

4.2.2 Costo annuale di manutenzione

Si intendono per costi di manutenzione le spese per gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria. La sostituzione di componenti impiantistiche e dell'involucro determina una variazione dei costi di manutenzione, essendo le componenti nuove e quindi meno soggette a rottura o malfunzionamento. C'è da considerare però che l'installazione di fonti rinnovabili quali impianti solari termici o fotovoltaici incrementano i costi di manutenzione, non essendo presenti allo stato attuale degli edifici.

Tali spese vengono considerate nella valutazione economica, dato che esse variano in base alla tipologia impiantistica. I costi di esercizio si ottengono dalla somma delle seguenti categorie:

- costo del contratto di manutenzione annua programmata (controllo fumi, pulizia filtri VMC e ventilconvettori);
- costo di intervento straordinario (rotture varie o sorgenti luminose da sostituire);
- costo del materiale sostituito (a esempio, sorgenti luminose, raccordi, valvolame).

Nella tabella che segue si riportano i costi di manutenzione annuale per i diversi edifici e gli scenari analizzati.

Tabella 40 Costi di manutenzione annuale per i diversi edifici e scenari analizzati

	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 2	PACCHETTO 3
RESIDENZIALE 1	500	500 +FV 400 +ST 100	500 +FV 400 +ST 100	500 +FV 400 +ST 100
RESIDENZIALE 2	3000	2500 +ST 500	2500 +ST 500	2500 +ST 500
UFFICIO 1	5000	4.000 +FV 1.000	4.000 +FV 1.000	4.000 +FV 1.000
UFFICIO 2	5000	4.000 +FV 1.000	4.000 +FV 1.000	4.000 +FV 1.000
SCUOLA 1	1.500	1.300	1.300 +FV 1.000	1.300 +FV 1.000
SCUOLA 2	1.500	1.300	1.300 +FV 1.000	1.300 +FV 1.000

5 Risultati dell'analisi

5.1 Rappresentazione grafica dei casi discussi

I risultati delle analisi vengono organizzati in grafici. Per la loro lettura, si rimanda al paragrafo introduttivo.

5.2 Residenziale 1-2 – Milano

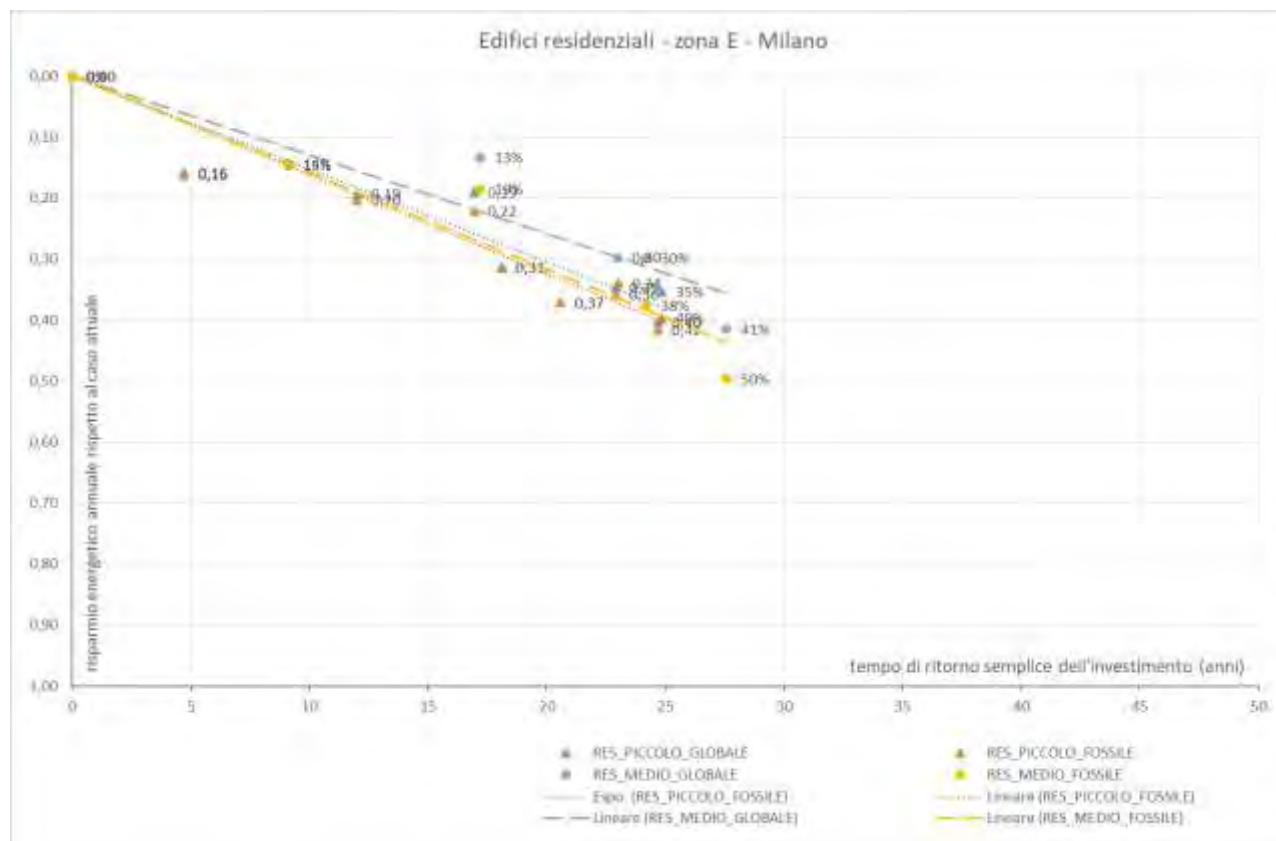


Figura 10 Grafico Risparmio energetico / Tempo di ritorno - Edifici residenziali - Zona climatica E (MI).

5.3 Residenziale 1-2 – Napoli

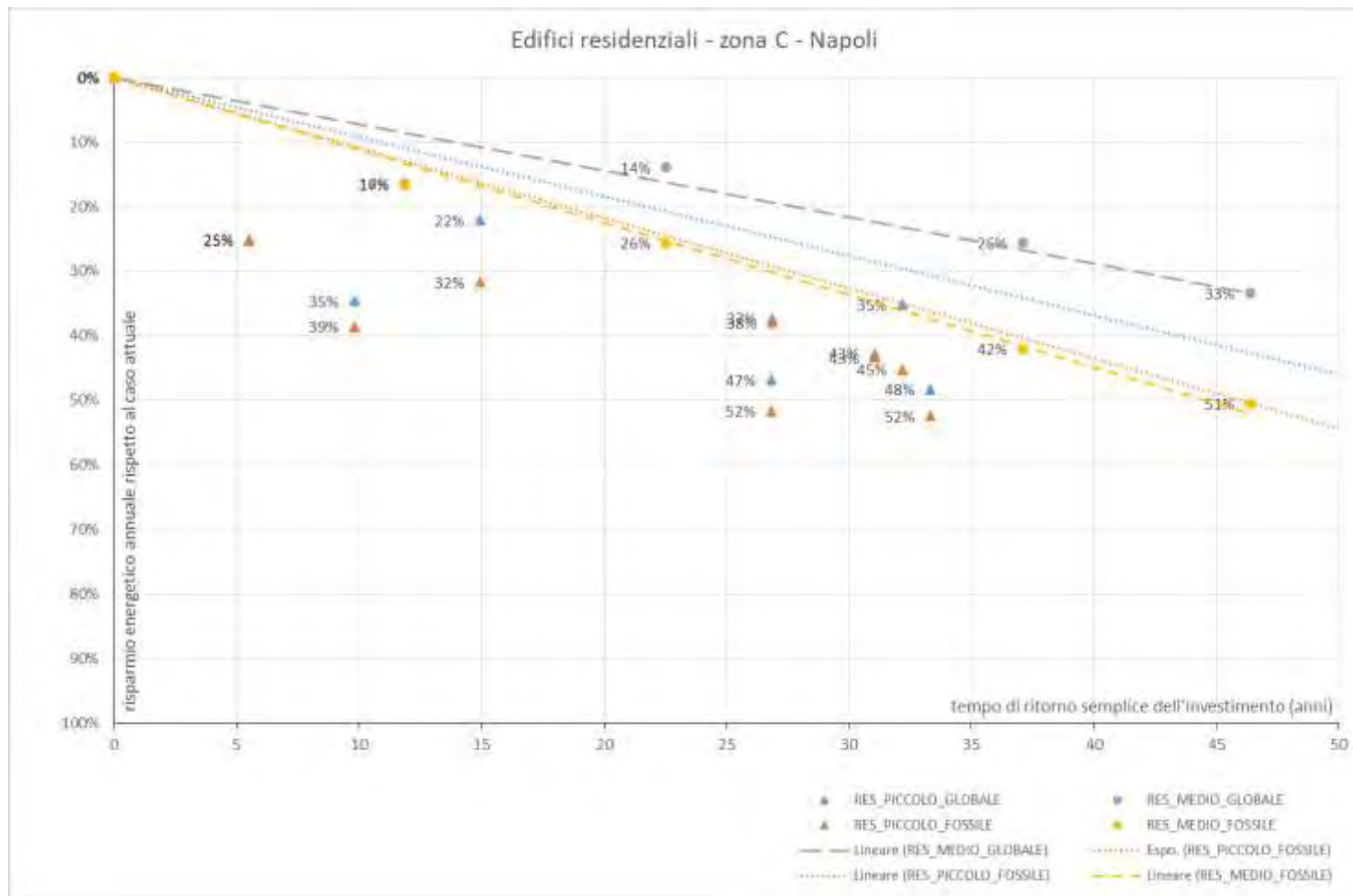


Figura 11 Grafico Risparmio energetico / Tempo di ritorno - Edifici residenziali - Zona climatica C (NA).

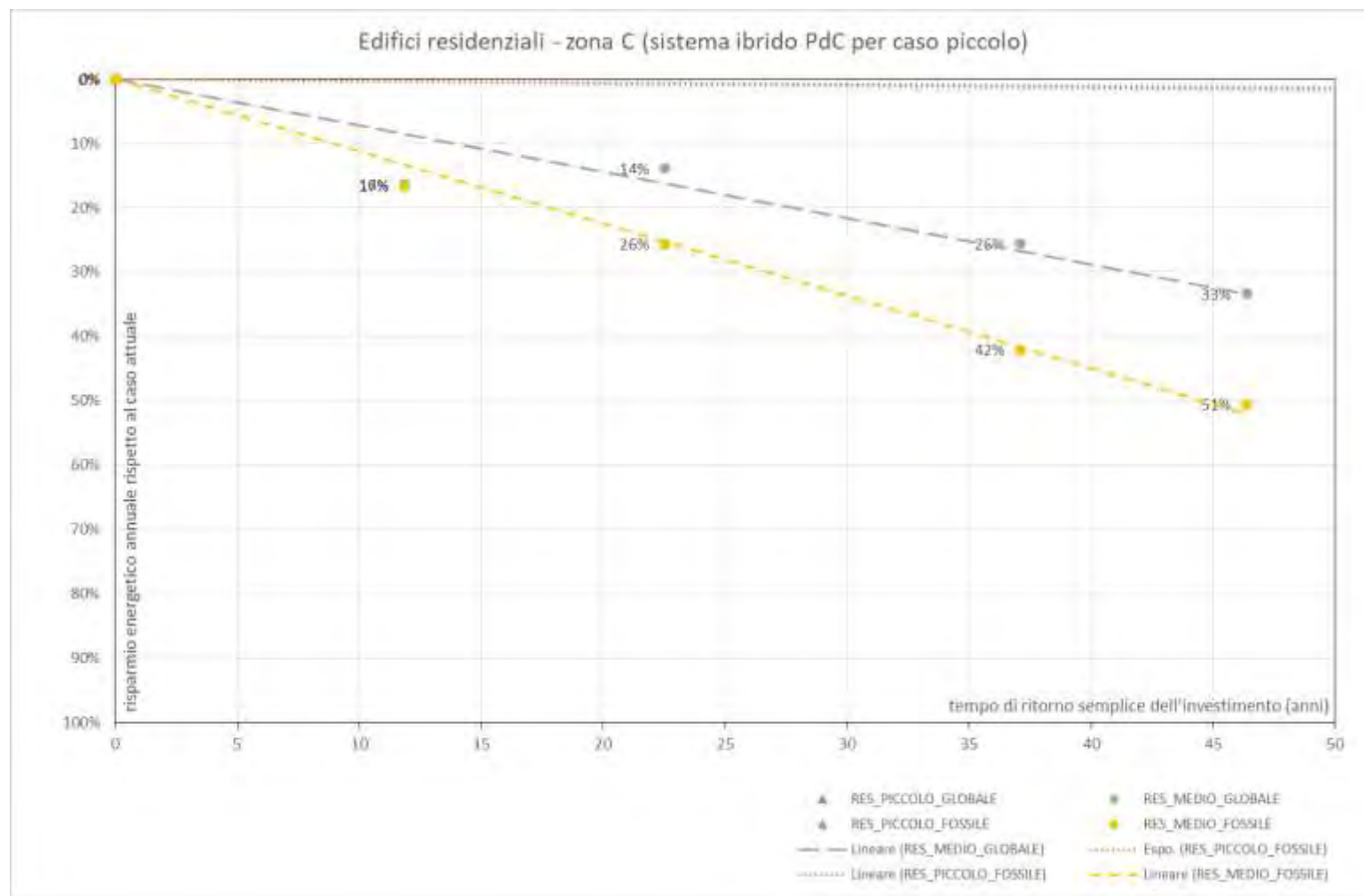


Figura 12 Grafico Risparmio energetico / Tempo di ritorno - Edifici residenziali - Zona climatica C (NA). Variante sistema di generazione ibrido pompa di calore + caldaia a condensazione anziché solo caldaia a condensazione.

5.4 Ufficio 1-2 – Milano

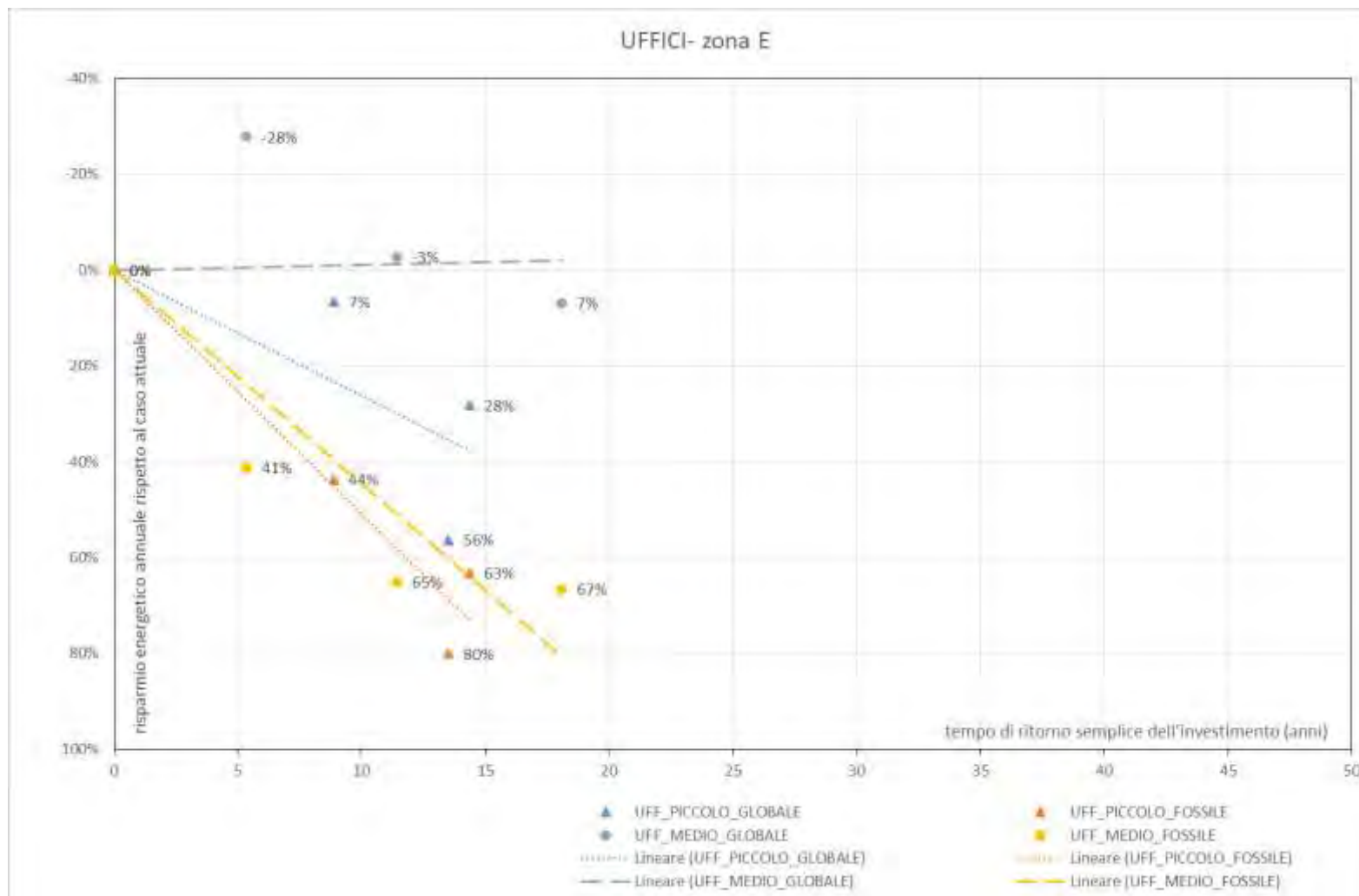


Figura 13 Grafico Risparmio energetico / Tempo di ritorno - Uffici - Zona climatica E (MI).

5.5 Ufficio 1-2 – Napoli

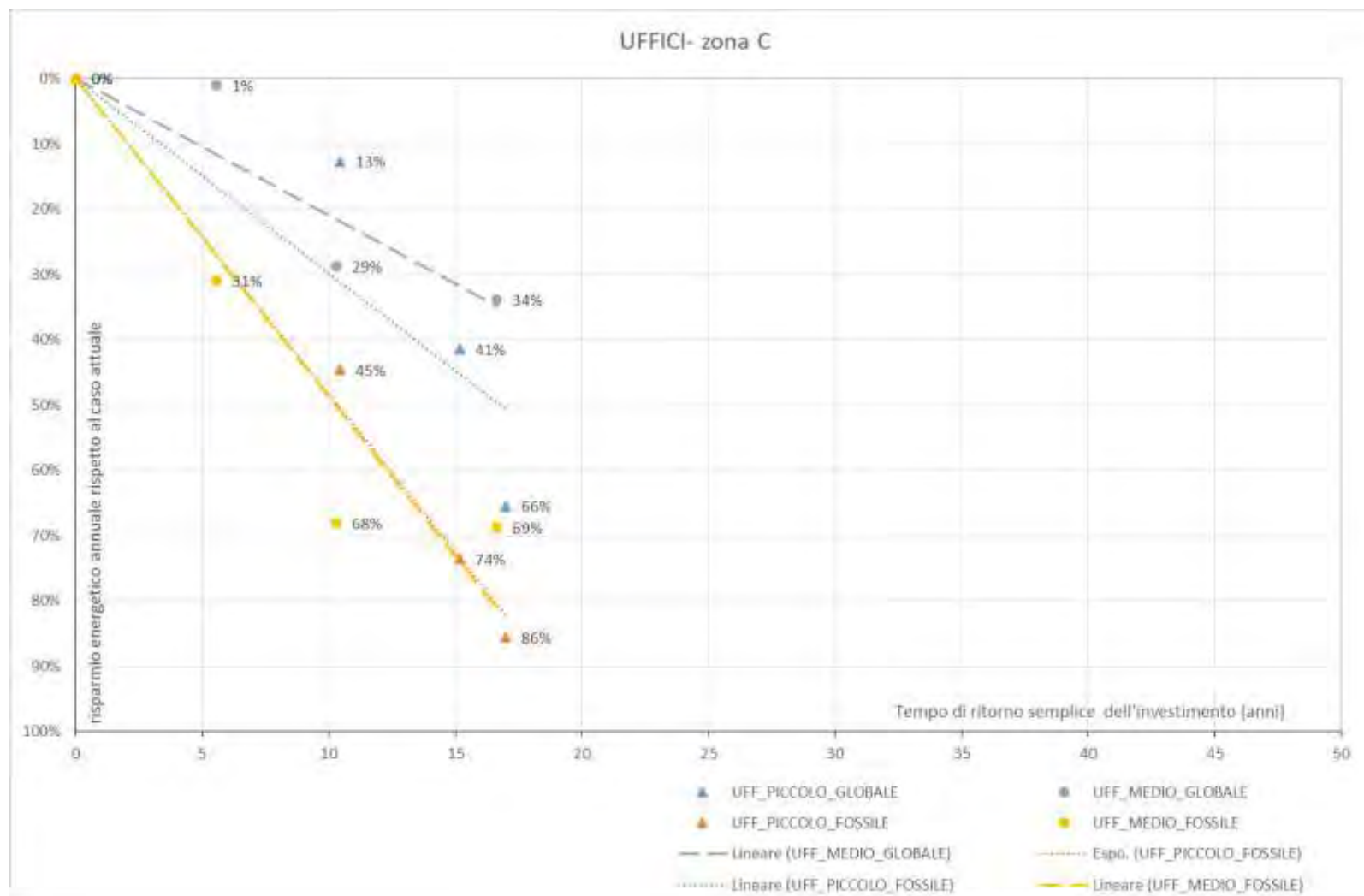


Figura 14 Grafico Risparmio energetico / Tempo di ritorno - Uffici - Zona climatica C (NA).

5.6 Scuola 1-2 – Milano

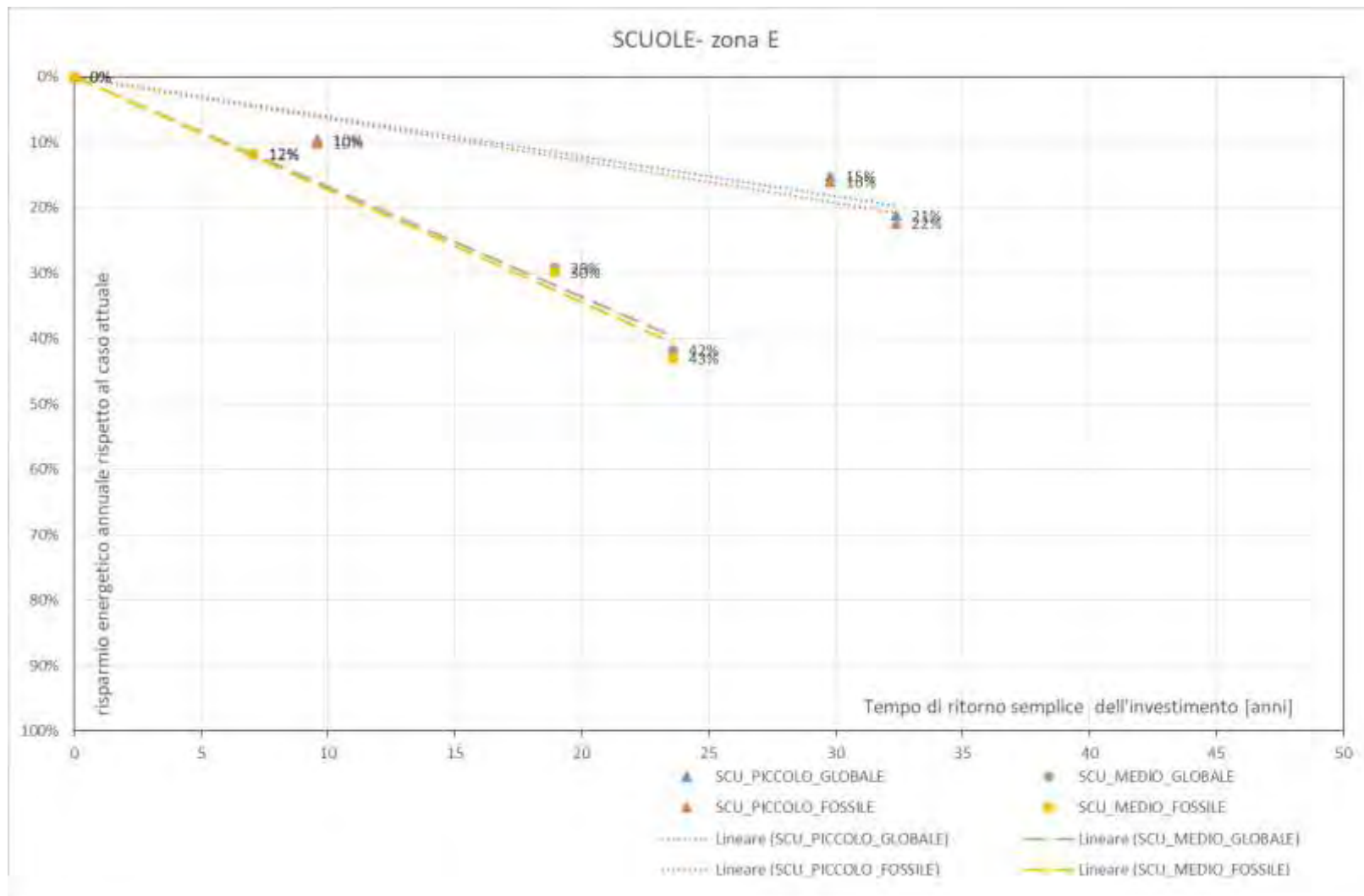


Figura 15 Grafico Risparmio energetico / Tempo di ritorno – Edifici scolastici - Zona climatica E (MI).

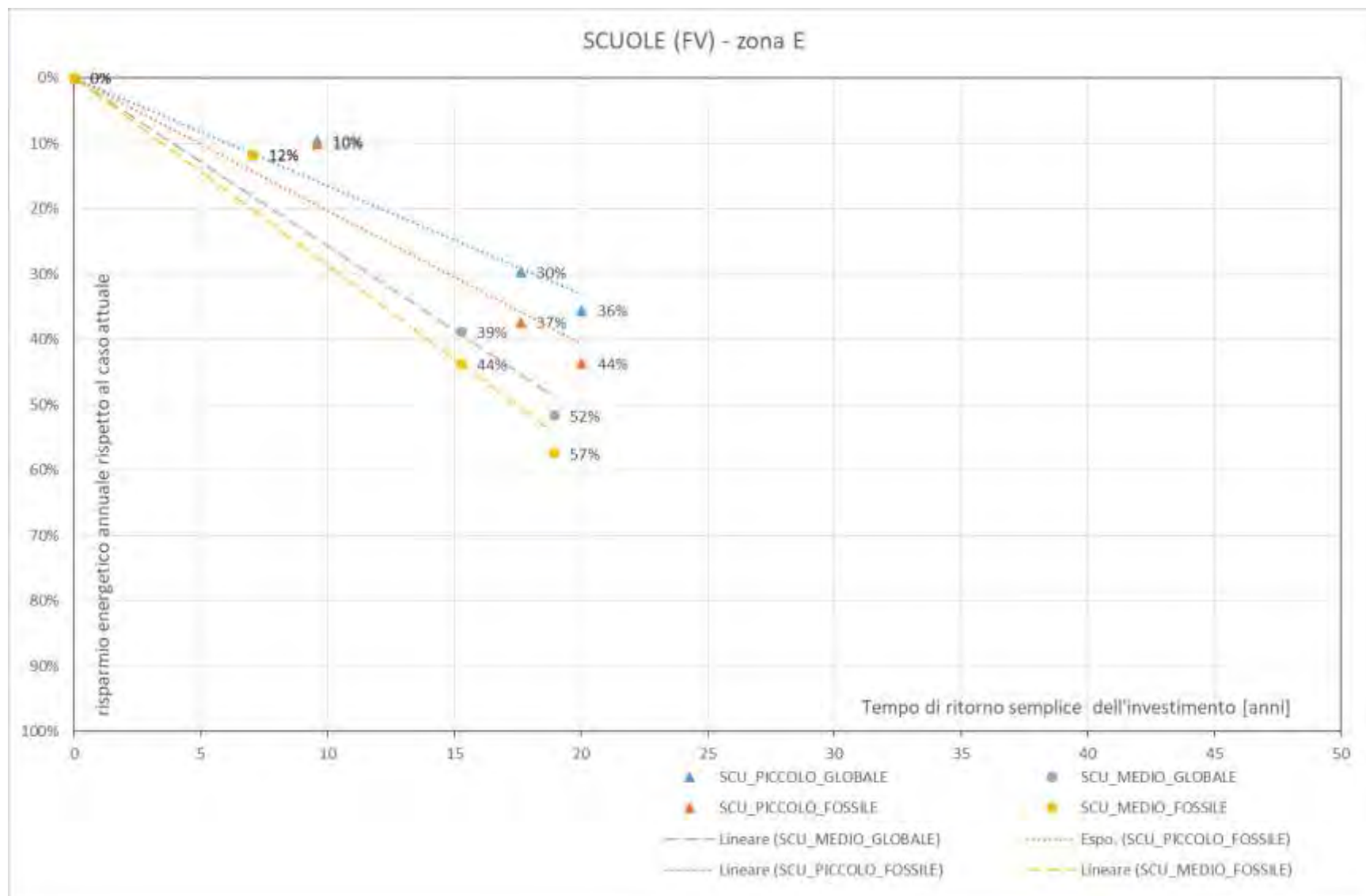


Figura 16 Grafico Risparmio energetico / Tempo di ritorno – Edifici scolastici - Zona climatica E (MI). Variante con impianto fotovoltaico.

5.7 Scuola 1-2 – Napoli

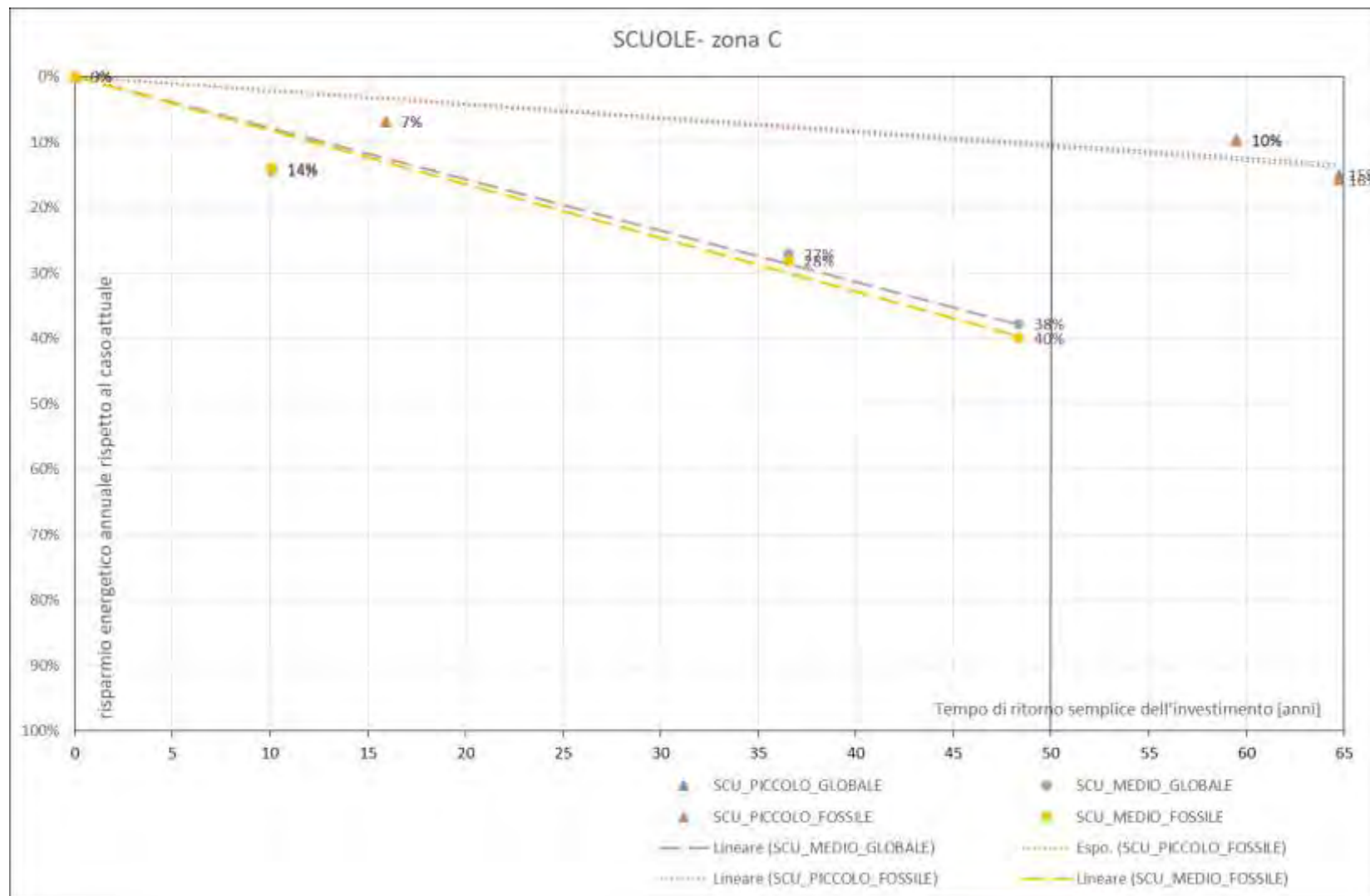


Figura 17 Grafico Risparmio energetico / Tempo di ritorno – Edifici scolastici - Zona climatica C (NA).

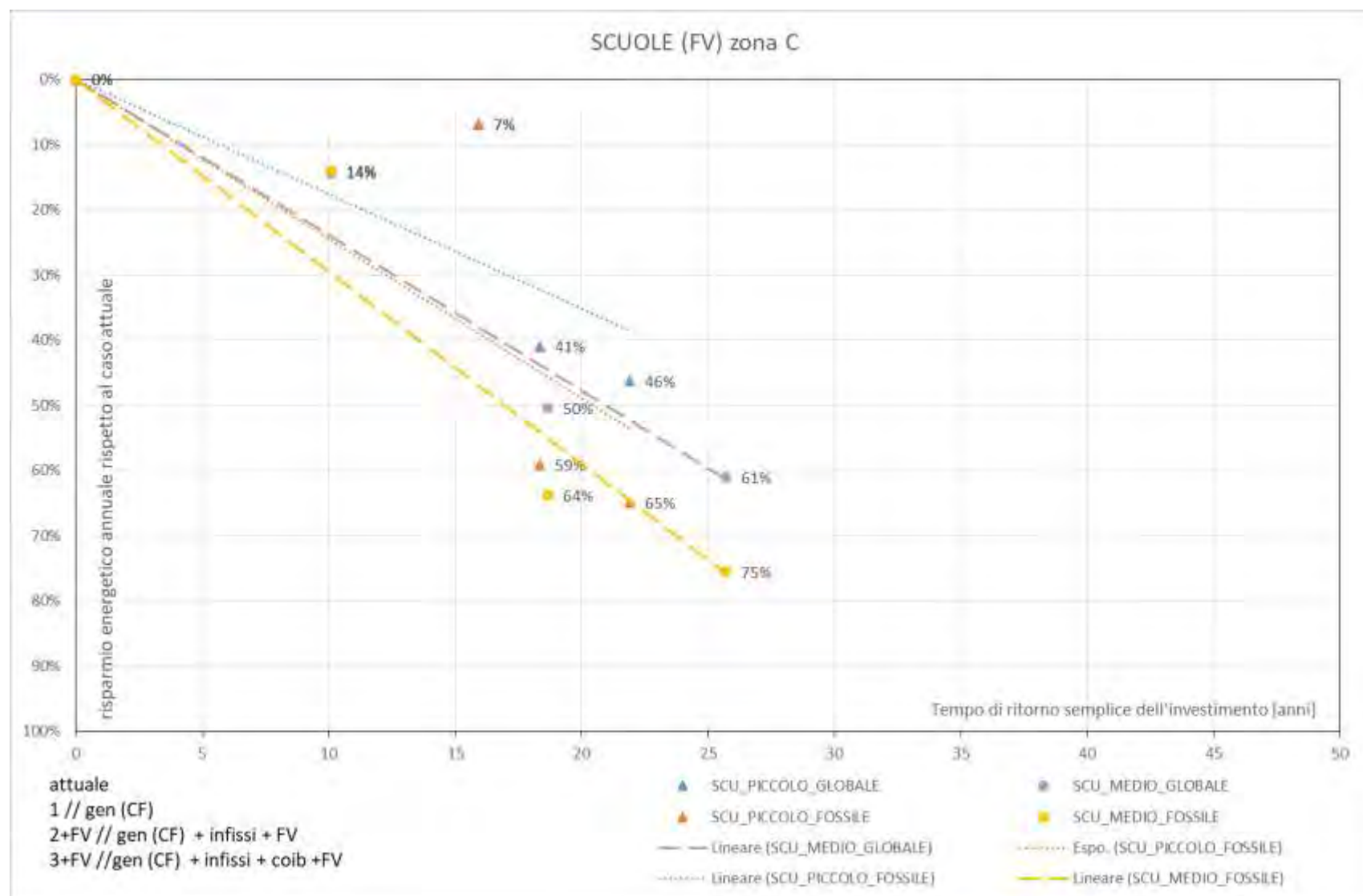


Figura 18 Grafico Risparmio energetico / Tempo di ritorno – Edifici scolastici - Zona climatica C (NA). Variante con impianto fotovoltaico.

6 Riferimenti bibliografici

- [1] DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=IT>
- [2] Rapporto RIUS003 – Ristrutturazione edilizia – Riqualificazione energetica – rigenerazione urbana – Estratto della ricerca CRESME – 24 febbraio 2014
- [3] RICERCA SISTEMA ELETTRICO – Analisi statistica sul parco edilizio non residenziale e sviluppo di modelli di calcolo semplificati – Maggio 2009 - ENEA
- [4] DECRETO 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici. (15A05198) (GU Serie Generale n.162 del 15-7-2015 - Suppl. Ordinario n. 39) – <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15A05198/sg>
- [5] DECRETO 26 giugno 2015 - Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici. (15A05200) (GU Serie Generale n.162 del 15-7-2015 - Suppl. Ordinario n. 39) - <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15A05200/sg>
- [6] Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n. 28 - Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE. <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/03/28/011G0067/sg>
- [7] UNI EN 12464-1 - Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro Parte 1: Posti di lavoro in interni
- [8] UNI EN 15193 - Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione
- [9] prUNI/TS 11300-6 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili
- [10] UNI EN 12831 - Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto
- [11] UNI 10339 - Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura
- [12] REGOLAMENTO DELEGATO (UE) N. 244/2012 DELLA COMMISSIONE del 16 gennaio 2012 che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi.
- [13] UNI/TS 11300-1:2014 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- [14] UNI/TS 11300-2:2014 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
- [15] UNI/TS 11300-4:2012 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- [16] Simone Ferrari, Valentina Zanutto, Office Buildings Cooling Need in the Italian Climatic Context: Assessing the Performances of Typical Envelopes, In Energy Procedia, Volume 30, 2012, Pages 1099-1109, ISSN 1876-6102, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.11.123>
- [17] S. Ferrari, V. Zanutto, Building Energy Performance Assessment in Southern Europe, Springer Briefs in Applied Sciences and Technology (2016) <http://doi.org/10.1007/978-3-319-24136-4>

7 Appendice A – Il conteso normativo nel quale si inseriscono le proposte dello studio (limitatamente alle ristrutturazioni)

L'attuale assetto normativo, inerente il contenimento energetico del consumo di energia negli edifici, l'utilizzo di fonti rinnovabili e l'adozione di un sistema di classificazione energetica degli edifici, è composto da una serie di decreti che ne stabiliscono i requisiti e ne prescrivono l'obbligatorietà in base al tipo di intervento edilizio che si va ad effettuare. Negli ultimi anni, al fine di regolamentare e promuovere la "migliore pratica", nel settore è stato introdotto il concetto di "edifici a energia quasi zero" (dall'inglese NZEB), recepito dalla Legislazione Italiana con il "Decreto Requisiti Minimi", pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 162 del 15 luglio 2015.

In particolare, i decreti che definiscono l'insieme delle prescrizioni sono i seguenti:

- **"Decreto requisiti minimi"** che stabilisce i requisiti minimi da rispettare in materia di uso razionale dell'energia degli edifici nel caso di interventi edilizi (nuove costruzioni, riqualificazione energetica, ristrutturazione di diverse entità). Nella sostanza il decreto stabilisce i requisiti minimi che il sistema di edificio – impianto deve avere, attraverso il confronto con l'edificio di riferimento. Da notare che in base al tipo di intervento edilizio che si va a realizzare le verifiche cambiano. Esiste una differenziazione tra gli edifici residenziali e non residenziale che si basa sui servizi energetici da considerare per il calcolo dell'indicatore di energia globale. Per quanto attiene alle ristrutturazioni in particolare, il Decreto definisce tre livelli:

- riqualificazione energetica: meno impegnativo e fissa prescrizioni sostanzialmente legate solo al tipo di intervento realizzato;
- ristrutturazioni importanti, a loro volta distinte in:
 - o ristrutturazione importante di secondo livello: richiede il raggiungimento di una prestazione dei singoli elementi pari al nuovo, ma solo sulle porzioni interessate dall'intervento; in alcune casi estende le prescrizioni ad interi elementi (ad esempio se si modifica parte di una parete è richiesta una prestazione all'intera parete);
 - o ristrutturazione importante di primo livello: richiede una prestazione quasi pari a quella del nuovo edificio;

- **"Linee guida certificazione energetica"** il decreto aggiorna quanto già presente, integrandolo in base ai valori presenti nel "Decreto requisiti minimi" e modificando la scala di prestazione. Il confronto per la determinazione della classe energetica è fatto con l'edificio di riferimento, determinato con il metodo descritto nel decreto requisiti minimi. Il parametro di confronto è l'indice di prestazione globale di energia non rinnovabile. L'obbligo di certificare energeticamente l'edificio è imposto nel caso di nuove costruzioni, compravendite e locazioni.

- **"Decreto Legislativo 28/2011"** è il decreto che impone l'impiego di energia prodotta da fonti rinnovabili nel caso di nuove costruzioni e di "edificio sottoposto a ristrutturazione rilevante", da identificarsi secondo una definizione resa nel decreto stesso (e non coincidente con quelle del "Decreto Minimi"). L'obbligo riguarda la copertura con una quota rinnovabile dell'energia utilizzata per la produzione di ACS e l'energia globale utilizzata. Da notare che oltre alle due verifiche il decreto impone l'impiego di una fonte rinnovabile per la produzione di energia di potenza proporzionale all'impronta in pianta dell'edificio.

I tre decreti in questione si integrano e si sovrappongono in diversi casi di intervento, anche se non sempre sussiste l'obbligo di rispettarne i tre.

Il Decreto requisiti minimi introduce le condizioni necessarie affinché un edificio possa appartenere alla categoria nZEB. Nel seguito vengono riportate le due condizioni necessarie affinché un edificio rientri in questa categoria:

- la prima condizione è relativa al rispetto dei valori prestazioni minimi per i parametri caratterizzanti l'involucro edilizio, l'impianto e i fabbisogni energetici;
- la seconda condizione è relativa al rispetto di un livello minimo di integrazione delle fonti rinnovabili.

In particolare, nel punto a) si richiama il rispetto dei requisiti minimi previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3 dello stesso decreto, determinati con i valori vigenti dal 2019/2021 (1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e 1 gennaio 2021 per tutti gli altri edifici).

8 Appendice B – Informazioni sugli edifici reali presi a riferimento per la definizione degli edifici tipo

8.1 Residenziale 1 – casa isolata

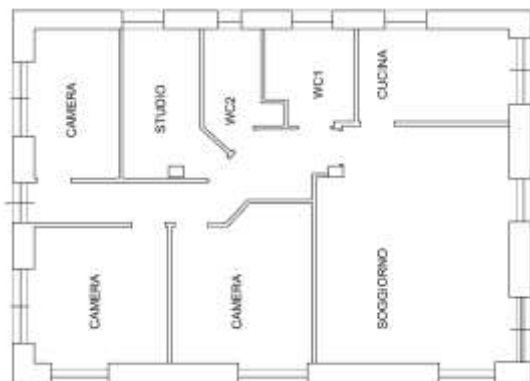


Figura 19 Edificio residenziale 1 - Planimetria piano terra.

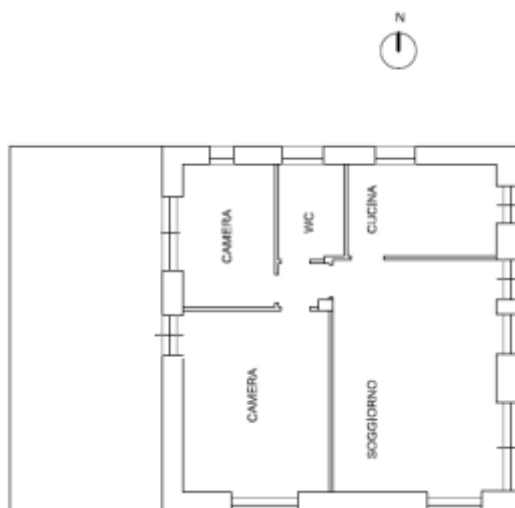


Figura 20 Edificio residenziale 1 - Planimetria primo.



Figura 21 Edificio residenziale 1 - Prospetto Est.

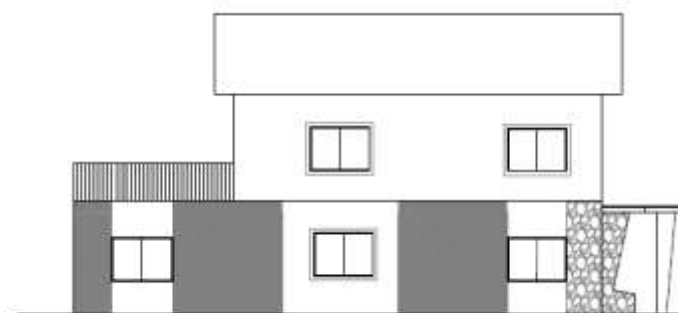


Figura 22 Edificio residenziale 1 - Prospetto Sud.



Figura 23 Edificio residenziale 1 - Prospetto Sud.

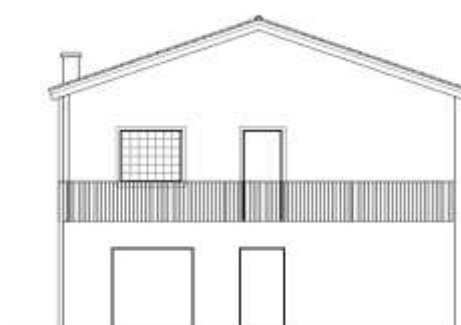


Figura 24 Edificio residenziale 1 - Prospetto nord.

8.2 Residenziale 2 – condominio

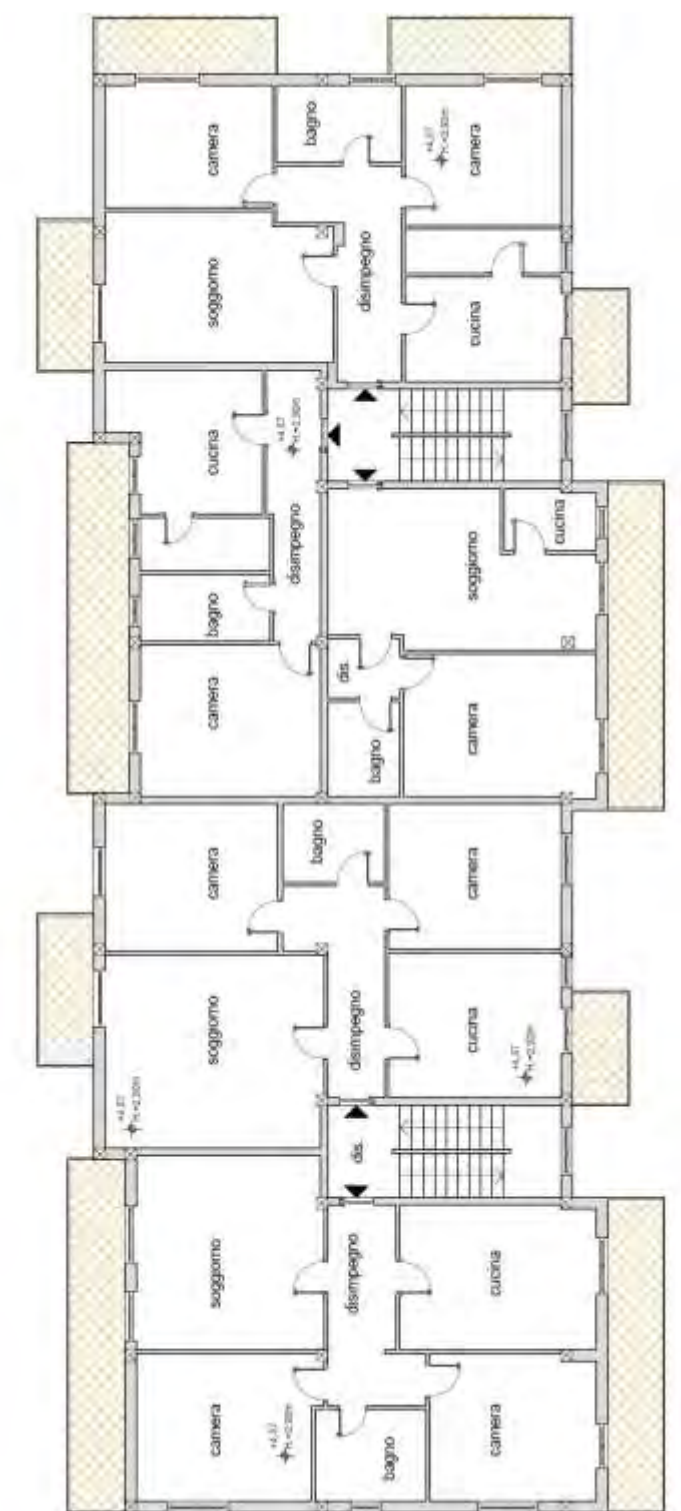


Figura 25 Residenziale 2 – Planimetria piano terra – primo - secondo



Figura 26 Residenziale 2 – Prospetto est



Figura 27 Residenziale 2 – Prospetto sud



Figura 28 Residenziale 2 – Prospetto ovest



Figura 29 Residenziale 2 – Prospetto nord



Figura 30 Residenziale 2 – sezione longitudinale

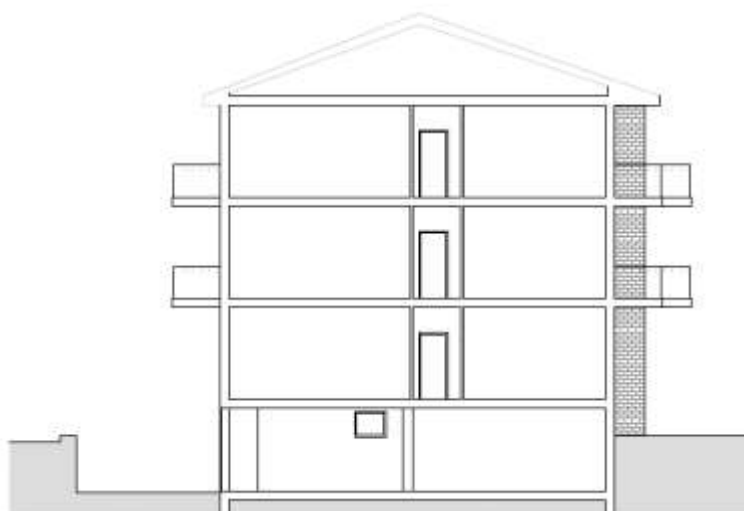


Figura 31 Figura 45 Residenziale 2 – sezione trasversale

8.3 Ufficio 1 (piccolo)

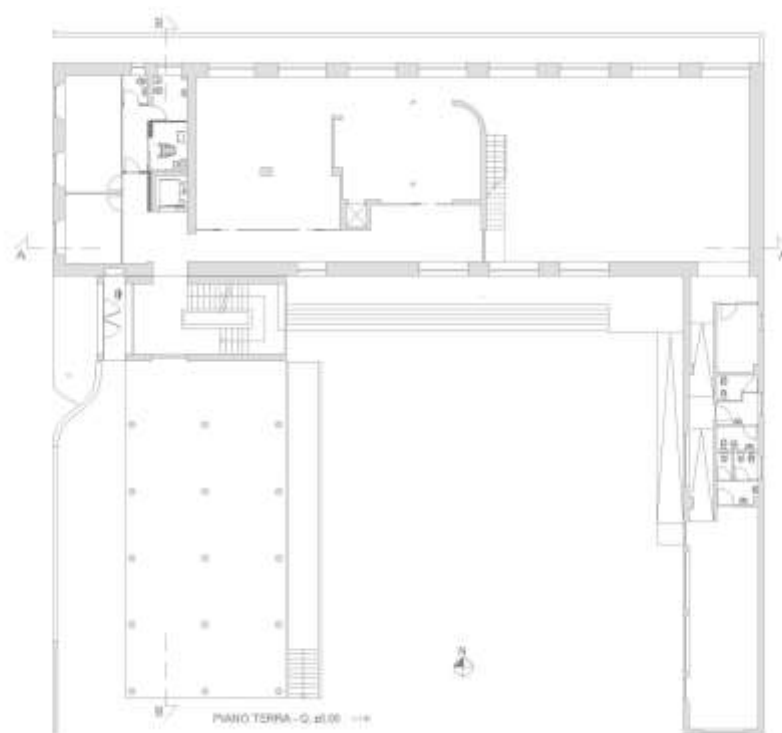


Figura 32 Ufficio 1- Planimetria piano terra

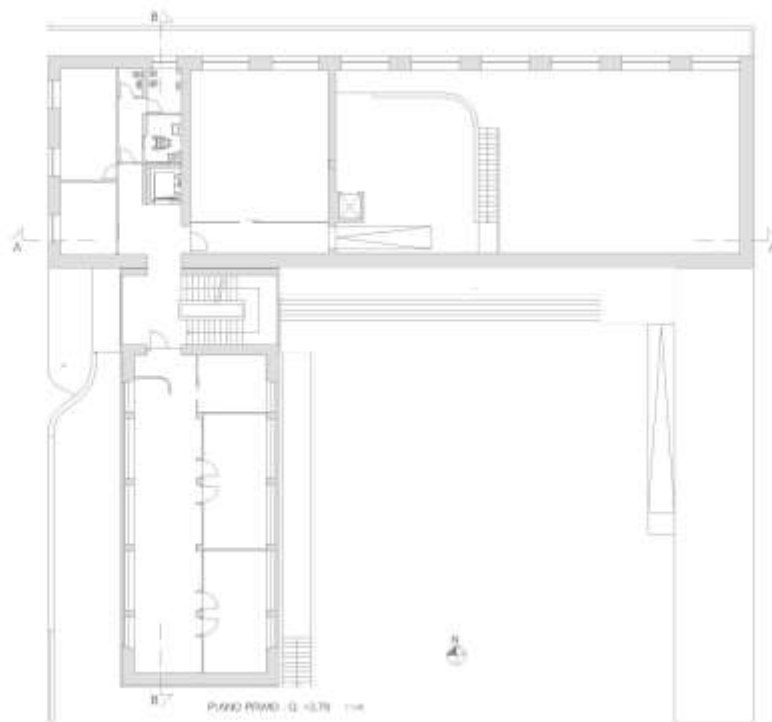


Figura 33 Ufficio 1 - Planimetria piano primo

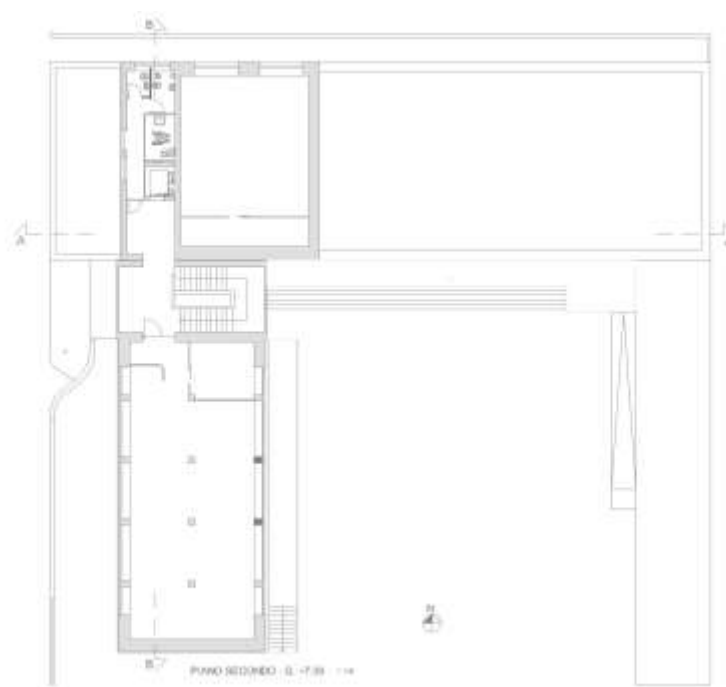


Figura 34 Ufficio 1 - - Planimetria piano secondo

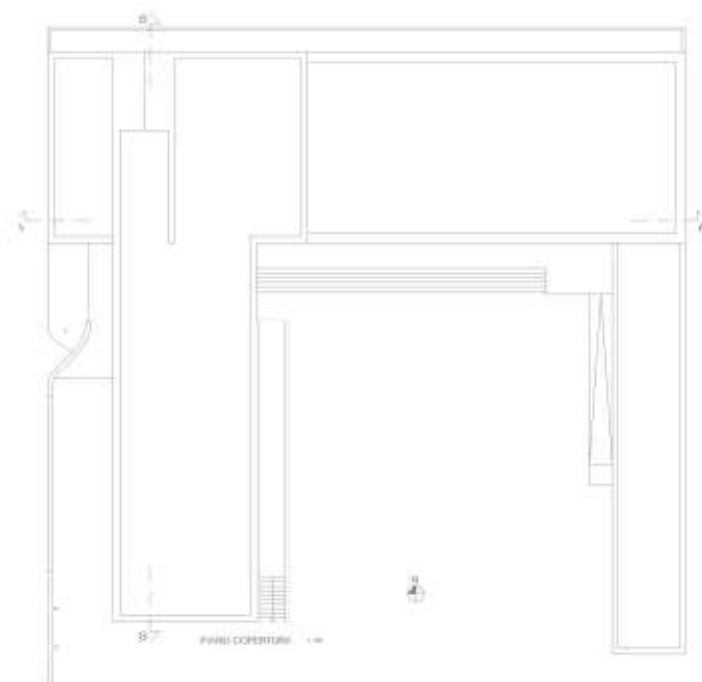
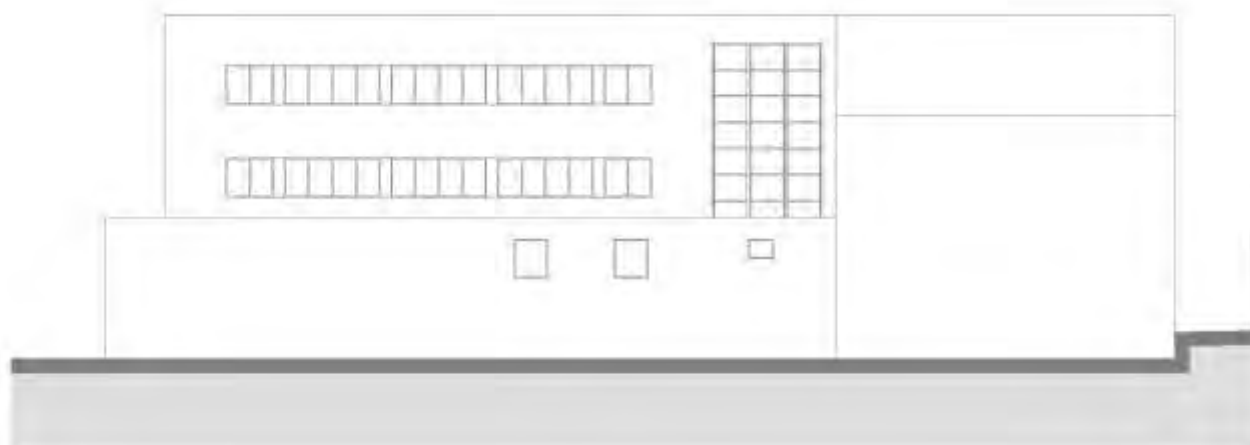
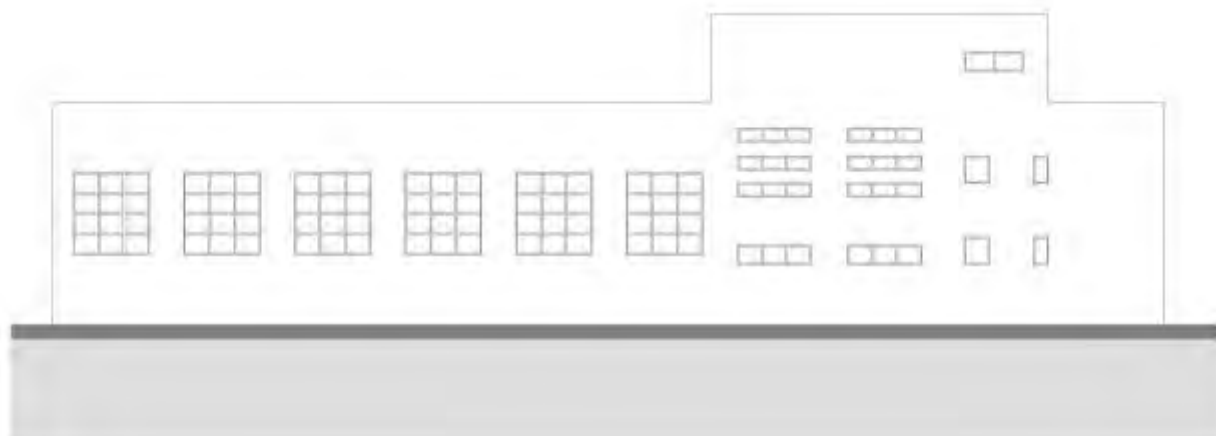


Figura 35 Ufficio 1-- Planimetria copertura



PROSPETTO EST

Figura 36 Ufficio 1- - Prospetto Est



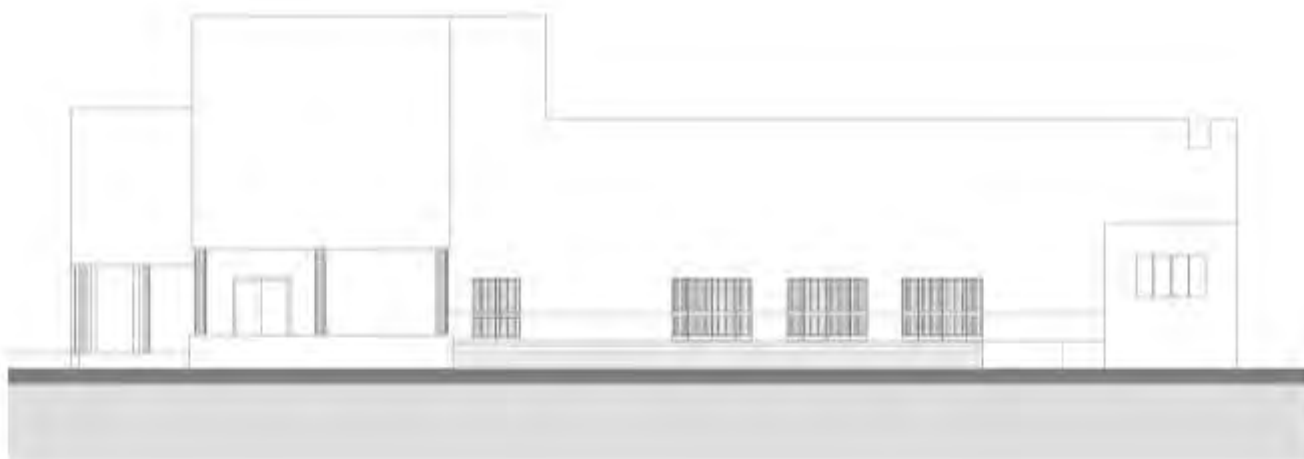
PROSPETTO NORD

Figura 37 Ufficio 1- - Prospetto Nord



PROSPETTO OVEST

Figura 38 Ufficio 1- - Prospetto Ovest



PROSPETTO SUD

Figura 39 Ufficio 1- - Prospetto Sud



Figura 40 Ufficio 1- –Sezione



PIANO PRIMO

Figura 42 Ufficio 2 - Planimetria piano primo

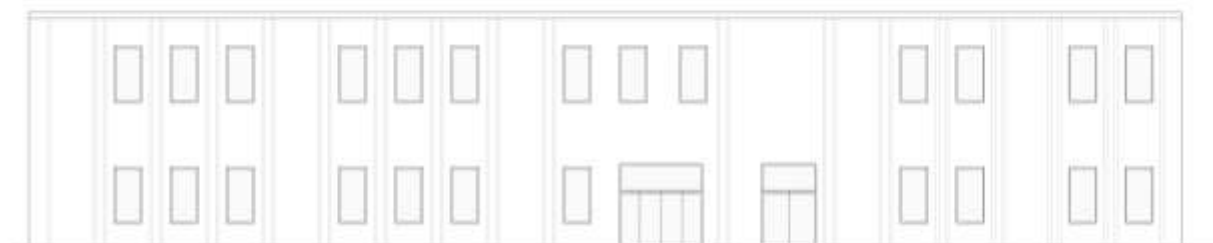


Figura 43 Ufficio 2 – Prospetto

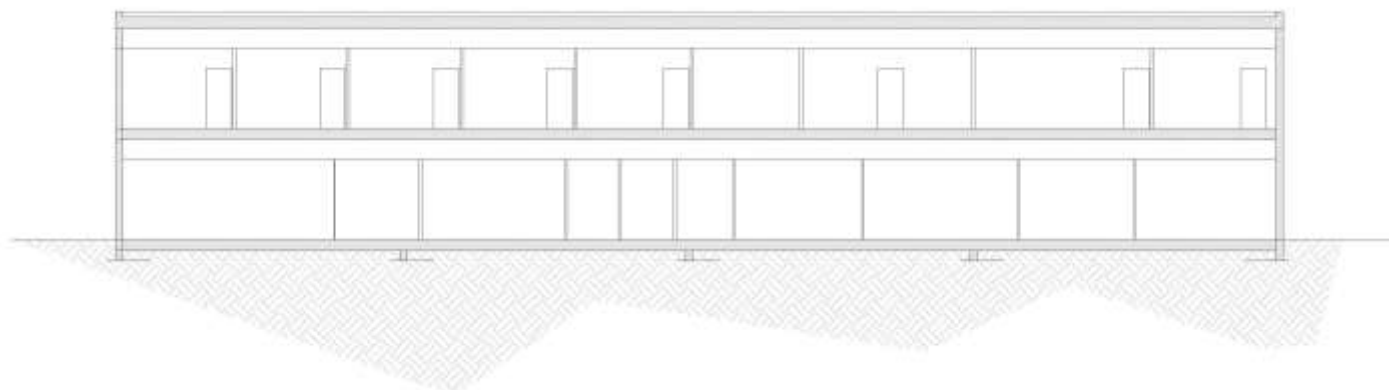


Figura 44 Ufficio 2 – Sezione



Figura 47 Scuola 1 - Prospetto est.

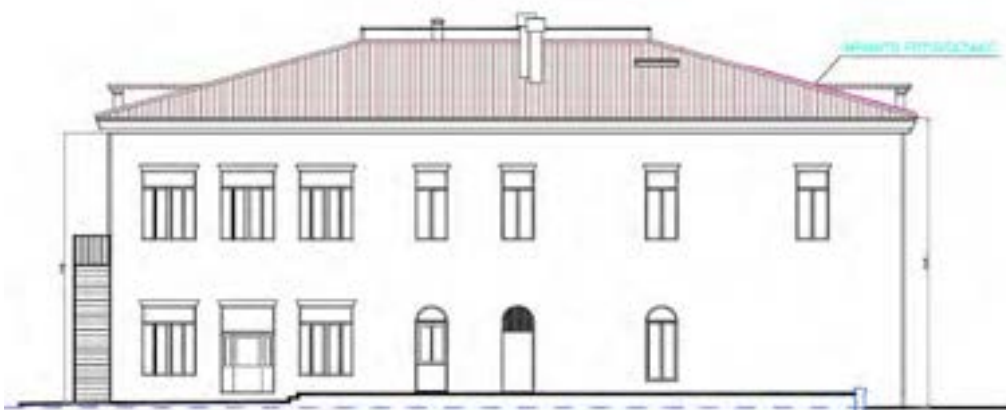


Figura 48 Scuola 1 - Prospetto ovest.



Figura 49 Scuola 1 - Prospetto nord.

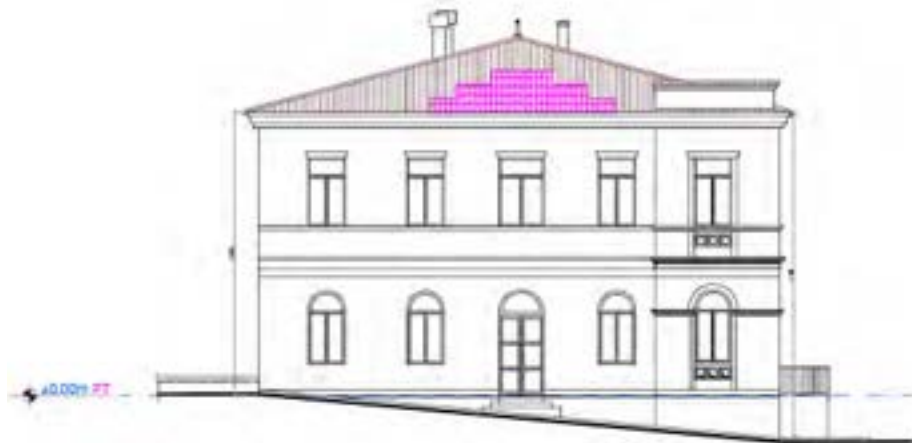


Figura 50 Scuola 1 - Prospetto sud

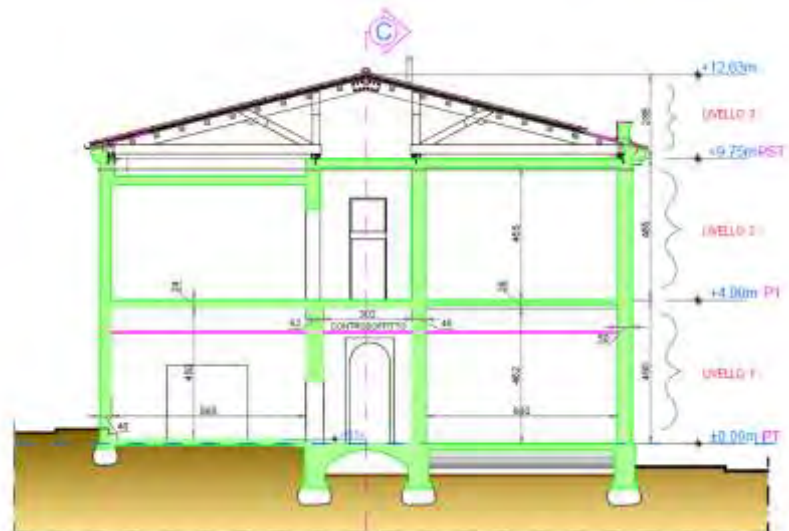


Figura 51 Scuola 1 - Sezione A-A'

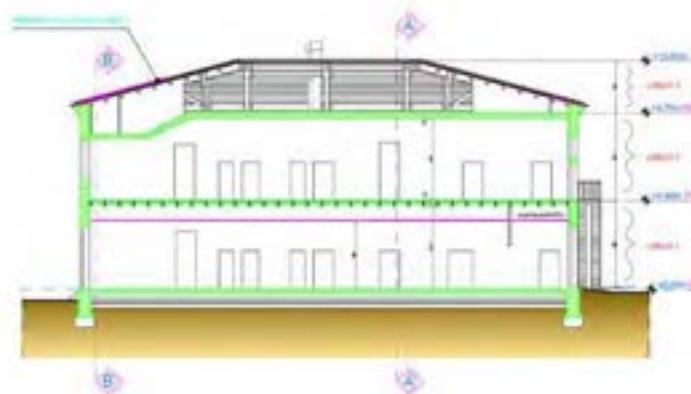


Figura 52 Scuola 1 - Sezione B-B'

8.6 Scuola 2 (medio)

PIANTA PIANO SOTTOSTRADA



Figura 53 - Scuola 2 - Pianta Piano Sottotrada

PIANTA PIANO TERRA



Figura 54 Scuola 2 - Pianta Piano Terra



Figura 55 Scuola 2 - Pianta Piano Primo



Figura 56 - Scuola 2 Prospetto Est



Figura 57 Scuola 2- Prospetto Ovest



Figura 58 Scuola 2 - Prospetto Nord



Figura 59 Scuola 2 - Prospetto Sud

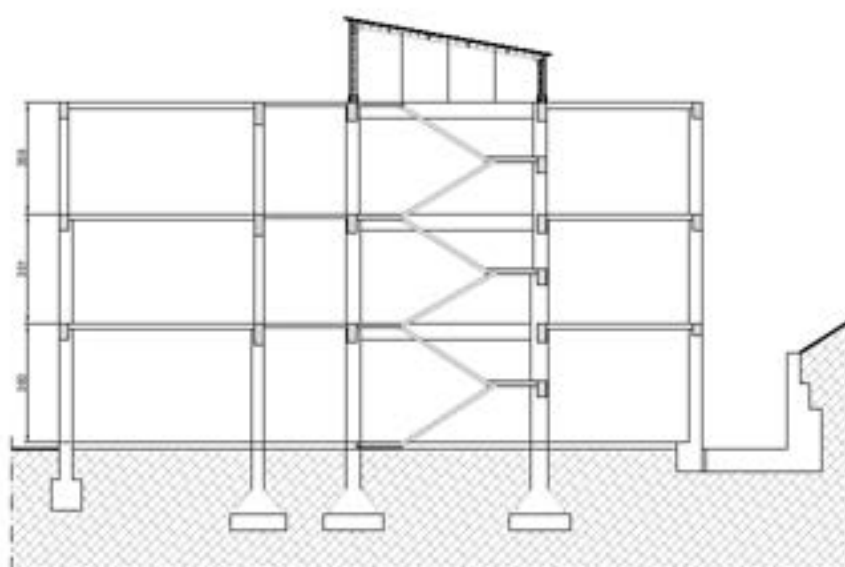


Figura 60 - Scuola 2 - Sezione A-A'

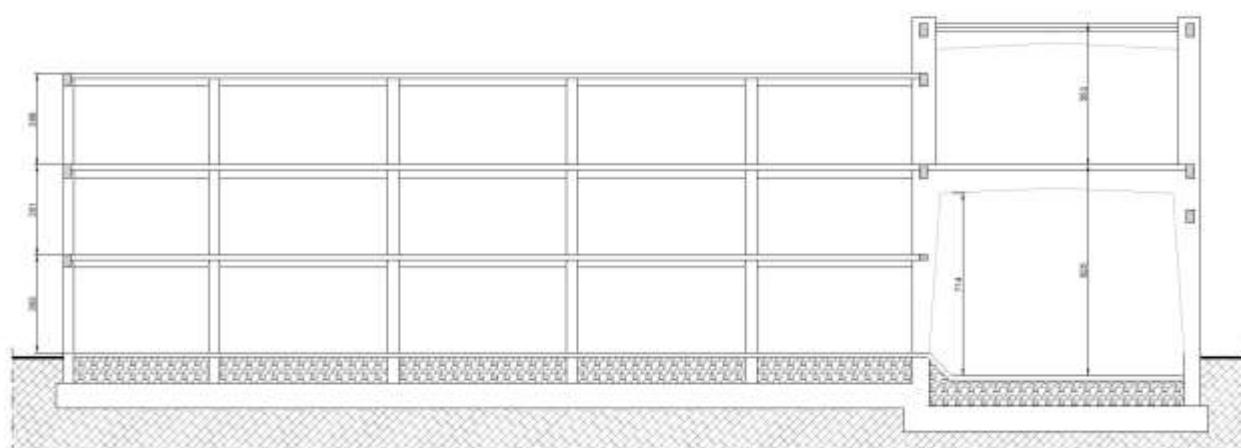


Figura 61 Scuola 2 - Sezione B-B'

9 Appendice C – Tabelle risultati

9.1 Residenziale 1 - Milano

	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 1+FV	PACCHETTO 1+ST	PACCHETTO 2+FV	PACCHETTO 3+FV	PACCHETTO 2	PACCHETTO 2+ST	PACCHETTO 3	PACCHETTO 3+ST
EP,NREN[kWh]	59.212	49.864	47.210	46.121	37.996	34.601	40.684	39.118	37.240	35.704
GAS NATURALE	55.042	47.210	47.210,	45.498	37.996	34.601	37.996	36.270	34.601	32.875
H	50.302	43.476	43.476	43.480	34.252	30.856	34.252	34.259	30.856	30.863
W	4.739	3.735	3.735	2.018	3.744	3.745	3.744	2.011	3.745	2.012
ELETTRICA EX-SITU	4.170	2.654	0	623	0	0	2.688	2.848	2.639	2.829
H	1.668	423	0	423	0	0	332	302	302	302
C	2.221	2.221	0	0	0	0	2.346	2.346	2.327	2.327
W	280	9	0	200	0	0	10	200	10	200
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EP,REN[kWh]	1.005	640	1.361	2.696	1.378	1.353	648	3.252	636	3.240
AEROTERMICA	0	0	0	2.546	0	0	0	2.558	0	2.558
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	2.545	0	0	0	2.558	0	2.558
ELETTRICA IN-SITU	0	0	1.361	0	1.378	1.353	0	0	0	0
H	0	0	217	0	170	155	0	0	0	0
C	0	0	1.139	0	1.203	1.193	0	0	0	0
W	0	0	5	0	5	5	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	1.005	640	0	150	0	0	648	694	636	682
H	402	102	0	102	0	0	80	80	73	73
C	535	535	0	0	0	0	565	565	561	561
W	68	2	0	48	0	0	2	48	2	48
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EP,TOT [kWh]	60.217	50.504	48.571	48.817	39.374	35.955	41.332	42.370	37.876	38.944
GAS NATURALE	55.042	47.210	47.210	45.498	37.996	34.601	37.996	36.270	34.601	32.875
AEROTERMICA	0	0	0	2.546	0	0	0	2.558	0	2.558
ELETTRICA in-SITU	0	0	1.361	0	1.378	1.353	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	5.175	3.294	0	773	0	0	3.336	3.542	3.275	3.511
EE_ESPORTATA	-	-	1.575	-	1.575	1.800	-	-	-	-
SPESA ANNUALE	-4.170	-3.534	-3.629	-3.686	-3.100	-2.894	-3.010	-3.031	-2.809	-2.834
ACQUISTO GAS + EE	-3.670	-3.034	-2.707	-2.686	-2.179	-1.984	-2.510	-2.431	-2.309	-2.234
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	78	0	79	90	0	0	0	0
SPESE PER MANUTENZIONE	-500	-500	-1.000	-600	-1.000	-1.000	-500	-600	-500	-600
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONFRONTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	3.000	6.500	8.200	24.500	31.500	21.000	26.200	28.000	33.200
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO	0	3.000	3.000	3.000	21.000	28.000	21.000	21.000	28.000	28.000
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER	0	0	3.500	5.200	3.500	3.500	0	5.200	0	5.200
SPESA ANNUALE	-4.170	-3.534	-3.629	-3.686	-3.100	-2.894	-3.010	-3.031	-2.809	-2.834
VAN (30 anni) tasso 0,04	-72.107	-58.230	-56.500	-55.854	-30.054	-19.762	-31.855	-27.226	-21.654	-17.076
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	-	-9.348	-12.002	-13.091	-21.217	-24.611	-18.529	-20.094	-21.972	-23.508
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	16%	20%	22%	36%	42%	31%	34%	37%	40%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	16%	19%	19%	35%	40%	31%	30%	37%	35%
Tempo di ritorno semplice	-	4,72	12,01	16,94	22,90	24,70	18,10	23,01	20,58	24,84

9.2 Residenziale 1 – Napoli

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 1+FV	PACCHETTO 1+ST	PACCHETTO 2+FV	PACCHETTO 3+FV	PACCHETTO 2	PACCHETTO 2+ST	PACCHETTO 3	PACCHETTO 3+ST
EP,NREN [kWh]	31.955	23.881	19.622	21.826	15.450	15.196	11.161	19.813	17.485	18.079
GAS NATURALE	26.228	19.386	19.386	17.137	15.394	15.196	3.387	15.394	13.134	13.961
H	21.472	16.102	16.102	16.106	12.103	11.905	0	12.103	12.108	10.668
W	4.756	3.283	3.283	1.031	3.291	3.291	3.387	3.291	1.026	3.292
ELETTRICA EX-SITU	5.727	4.496	237	4.690	56	0	7.774	4.419	4.350	4.118
H	1.034	156	0	156	0	0	7.771	117	57	104
C	4.336	4.336	237	4.336	56	0	0	4.293	4.293	4.005
W	356	4	0	198	0	0	3	9	0	9
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EP,REN[kWh]	1.380	1.084	0	3.008	2.251	2.021	5.387	1.065	4.127	993
AEROTERMICA	0	0	0	3.008	0	0	0	0	3.016	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	3.008	0	0	0	0	3.016	0
ELETTRICA IN-SITU	0	0	2.102	0	2.237	2.021	3.513	0	0	0
H	0	0	0	0	60	60	1.447	0	0	0
C	0	0	2.102	0	2.173	1.956	2.063	0	0	0
W	0	0	0	0	4	4	3	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	1.380	1.084	57	1.130	13	0	1.874	1.065	1.111	993
H	249	38	0	38	0	0	1.873	28	28	25
C	1.045	1.045	57	1.045	13	0	0	1.035	1.035	965
W	86	1	0	48	0	0	1	2	48	2
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EP,TOT [kWh]	33.335	24.965	21.782	25.965	17.701	17.21	16.548	20.878	21.613	19.071
GAS NATURALE	26.228	19.386	19.386	17.137	15.394	15.196	3.387	15.394	13.135	13.961
AEROTERMICA	0	0	0	3.008	0	0	0	0	3.016	0
ELETTRICA in-SITU	0	0	2.102	0	2.237	2.021	3.513	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	7.107	5.579	294	5.820	69	0	9.648	5.484	5.461	5.111
EE_ESPORTATA	-	-	1.890	-	1.890	2.160	1.620	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SPESA ANNUALE	-2.709	-2.165	-2.046	-2.160	-1.795	-1.764	-2.320	-1.927	-1.895	-1.808
ACQUISTO GAS + EE	-2.209	-1.665	-1.141	-1.560	-890	-872	-1.151	-1.427	-1.295	-1.308
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	94	0	94	108	81	0	0	0
SPESE PER MANUTENZIONE	-500	-500	-1.000	-600	-1.000	-1.000	-1.250	-500	-600	-500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONFRONTO										
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	3.000	6.500	8.200	24.500	31.500	34.000	21.000	26.200	28.000
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO	0	3.000	3.000	3.000	21.000	28.000	32.000	21.000	21.000	28.000
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER	0	0	3.500	5.200	3.500	3.500	2.000	0	5.200	0
SPESA ANNUALE	-2.709	-2.165	-2.046	-2.160	-1.795	-1.764	-2.320	-1.927	-1.895	-1.808
VAN (30 anni) tasso 0,04	-46.844	-34.555	-29.137	-29.466	-7.486	-206	-7.426	-13.125	-7.575	-4.333
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	-	-8.074	-12.33	-10.128	-16.505	-16.759	-20.794	-12.142	-14.469	-13.876
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	25%	39%	32%	52%	52%	65%	38%	45%	43%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	25%	35%	22%	47%	48%	50%	37%	35%	43%
Tempo di ritorno semplice	-	5,52	9,81	14,94	26,81	33,31	87,41	26,84	32,18	31,06

9.3 Residenziale 2 – condominio – Milano

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 1_2	PACCHETTO 2	PACCHETTO 3
EP,NREN[kWh]	168.831	144.569	137.593	105.377	85.055
GAS NATURALE	147.645	127.951	121.005	87.551	66.509
H	116.417	102.455	102.439	73.630	52.501
W	31.228	25.496	18.566	13.920	14.008
ELETTRICA EX-SITU	21.186	16.615	16.588	17.826	18.545
H	4.877	1.086	1.086	779	554
C	15.441	15.441	15.441	17.002	17.945
W	868	88	61	46	46
V	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0
EP,REN[kWh]	5.106	4.004	13.080	16.634	16.807
SOLARE ED AEROTERMICA	0	0	9.082	12.338	12.338
H	0	0	0	0	0
W	0	0	9.082	12.338	12.338
ELETTRICA IN-SITU	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	5.106	4.003,64	3.998,07	4.296,55	4.469,86
H	1.176	261,73	261,67	187,66	133,49
C	3.722	3.721,63	3.721,63	4.097,82	4.325,23
W	209	20,28	14,77	11,07	11,14
V					
L					
EP,TOT [kWh]	173.938	148.570	150.673	122.011	101.862
GAS NATURALE	147.645	127.951	121.005	87.551	66.510
AEROTERMICA	0	0	9.082	12.338	12.338
ELETTRICA in-SITU	0	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	26.292	20.619	20.586	22.123	23.015
EE_ESPORTATA	-	-	-	-	-
SPESA ANNUALE	-14.075	-11.883	-11.981	-10.215	-9.097
ACQUISTO GAS + EE	-11.075	-9.383	-8.981	-7.215	-6.097
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	0	0	0
SPESE PER MANUTENZIONE	-3.000	-2.500	-3.000	-3.000	-3.000
CONFRONTO					
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	20.000	36.000	93.380	137.380
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO	0	20.000	20.000	77.380	121.380
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER	0	0	16.000	16.000	16.000
SPESA ANNUALE	-14.075	-11.883	-11.981	-10.215	-9.097
VAN (30 anni) tasso 0,04	-243.389	-186.250	-172.567	-86.852	-25.208
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	-	-24.266	-31.238	-63.455	-83.777
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	14%	19%	38%	50%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	15%	13%	30%	41%
Tempo di ritorno semplice	-	9,12	17,19	24,19	27,60

9.4 Residenziale 2 – condominio – Napoli

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 1_2	PACCHETTO 2	PACCHETTO 3
E_{P,NREN}[kWh]	96.679	80.601	71.868	55.980	47.812
GAS NATURALE	67.686	55.667	45.524	29.774	21.237
H	37.701	32.699	32.736	21.097	12.457
W	29.985	22.968	12.788	8.677	8.781
ELETTRICA EX-SITU	28.993	24.934	26.344	26.207	26.575
H	3.612	344	344	220	129
C	24.514	24.514	25.957	25.957	26.417
W	867	76	42	29	29
V	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0
E_{P,REN}[kWh]	6.993	6.015	17.350	21.184	21.273
SOLARE ED AEROTERMICA	0	0	11.004	14.868	14.868
H	0	0	0	0	0
W	0	0	11.004	14.868	14.868
ELETTRICA IN-SITU	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	6.993	6.015	6.346	6.316	6.405
H	870	83	83	53	31
C	5.913	5.913	6.256	6.256	6.367
W	209	18	7	7	7
V	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0
E_{P,TOT} [kWh]	103.672	86.615	89.218	77.164	69.085
GAS NATURALE	67.686	55.667	45.524	29.774	21.237
AEROTERMICA	0	0	11.004	14.868	14.868
ELETTRICA in-SITU	0	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	35.986	30.949	32.690	32.523	32.980
EE_ESPORTATA	-	-	-	-	-
SPESA ANNUALE	-10.451	-8.762	-8.853	-7.933	-7.489
ACQUISTO GAS + EE	-7.451	-6.262	-5.853	-4.933	-4.489
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	0	0	0
SPESE PER MANUTENZIONE	-3.000	-2.500	-3.000	-3.000	-3.000
CONFRONTO					
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	20.000	36.000	93.380	137.380
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO	-	20.000	20.000	77.380	121.380
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER	-	0	16.000	16.000	16.000
SPESA ANNUALE	-10.451	-8.762	-8.853	-7.933	-7.489
VAN (30 anni) tasso 0,04	-180.715	-132.280	-118.469	-47.389	2.600
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	-	-16.078	-24.811	-40.699	-48.867
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	17%	26%	42%	51%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	16%	14%	26%	33%
Tempo di ritorno semplice	-	11,84	22,53	37,09	46,38

9.5 Ufficio 1 – Milano

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 2	PACCHETTO 3
E_{P,NREN}[kWh]	433.328	244.016	159.215	86.569
GAS NATURALE	338.357	62.464	30.624	197
H	338.357	62.464	30.624	197
W	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	94.971	181.552	128.591	86.371
H	27.179	126.128	112.563	67.593
C	39.705	27.337	1.860	4.888
W	1.777	1.777	1.777	1.777
V	7.687	7.687	3.557	3.483
L	18.623	18.623	8.834	8.630
E_{P,REN}[kWh]	23.290	182.288	168.416	113.017
AEROTERMICA	0	138.554	117.824	73.271
H	0	138.554	117.824	73.271
W	0	0	0	0
ELETTRICA IN-SITU	0	0	19.599	19.768
H	0	0	6.858	5.716
C	0	0	5.603	6.771
W	0	0	0	0
V	0	0	2.118	2.156
L	0	0	5.020	5.125
ELETTRICA EX-SITU	23.290	43.734	30.994	19.978
H	6.551	30.400	27.131	16.292
C	9.570	6.565	448	1.178
W	428	428	428	0
V	1.853	1.853	857	428
L	4.889	4.489	2.129	2.080
E_{P,TOT} [kWh]	456.618	426.304	327.631	199.585
GAS NATURALE	338.357	62.464	30.624	197
AEROTERMICA	0	138.554	117.824	73.271
ELETTRICA in-SITU	0	0	19.599	19.768
ELETTRICA EX-SITU	118.261	225.286	159.585	106.350
EE_ESPORTATA	-	-	2.031	1.862
SPESA ANNUALE	-36.134	-29.925	-22.481	-15.465
ACQUISTO GAS + EE	-31.134	-25.925	-17.583	-10.558
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	102	93
SPESE PER MANUTENZIONE	-5.000	-4.000	-5.000	-5.000
CONFRONTO				
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	55.000	196.000	279.000
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO		55.000	164.000	247.000
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER		0	32.000	32.000
SPESA ANNUALE	-36.134	-29.925	-22.481	-15.465
VAN (30 anni) tasso 0,04	-624.824	-464.577	-200.287	843
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	0	-189.312	-274.113	-346.759
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	44%	63%	80%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	7%	28%	56%
Tempo di ritorno semplice	-	8,86	14,36	13,50

9.6 Ufficio 1 - Napoli

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 2	PACCHETTO 3
E_{P,NREN}[kWh]	239.830	132.925	63.482	34.565
GAS NATURALE	137.346	1.275	292	0
H	137.346	1.275	292	0
W	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	102.484	131.650	63.190	34.565
H	14.923	55.992	37.376	13.166
C	59.755	47.852	13.572	11.524
W	1.644	1.644	1.644	1.644
V	7.687	7.687	3.086	2.399
L	18.475	18.475	7.512	5.832
E_{P,REN}[kWh]	24.701	98.100	91.393	56.693
AEROTERMICA	0	66.851	52.233	23.722
H	0	66.851	52.233	23.722
W	0	0	0	0
ELETTRICA IN-SITU	0	0	23.930	24.529
H	0	0	5.960	4.683
C	0	0	9.988	10.650
W	0	0	0	0
V	0	0	2.359	2.712
L	0	0	5.622	6.484
ELETTRICA EX-SITU	24.701	31.249	15.230	8.442
H	3.597	13.013	9.009	3.173
C	14.403	11.534	3.271	2.889
W	396	396	396	396
V	1.853	1.853	744	578
L	4.453	4.453	1.810	1.406
E_{P,TOT}[kWh]	264.531	231.025	154.876	91.258
GAS NATURALE	137.346	1.275	292	0
AEROTERMICA	0	66.851	52.233	23.722
ELETTRICA in-SITU	0	0	23.930	24.529
ELETTRICA EX-SITU	127.185	162.898	78.420	43.007
EE_ESPORTATA	-	-	3.460	2.861
SPESA ANNUALE	-25.490	-20.228	-12.621	-9.122
ACQUISTO GAS + EE	-20.490	-16.228	-7.794	-4.265
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	173	143
SPESE PER MANUTENZIONE	-5.000	-4.000	-5.000	-5.000
CONFRONTO				
VALORE INVESTIMENTO TOTALE		55.000	195.200	278.200
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO		55.000	164.000	247.000
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER		0	31.200	31.200
SPESA ANNUALE	-25.490	-20.228	-12.621	-9.122
VAN (30 anni) tasso 0,04	-440.780	-296.905	-30.550	109.761
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	-	-106.905	-176.347	-205.265
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	45%	74%	86%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	13%	41%	66%
Tempo di ritorno semplice	-	10,45	15,17	17

9.7 Ufficio 2 – Milano

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 2	PACCHETTO 3
E_{P,NREN}[kWh]	422.277	248.609	147.158	141.055
GAS NATURALE	198.420	0	0	0
H	198.420	0	0	0
W	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	223.857	248.609	147.158	141.055
H	24.416	70.378	51.166	45.316
C	65.250	44.040	19.899	19.652
W	1.144	1.144	1.144	1.144
V	42.705	42.705	23.601	23.610
L	90.341	90.341	51.348	51.332
E_{P,REN}[kWh]	53.955	360.034	342.053	302.553
AEROTERMICA	0	300.113	260.179	222.153
	0	300.113	260.179	222.153
W	0	0	0	0
ELETTRICA IN-SITU	0	0	46.405	46.402
H	0	0	6.332	6.030
C	0	0	10.280	10.575
W	0	0	0	0
V	0	0	9.797	9.792
L	0	0	19.997	20.005
ELETTRICA EX-SITU	53.955	59.921	35.469	33.998
H	5.885	16.963	12.332	10.923
C	15.727	10.615	4.796	4.737
W	276	276	276	276
V	10.293	10.293	5.688	5.691
L	21.774	21.775	12.376	12.372
E_{P,TOT} [kWh]	476.231	608.643	489.211	443.608
GAS NATURALE	198.420	0	0	0
AEROTERMICA	0	300.113	260.179	222.153
ELETTRICA in-SITU	0	0	46.405	46.402
ELETTRICA EX-SITU	277.811	308.530	182.627	175.053
EE_ESPORTATA	-	-	-	-
SPESA ANNUALE	-43.931	-34.598	-23.112	-22.361
ACQUISTO GAS + EE	-38.931	-30.598	-18.112	-17.361
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	0	0
SPESE PER MANUTENZIONE	-5.000	-4.000	-5.000	-5.000
CONFRONTO				
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	50.000	238.000	390.000
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO		50.000	175.000	327.000
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER		0	63.000	63.000
SPESA ANNUALE	-43.931	-34.598	-23.112	-22.361
VAN (30 anni) tasso 0,04	-759.660	-550.192	-170.806	-11.660
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	0	-173.668	-275.119	-281.222
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	41%	65%	67%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	-28%	-3%	7%
Tempo di ritorno semplice	-	5,36	11,43	18,08

9.8 Ufficio 2 - Napoli

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 2	PACCHETTO 3
E_{P,NREN}[kWh]	331.467	228.868	105.918	103.496
GAS NATURALE	70.249	0	0	0
H	70.249	0	0	0
W	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	261.219	228.868	105.918	103.496
H	15.452	21.588	12.041	11.145
C	113.275	74.788	34.065	32.552
W	949	949	949	949
V	42.705	42.705	18.912	18.909
L	88.838	88.838	39.952	39.942
E_{P,REN}[kWh]	62.960	161.567	175.085	157.416
AEROTERMICA	0	106.406	90.794	73.710
	0	106.406	90.794	73.710
W	0	0	0	0
ELETTRICA IN-SITU	0	0	58.762	58.762
H	0	0	4.271	4.094
C	0	0	17.219	17.389
W	0	0	0	0
V	0	0	12.202	12.203
L	0	0	25.070	25.075
ELETTRICA EX-SITU	62.960	55.161	25.529	24.945
H	3.724	5.203	2.902	2.686
C	27.302	18.024	8.210	7.846
W	229	229	229	229
V	10.293	10.293	4.558	4.557
L	21.412	21.412	9.629	9.627
E_{P,TOT}[kWh]	394.428	390.435	281.003	260.913
GAS NATURALE	70.249	0	0	0
AEROTERMICA	0	106.406	90.794	73.710
ELETTRICA in-SITU	0	0	58.762	58.762
ELETTRICA EX-SITU	324.179	284.029	131.447	128.441
EE_ESPORTATA	-	-	-	-
SPESA ANNUALE	-41.179	-32.168	-18.036	-17.738
ACQUISTO GAS + EE	-36.179	-28.168	-13.036	-12.738
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	0	0
SPESE PER MANUTENZIONE	-5.000	-4.000	-5.000	-5.000
CONFRONTO				
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	50.000	238.000	390.000
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO		50.000	175.000	327.000
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER		0	63.000	63.000
SPESA ANNUALE	-41.179	-32.168	-18.036	-17.738
VAN (30 anni) tasso 0,04	-712.066	-508.176	-83.033	68.275
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	0	-102.599	-225.550	-227.971
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	31%	68%	69%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	1%	29%	34%
Tempo di ritorno semplice	-	5,55	10,28	16,64

9.9 Scuola 1 – Milano

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 2	PACCHETTO 2+ FV	PACCHETTO 3	PACCHETTO 3 +FV
E_{P,NREN}[kWh]	131.496	118.259	110.447	82.351	102.104	74.148
GAS NATURALE	91.772	79.838	72.175	72.175	64.102	64.102
H	91.772	79.838	72.175	72.175	64.102	64.102
W	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	39.724	38.421	38.272	10.175	38.002	10.046
H	8.000	6.697	6.548	2.925	6.278	2.881
C	0	0	0	0	0	0
W	1.245	1.245	1.245	1.142	1.245	1.141
V	3.587	3.587	3.587	698	3.587	688
L	26.892	26.892	26.892	5.411	26.892	5.336
E_{P,REN}[kWh]	9.575	9.264	9.225	16.861	9.159	16.758
AEROTERMICA	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA IN-SITU	0	0	0	14.409	0	14.336
H	0	0	0	1.858	0	1.742
C	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	53	0	53
V	0	0	0	1.482	0	1.487
L	0	0	0	11.016	0	11.054
ELETTRICA EX-SITU	9.575	9.264	9.225	2.453	9.159	2.421
H	1.928	1.614	1.578	705	1.513	694
C	0	0	0	0	0	0
W	300	300	300	275	300	275
V	865	869	865	168	865	166
L	6.482	6.482	6.482	1.304	6.482	1.286
E_{P,TOT} [kWh]	141.071	127.523	119.672	99.212	111.263	90.906
GAS NATURALE	91.772	79.838	72.175	72.175	64.102	64.102
AEROTERMICA	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA in-SITU	0	0	0	14.409	0	14.336
ELETTRICA EX-SITU	49.299	47.685	47.497	12.628	47.162	12.468
EE_ESPORTATA	-	-	-	6.936	-	7.009
SPESA ANNUALE	-11.652	-10.608	-10.150	-7.345	-9.654	-6.862
ACQUISTO GAS + EE	-10.152	-9.308	-8.850	-5.392	-8.354	-4.913
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	0	347	0	350
SPESE PER MANUTENZIONE	-1.500	-1.300	-1.300	-2.300	-1.300	-2.300
CONFRONTO						
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	10.000	44.750	75.950	64.750	95.950
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO	-	10.000	44.750	44.750	64.750	64.750
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER	-	0	0	31.200	0	31.200
SPESA ANNUALE	-11.652	-10.608	-10.150	-7.345	-9.654	-6.862
VAN (30 anni) tasso 0,04	-201.494	-173.817	-132.481	-53.979	-104.669	-26.405
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	-	-13.238	-21.049	-49.146	-29.392	-57.348
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	10%	16%	37%	22%	44%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	10%	15%	30%	21%	36%
Tempo di ritorno semplice	-	9,57	29,78	17,63	32,39	20,03

9.10 Scuola 1 – Napoli

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 2	PACCHETTO 2+FV	PACCHETTO 3	PACCHETTO 3+FV
E_{P,REN}[kWh]	63.351	59.053	57.156	25.943	53.350	22.249
GAS NATURALE	25.903	24.377	22.704	22.704	19.345	19.345
H	25.903	24.377	22.704	22.704	19.345	19.345
W	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA EX-SITU	37.449	34.676	34.452	3.239	34.005	2.904
H	5.956	3.183	2.960	516	2.513	388
C	0	0	0	0	0	0
W	1.174	1.174	1.174	1.053	1.174	1.052
V	3.587	3.587	3.587	192	3.587	168
L	26.731	26.731	26.731	1.478	26.731	1.296
E_{P,REN}[kWh]	9.026	8.358	8.304	16.788	8.196	16.649
AEROTERMICA	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA IN-SITU	0	0	0	16.007	0	15.949
H	0	0	0	1.254	0	1.089
C	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	62	0	63
V	0	0	0	1.741	0	1.753
L	0	0	0	12.950	0	13.044
ELETTRICA EX-SITU	9.026	8.358	8.304	781	8.196	700
H	1.436	767	713	124	606	94
C	0	0	0	0	0	0
W	283	283	283	254	283	254
V	865	865	865	46	865	41
L	6.443	6.443	6.443	356	6.443	312
E_{P,TOT}[kWh]	72.377	67.411	65.460	42.731	61.546	38.899
GAS NATURALE	25.903	24.377	22.704	22.704	19.345	19.345
AEROTERMICA	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA in-SITU	0	0	0	16.007	0	15.949
ELETTRICA EX-SITU	46.475	43.034	42.756	4.020	42.201	3.604
EE_ESPORTATA	-	-	-	11.023	-	11.081
SPESA ANNUALE	-7.595	-6.966	-6.842	-3.449,60	-6.595	-3.212,87
ACQUISTO GAS + EE	-6.095	-5.666	-5.542	-1.700,75	-5.295	-1.466,91
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	0	551,15	0	554,04
SPESE PER MANUTENZIONE	-1.500	-1.300	-1.300	-2.300	-1.300	-2.300
CONFRONTO						
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	10.000	44.750	75.950	64.750	95.950
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO		10.000	44.750	44.750	64.750	64.750
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER		0	0	31.200	0	31.200
SPESA ANNUALE	-7.595	-6.966	-6.842	-3.450	-6.595	-3.213
VAN (30 anni) tasso 0,04	-131.326	-110.839	-75.290	13.378	-51.777	36.703
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	0	-4.298	-6.195	-37.408	-10.001	-41.102
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	7%	10%	59%	16%	65%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	7%	10%	41%	15%	46%
Tempo di ritorno semplice	-	15,91	59,49	18,32	64,76	21,90

9.11 Scuola 2 – Milano

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 2	PACCHETTO 2+FV	PACCHETTO 3	PACCHETTO 3+FV
E_{P,NREN}[kWh]	224.682	198.409	157.700	126.246	128.013	95.728
GAS NATURALE	170.514	152.249	113.195	113.195	84.673	84.673
H	166.554	150.243	111.189	111.189	82.668	82.668
W	3.960	2.006	2.006	2.006	2.006	2.006
ELETTRICA EX-SITU	54.168	46.160	44.506	13.052	43.340	11.055
H	13.844	6.348	4.694	2.808	3.528	1.971
C	0	0	0	0	0	0
W	946	434	434	108	434	95
V	11.616	11.616	11.616	2.878	11.616	2.545
L	27.762	27.762	27.762	7.259	27.762	6.444
E_{P,REN}[kWh]	13.056	11.126	10.727	19.276	10.446	19.221
AEROTERMICA	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA IN-SITU	0	0	0	16.130	0	16.556
H	0	0	0	967	0	798
C	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	167	0	174
V	0	0	0	4.481	0	4.652
L	0	0	0	10.515	0	10.932
ELETTRICA EX-SITU	13.056	11.126	10.727	3.146	10.446	2.665
H	3.337	1.530	1.131	677	850	475
C	0	0	0	26	0	0
W	228	105	105	694	105	23
V	2.800	2.800	2.800	1.750	2.800	613
L	6.691	6.691	6.691		6.691	1.553
E_{P,TOT} [kWh]	237.738	209.535	168.427	145.522	138.459	114.949
GAS NATURALE	170.514	152.249	113.195	113.195	84.673	84.673
AEROTERMICA	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA in-SITU	0	0	0	16.130	0	16.556
ELETTRICA EX-SITU	67.224	57.286	55.233	16.198	53.786	13.720
EE_ESPORTATA				5.215		4.789
SPESA ANNUALE	-17.719	-15.598	-13.154	-10.022	-11.375	-8.162
ACQUISTO GAS + EE	-16.219	-14.298	-11.854	-7.983	-10.075	-6.102
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	0	261	0	239
SPESE PER MANUTENZIONE	-1.500	-1.300	-1.300	-2.300	-1.300	-2.300
CONFRONTO						
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	15.000	86.500	117.700	149.700	180.900
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO		15.000	86.500	86.500	149.700	149.700
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER		0	0	31.200	0	31.200
SPESA ANNUALE	-17.719	-15.598	-13.154	-10.022	-11.375	-8.162
VAN (30 anni) tasso 0,04	-306.396	-255.296	-144.294	-60.136	-52.758	32.800
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	0	-26.273	-66.982	-98.436	-96.669	-128.954
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	12%	30%	44%	43%	57%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	12%	29%	39%	42%	52%
Tempo di ritorno semplice	-	7,07	18,95	15,29	23,60	18,93

9.12 Scuola 2 – Napoli

COMBUSTIBILE	ATTUALE	PACCHETTO 1	PACCHETTO 2	PACCHETTO 2 + FV	PACCHETTO 3	PACCHETTO 3 + FV
E_{P,NREN}[kWh]	103.489	89.001	74.362	37.481	62.182	25.358
GAS NATURALE	53.451	47.562	33.522	33.522	21.824	21.824
H	49.488	45.488	31.449	31.449	19.751	19.751
W	3.963	2.073	2.073	2.073	2.073	2.073
ELETTRICA EX-SITU	50.039	41.439	40.839	3.958	40.358	3.534
H	10.027	1.939	1.339	353	858	211
C	0	0	0	0	0	0
W	946	434	434	38	434	35
V	11.616	11.616	11.616	1.021	11.616	940
L	27.450	27.450	27.450	2.546	27.450	2.347
E_{P,NREN}[kWh]	12.061	9.988	9.843	19.867	9.727	19.736
AEROTERMICA	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA IN-SITU	0	0	0	18.913	0	18.884
H	0	0	0	506	0	332
C	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	203	0	205
V	0	0	0	5.433	0	5.475
L	0	0	0	12.771	0	12.874
ELETTRICA EX-SITU	12.061	9.988	9.843	954	9.727	852
H	2.417	467	323	85	207	51
C	0	0	0	0	0	0
W	228	105	105	9	105	8
V	2.800	2.800	2.800	246	2.800	227
L	6.616	6.616	6.616	614	6.616	566
E_{P,TOT}[kWh]	115.550	98.988	84.205	57.348	71.910	45.094
GAS NATURALE	53.451	47.562	33.522	33.522	21.824	21.824
AEROTERMICA	0	0	0	0	0	0
ELETTRICA in-SITU	0	0	0	18.913	0	18.884
ELETTRICA EX-SITU	62.099	51.427	50.683	4.913	50.086	4.385
EE_ESPORTATA				8.117		8.146
SPESA ANNUALE	-10.497	-9.009	-8.130	-4.185	-7.400	-3.460
ACQUISTO GAS + EE	-8.997	-7.709	-6.830	-2.291	-6.100	-1.568
RICAVI PER CESSIONE E.E.	0	0	0	406	0	407
SPESE PER MANUTENZIONE	-1.500	-1.300	-1.300	-2.300	-1.300	-2.300
CONFRONTO						
VALORE INVESTIMENTO TOTALE	0	15.000	86.500	117.700	149.700	180.900
VALORE INVESTIMENTO INVULUCRO		15.000	86.500	86.500	149.700	149.700
VALORE INVESTIMENTO IMPIANTO + FER		0	0	31.200	0	31.200
SPESA ANNUALE	-10.497	-9.009	-8.130	-4.185	-7.400	-3.460
VAN (30 anni) tasso 0,04	-181.510	-141.360	-57.411	40.806	15.983	114.106
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE	0	-14.489	-29.128	-66.009	-41.307	-78.132
RISPARMIO DI ENERGIA FOSSILE (caso/stato attuale)	-	14%	28%	64%	40%	75%
RISPARMIO DI ENERGIA GLOBALE (caso/stato attuale)	-	14%	27%	50%	38%	61%
Tempo di ritorno semplice	-	10,08	36,55	18,65	48,34	25,71