

L'avanzamento della riqualificazione energetica del patrimonio edilizio residenziale regionale (Regione Piemonte, IT)

Report nazionale / Versione finale

(Deliverable D3.2b)

Energy Refurbishment Progress of the Regional Housing Stock (Piedmont Region, IT)

National report / Final version

(Deliverable D3.2b)

POLITO - Italy

Giugno 2015



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

Contract N°: IEE/12/695/SI2.644739

Coordinator:  **IWU** Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt / Germany
Project duration: April 2013 - March 2016



Autori	Partner	Città / Nazione
Vincenzo Corrado Ilaria Ballarini	POLITO - Politecnico di Torino – Dipartimento Energia	Torino / Italia

Sito web EPISCOPE: www.episcope.eu

La responsabilità per il contenuto di questa pubblicazione è esclusivamente degli autori. Né l'EASME né la Commissione europea sono responsabili dell'uso che potrebbe essere fatto delle informazioni contenute in detta comunicazione.

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Obiettivi del progetto EPISCOPE	1
1.2	Fasi dell'attività di ricerca e contenuto del report	1
2	La <i>Pilot Action</i> italiana: ambito e procedura di analisi	3
2.1	Ambito della <i>Pilot Action</i>	3
2.2	Procedura e metodologia per lo sviluppo della <i>Pilot Action</i>	3
3	Caso Base.....	6
3.1	Fonti di dati per la caratterizzazione del parco edilizio residenziale	6
3.2	Ipotesi adottate nell'elaborazione dei dati.....	7
3.3	Principali indicatori di monitoraggio e assunzioni di modello.....	9
3.4	Dati riassuntivi e modellazione del Caso Base	19
3.5	Altre assunzioni di modello per il calcolo della prestazione energetica	24
3.6	Risultati della prestazione energetica del Caso Base	25
4	Analisi di scenario	28
4.1	Fonti di dati	28
4.2	Definizione di target prestazionali.....	30
4.3	Scenario #1: <i>Trend scenario</i>	32
4.4	Scenario #2: <i>Cost-optimal scenario</i>	39
4.5	Scenario #3: <i>Target scenario 2020-2030-2050</i>	43
4.6	Scenario #4: <i>Target scenario 2050</i>	45
4.7	Analisi dei risultati degli scenari di riqualificazione energetica	47
5	Conclusioni.....	49
	Nomenclatura	51
	Bibliografia	53
	Appendice A – Metodo di calcolo secondo UNI/TS 11300	56



1 Introduzione

1.1 Obiettivi del progetto EPISCOPE

L'obiettivo strategico del progetto EPISCOPE (*Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks, 2013-2016*) è rendere i processi di riqualificazione energetica del settore immobiliare più trasparenti ed efficaci. Lo scopo principale del progetto è monitorare l'evoluzione della riqualificazione energetica del patrimonio edilizio residenziale esistente a scale diverse mediante *Pilot Actions*. Il tasso di applicazione di varie misure di riqualificazione energetica viene confrontato con le attività necessarie per raggiungere i principali obiettivi di protezione climatica.

Le *Pilot Actions* sono mirate ad identificare e quantificare i seguenti aspetti: i tassi attuali di riqualificazione in base al tipo di misura, l'avanzamento dei processi di ristrutturazione, l'effettiva conformità ai requisiti di riqualificazione definiti dai regolamenti, l'interpretazione corretta delle raccomandazioni, le condizioni per le misure di isolamento termico, le condizioni per l'installazione di sistemi per lo sfruttamento di fonti rinnovabili, i valori di riferimento del consumo energetico. Alcune analisi di scenario relative ai patrimoni edilizi permetteranno di identificare i risparmi energetici conseguibili con interventi combinati su sistemi costruttivi e impiantistici, e i tassi di riqualificazione necessari per raggiungere gli obiettivi definiti.

Un insieme concordato di indicatori di prestazione energetica, che descriva lo stato di riqualificazione energetica di sottoinsiemi del patrimonio edilizio a diverse scale, permetterà il confronto di andamenti e scenari dei diversi paesi.

Infine, verranno messe a punto raccomandazioni per un monitoraggio regolare, mediante l'utilizzo di indicatori di prestazione energetica significativi da inserire all'interno dei database dei certificati energetici degli edifici, indagini rappresentative, censimenti, bollette di fornitura dei vettori energetici, sviluppo di un *asset* strategico, e gestione dell'energia.

1.2 Fasi dell'attività di ricerca e contenuto del report

Il presente report illustra lo sviluppo della *Pilot Action* italiana, presentando la metodologia seguita, le fonti dei dati, i risultati delle analisi.

L'ambito della *Pilot Action* italiana è la regione Piemonte. L'azione pilota riguarda il monitoraggio dell'attuale evoluzione delle azioni di riqualificazione energetica sul parco edilizio residenziale della regione Piemonte e la messa a punto di scenari di riqualificazione energetica utili ad indirizzare la politica energetica locale nel breve, medio e lungo periodo (Sezione 2).

Nella fase preliminare del progetto è stata svolta una ricerca e un'analisi di diverse fonti di dati, come report dell'ENEA ed elaborazioni dell'ente nazionale di statistica (ISTAT); in particolar modo, è stata effettuata un'analisi statistica sul database dei certificati energetici della regione Piemonte. Sono state ricavate informazioni quali lo stato di isolamento termico degli edifici e il livello di efficienza energetica degli impianti termici del patrimonio edilizio residenziale piemontese, gli attuali tassi di riqualificazione energetica sullo stesso patrimonio, ecc.

A valle dell'indagine statistica e dopo avere definito un modello di analisi, che prende avvio da uno scenario di base rappresentato dalla condizione attuale del patrimonio edilizio (Sezione 3), sono stati sviluppati calcoli energetici considerando gli attuali standard di riqualificazione accoppiati con scenari di retrofit che potrebbero essere attuati in regione Piemonte a diverse scadenze temporali (Sezione 4).



I calcoli energetici sono stati applicati ad edifici caratteristici, gli edifici-tipo, definiti nell'ambito del progetto europeo TABULA (*Typology Approach for Building Stock Energy Assessment*, 2009-2012). I risultati sono stati estesi a tutto il patrimonio residenziale della regione Piemonte in funzione della distribuzione statistica dei tipi edilizi.

L'attività di ricerca prevede, nella sua fase conclusiva, l'adozione di misure correttive da fornire agli attori-chiave (es. amministratori locali, autorità politiche) nel caso in cui i risultati dell'analisi non conseguano gli obiettivi posti (es. valori *target* di emissioni di anidride carbonica).

La *Pilot Action* italiana è stata sviluppata in collaborazione con:

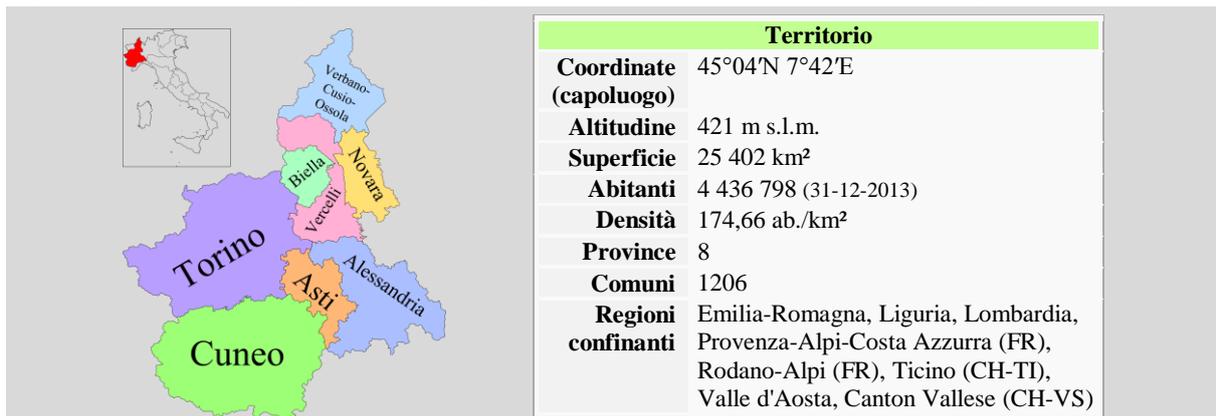
- Regione Piemonte (Dipartimento innovazione, ricerca, università e sviluppo energetico sostenibile, Dipartimento dell'Ambiente);
- Finpiemonte (società finanziaria regionale a supporto dello sviluppo e della competitività del Piemonte);
- CSI Piemonte (Consorzio per il Sistema Informativo della Regione Piemonte).

2 La *Pilot Action* italiana: ambito e procedura di analisi

2.1 Ambito della *Pilot Action*

L'ambito della *Pilot Action* italiana, sviluppata all'interno del progetto EPISCOPE, è la regione Piemonte. Le principali informazioni di localizzazione del territorio in esame sono riportate in Figura 1.

Figura 1: Informazioni generali sulla regione Piemonte [fonte: <http://it.wikipedia.org/wiki/Piemonte>]



La *Pilot Action* riguarda il monitoraggio dell'attuale livello di prestazione energetica del patrimonio edilizio residenziale della regione Piemonte, l'analisi dello stato di avanzamento delle azioni di riqualificazione energetica realizzate sullo stesso parco e la messa a punto di scenari di riqualificazione energetica utili ad indirizzare la politica energetica locale nel breve, medio e lungo periodo.

In aggiunta, l'azione si propone di supportare un'evoluzione del patrimonio residenziale che, nel lungo periodo, sia orientata verso edifici ad energia quasi-zero.

Un gruppo di consultazione regionale costituito da esperti è stato coinvolto nell'attività volta a delineare l'effettivo miglioramento energetico del patrimonio edilizio residenziale locale e a definire alcuni obiettivi di efficienza energetica da ottenere nel breve periodo (2020), a medio (2030) e lungo termine (2050).

2.2 Procedura e metodologia per lo sviluppo della *Pilot Action*

Nell'ambito del progetto EPISCOPE è stato elaborato uno schema metodologico comune a tutti i paesi partecipanti per lo sviluppo della propria *Pilot Action* (Diefenbach et al., 2014). Lo schema, illustrato in Figura 2, si basa su un sistema di indicatori prestazionali che costituiscono un linguaggio comune per lo scambio di informazioni tra paesi diversi.

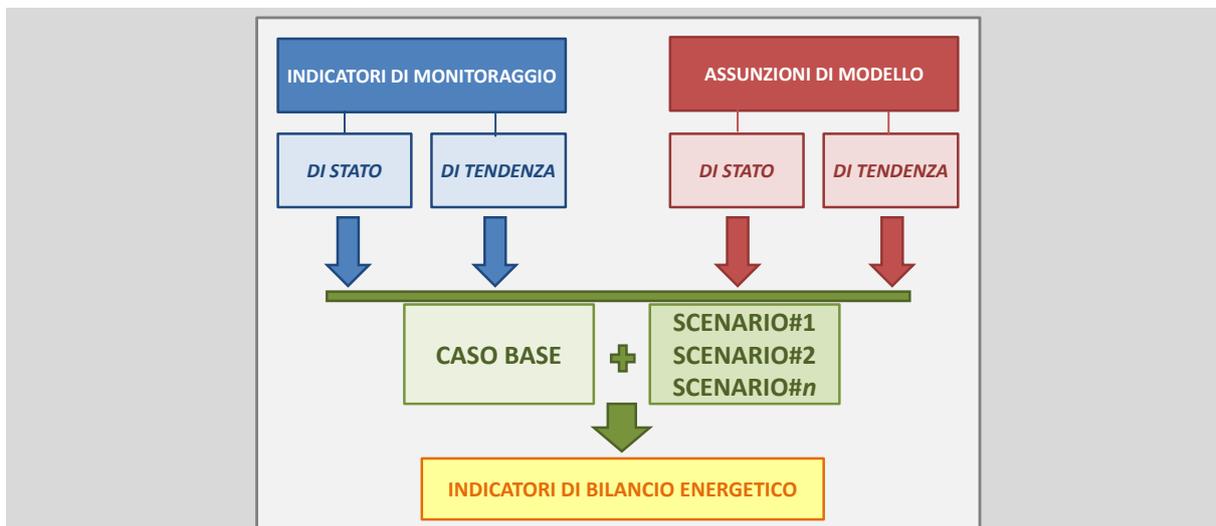
Per la caratterizzazione del parco edilizio si utilizzano "indicatori di monitoraggio" e "assunzioni di modello". Gli "indicatori di monitoraggio" sono dati attendibili sullo stock edilizio, da raccogliere e aggiornare regolarmente, ad esempio per mezzo di indagini o statistiche rappresentative. Le "assunzioni di modello" sono invece ipotesi avanzate in caso di mancanza o incompletezza di uno o più indicatori di monitoraggio. Sia gli indicatori di monitoraggio sia le assunzioni di modello possono essere rappresentati da indicatori/assunzioni "di stato" e/o indicatori/assunzioni "di tendenza", rispettivamente se il dato si riferisce allo stato del patrimonio edilizio in una certa data (es. il numero di edifici esistenti all'anno 2014) oppure se il dato è legato allo sviluppo temporale (es. il tasso di



incremento annuale di nuovi edifici).

L'insieme di indicatori di monitoraggio e assunzioni di modello rende possibile l'effettuazione di calcoli energetici, sia per determinare la prestazione energetica attuale dello stock edilizio sia per analizzare l'effetto di scenari di riqualificazione energetica sul parco edilizio esistente.

Figura 2: Schema metodologico della Pilot Action



Il Caso Base rappresenta la condizione attuale del parco edilizio residenziale della regione Piemonte. Al fine di effettuare il calcolo della prestazione energetica, gli indicatori di monitoraggio e le assunzioni di modello – relativi ai dati costruttivi e impiantistici dello stock edilizio nella condizione presente – sono stati applicati alla geometria degli edifici-tipo appartenenti alla “Matrice della Tipologia Edilizia” definita nel progetto TABULA (Corrado et al., 2014).

La frequenza di ciascun edificio-tipo all'interno del parco edilizio residenziale permette di quantificare la prestazione energetica dell'intero patrimonio residenziale regionale nella condizione attuale (Caso Base).

Questo processo è illustrato in Figura 3.

Successivamente sono stati applicati alcuni scenari di riqualificazione del parco edilizio residenziale della regione Piemonte. Per sviluppare gli scenari sono necessari altri dati di riferimento, ossia altri indicatori di monitoraggio e assunzioni di modello, soprattutto nella forma di tendenza.

Le proprietà che caratterizzano gli scenari sono le seguenti:

- tipi di interventi e requisiti prestazionali delle tecnologie utilizzate;
- numerosità degli interventi nello stock edilizio;
- prestazione energetica conseguente all'applicazione degli interventi.

Gli scenari si differenziano l'uno dall'altro in funzione delle proprietà sopra elencate; a seconda dello scenario, due proprietà rappresentano il dato di ingresso (*input*), la terza è il risultato dell'analisi (*output*). In Tabella 1 è riportata una schematizzazione degli scenari sviluppati: per ciascuno sono indicate le proprietà che rappresentano i dati di *input* (I) e la proprietà che rappresenta l'*output* (O).

Nella definizione dei tipi di interventi e dei loro livelli di applicazione all'interno del patrimonio edilizio residenziale sono state impiegate assunzioni, seppur scelte in modo da rappresentare le condizioni più probabili e adottando un ragionevole compromesso tra i

vantaggi e gli svantaggi derivanti dalla loro applicazione all'interno degli scenari.

Per le analisi di scenario il punto di partenza è sempre rappresentato dal Caso Base e gli interventi di riqualificazione sono stati applicati agli edifici-tipo analizzati nel Caso Base. Gli scenari sono stati valutati a partire dal 2015 per tre scadenze temporali, 2020 (breve termine), 2030 (medio termine) e 2050 (lungo termine). Per ciascuno dei tre anni di riferimento, la prestazione energetica raggiungibile dal parco edilizio residenziale regionale è confrontata con valori *target* di protezione climatica (es. valore limite di emissioni di CO₂).

Figura 3: Metodologia per la determinazione della prestazione energetica del Caso Base

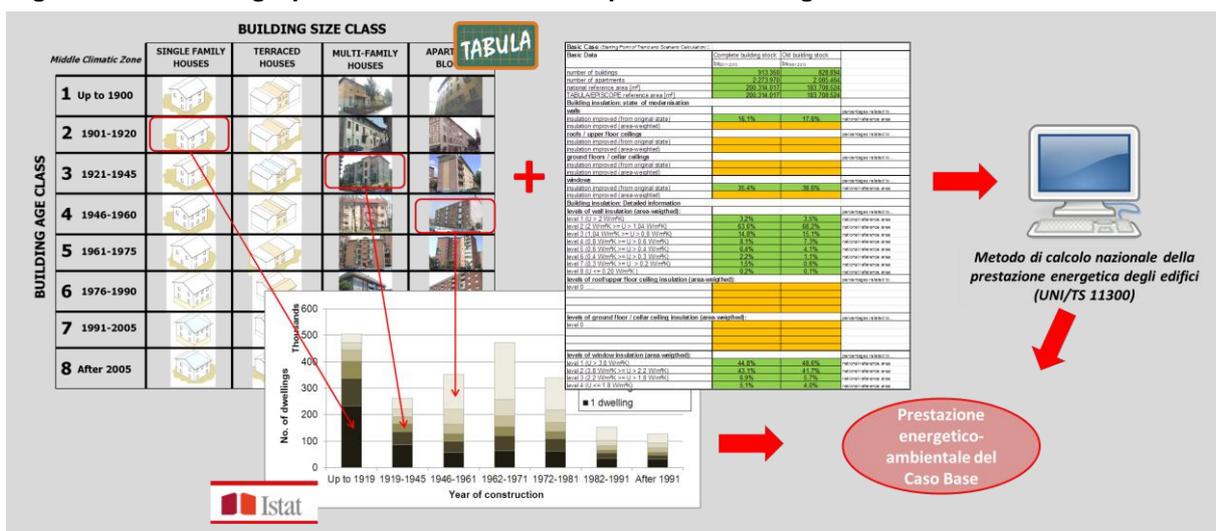


Tabella 1: Schema metodologico degli scenari di riqualificazione. Per ciascuna proprietà è indicato se è un dato di *input* (I) o un *output* (O) dello scenario

SCENARIO	PROPRIETÀ		
	Tipi di interventi e requisiti prestazionali	Numerosità degli interventi	Prestazione energetica conseguibile
Scenario #1 – Trend scenario	I	I	O
Scenario #2 – Cost-optimal scenario	I	I	O
Scenario #3 – Target scenario 2020-2030-2050	I	O	I
Scenario #4 – Target scenario 2050	I	O	I

Il calcolo della prestazione energetica, sia per il Caso Base sia per gli scenari, è stato effettuato secondo la procedura presentata nella specifica tecnica UNI/TS 11300 (cfr. Appendice A), che costituisce il metodo di calcolo nazionale per la certificazione energetica degli edifici e per la verifica dei requisiti minimi di prestazione energetica.

I risultati dell'analisi energetica del Caso Base e degli scenari sono rappresentati da indicatori di bilancio energetico (es. fabbisogno annuale di energia primaria, emissioni di CO₂) relativi ai servizi energetici di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, riportati in una struttura comune ai paesi partecipanti, utile per confrontare gli output delle diverse *Pilot Actions*.

3 Caso Base

3.1 Fonti di dati per la caratterizzazione del parco edilizio residenziale

In Tabella 2 sono riportate le principali fonti di dati utilizzate per sviluppare il Caso Base della *Pilot Action* regionale. Le informazioni ricavate da ciascuna fonte, o in forma di dato puro o in forma di dato risultante da un'elaborazione, possono essere considerate indicatori di monitoraggio e/o assunzioni di modello (cfr. Tabella 2).

Nel caso dell'assunzione di modello di stato, il dato o non è disponibile nella fonte e quindi gli è stato attribuito il valore più probabile (assunzione pura), oppure nell'elaborazione si è fatto anche uso di assunzioni. Per questa seconda situazione, in Tabella 2 si indica la compresenza di indicatore di monitoraggio e assunzione di modello perché il dato in sé è un indicatore statistico attendibile, ma per la sua elaborazione sono state utilizzate una o più assunzioni. Questa operazione è descritta in dettaglio nella Sezione 3.2.

Tabella 2: Quadro sintetico degli indicatori di monitoraggio e delle assunzioni di modello, per tipo e fonte dei dati – Caso Base

FONTE*	TIPO DI DATO DELLO STOCK EDILIZIO RESIDENZIALE	INDICATORE DI MONITORAGGIO		ASSUNZIONE DI MODELLO	
		DI STATO	DI TENDENZA	DI STATO	DI TENDENZA
	<i>Dati dimensionali:</i>				
ISTAT, 2001	- numero di edifici	✓	✓		
ISTAT, 2011	- numero di appartamenti	✓	✓		
OMI, 2013	- superficie di pavimento		✓	✓	
	<i>Dati costruttivi:</i>				
	- livelli di trasmittanza termica - pareti	✓		✓	
SICEE, 2014	- livelli di trasmittanza termica - serramenti	✓		✓	
	- livelli di trasmittanza termica - solai			✓	
	- interventi di isolamento termico			✓	
	<i>Dati impiantistici:</i>				
	- tipo di impianto di riscaldamento	✓		✓	
	- tipo di vettore energetico - riscaldamento	✓		✓	
	- tipo di generatore - riscaldamento	✓		✓	
SICEE, 2014	- tipo di vettore energetico - acqua calda sanitaria	✓		✓	
ISTAT, 2011	- tipo di generatore - acqua calda sanitaria	✓		✓	
	- presenza di impianto solare termico	✓		✓	
	- presenza di impianto solare fotovoltaico	✓		✓	
	- altre informazioni impiantistiche			✓	
ENEA, 2012	<i>Dati sui consumi energetici</i>	✓	✓		

* I riferimenti sono riportati in bibliografia

Si elencano di seguito, con una breve descrizione, le principali fonti di dati riportate in Tabella 2.

- Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) (<http://www.istat.it/>) [ISTAT, 2001; ISTAT, 2011]

Le elaborazioni statistiche si riferiscono prevalentemente ai dati del censimento nazionale della popolazione e delle abitazioni relativo all'anno 2011. Le elaborazioni sono disponibili anche a livello regionale. Tuttavia, i dati relativi al censimento 2011 sono disponibili solo in parte e le elaborazioni sono in continuo aggiornamento, perciò per alcune informazioni si sono utilizzati anche i dati del censimento precedente, relativo all'anno 2001.

- *Osservatorio regionale condizione abitativa – Lo stock abitativo e le compravendite* (<http://www.regione.piemonte.it/edilizia/osservatorio.htm>) [OMI, 2013]

I dati illustrano lo stock residenziale di unità abitative in Piemonte e la loro dinamica dal 2000 al 2012. Le informazioni sono su base annua e suddivise per provincia. La fonte dei dati è l'Osservatorio del Mercato Immobiliare italiano dell'Agenzia delle Entrate. Il responsabile dei dati è il Settore Programmazione e Attuazione degli interventi di edilizia sociale della Direzione Programmazione strategica, politiche territoriali ed edilizia.

- *Osservatorio regionale condizione abitativa - La dinamica costruttiva di abitazioni residenziali in Piemonte* (<http://www.regione.piemonte.it/edilizia/osservatorio.htm>) [OMI, 2013]

I dati illustrano la dinamica costruttiva in Piemonte a partire dal 2000. I dati in oggetto riguardano il numero di nuove costruzioni, il loro volume, la relativa superficie totale, la superficie utile abitabile, le stanze e i vani accessori. Le informazioni sono fornite su base annua e suddivise per provincia. Le elaborazioni si basano su dati Istat e su dati dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare italiano per lo stock abitativo. Il responsabile dei dati è il Settore Programmazione e Attuazione degli interventi di edilizia sociale della Direzione Programmazione strategica, politiche territoriali ed edilizia.

- *Database dei certificati energetici della regione Piemonte* [SICEE, 2014]

La Regione Piemonte ha realizzato un Sistema informativo per la certificazione energetica degli edifici (SICEE). Questo sistema permette la compilazione degli attestati di prestazione energetica da parte dei certificatori, la trasmissione degli attestati alla Regione e la raccolta degli attestati. Quest'ultimo elemento va a costituire il database dei certificati energetici, caratterizzato da un accesso ristretto ai soli fini di ricerca e analisi statistica. Il database contiene informazioni circa i dati tecnici generali dell'immobile (es. la destinazione d'uso, l'anno di costruzione, la tipologia costruttiva), i dati dimensionali principali (es. la superficie utile di pavimento, il volume lordo riscaldato, la superficie disperdente totale), i dati costruttivi ed impiantistici principali (es. il valore della trasmittanza termica media delle pareti verticali opache e dei serramenti, il tipo di impianto, il tipo di vettore energetico, l'efficienza dell'impianto), gli indici di prestazione energetica e la classe energetica.

- *Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)* (<http://www.enea.it/it>)

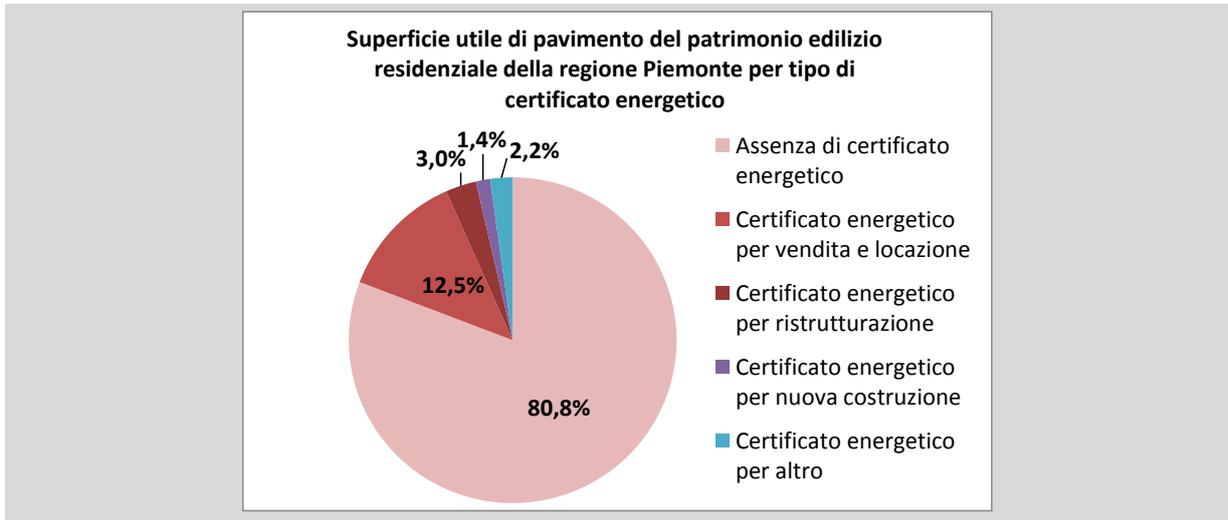
Il "Rapporto Energia e Ambiente" (2009-2010) [ENEA, 2012] fornisce dati relativi ai consumi energetici annuali del parco edilizio residenziale nazionale e regionale. Informazioni più dettagliate relative ai consumi energetici per vettore sono fornite dai Bilanci Energetici Regionali (B.E.R.); i dati sono disponibili per alcuni anni di riferimento compresi tra il 1988 e il 2008.

3.2 Ipotesi adottate nell'elaborazione dei dati

Il database dei certificati energetici della regione Piemonte (anni 2010-2013) [SICEE, 2014] è stata la principale fonte di dati per caratterizzare il parco edilizio residenziale esistente dal punto di vista costruttivo e impiantistico.

In Figura 4 è riportata la suddivisione del parco edilizio in termini di superficie utile di pavimento per tipo di certificato energetico. L'81% della superficie complessiva degli edifici residenziali della regione Piemonte è priva di un certificato energetico, mentre della rimanente quota, circa il 13% presenta un certificato prodotto in occasione di una vendita o locazione.

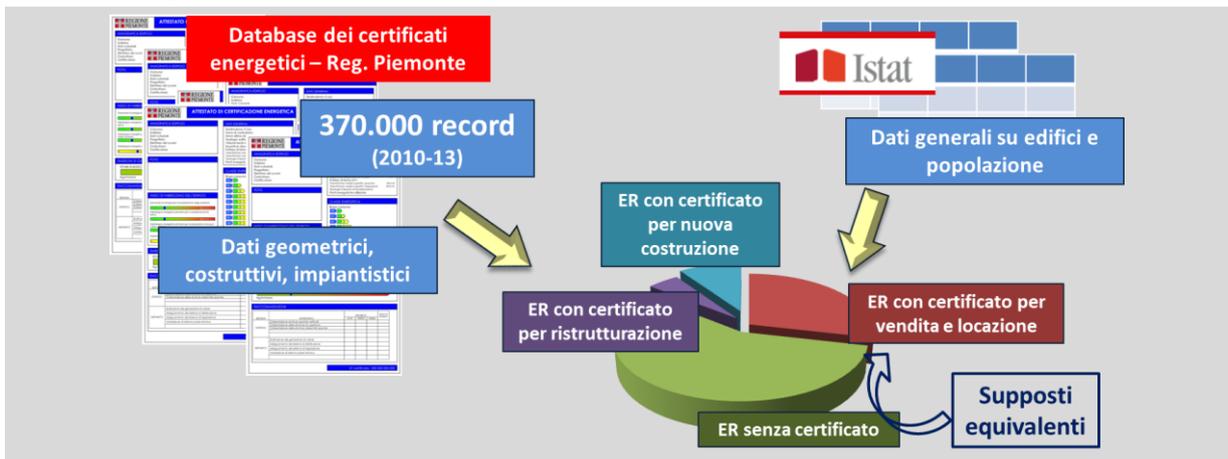
Figura 4: Suddivisione del parco edilizio residenziale piemontese per tipo di certificato energetico



Non avendo informazioni sulla caratterizzazione del parco edilizio residenziale senza certificato, alla superficie di pavimento di questo segmento del patrimonio edilizio sono stati attribuiti i risultati delle elaborazioni statistiche effettuate sul database dei certificati energetici rilasciati per vendita e locazione, considerati sufficientemente rappresentativi del patrimonio residenziale esistente non soggetto a ristrutturazioni edilizie ed energetiche (v. Figura 5). Come indicato in Sezione 3.1, in questo caso si può parlare di compresenza di indicatori di monitoraggio, intesi come i risultati delle elaborazioni statistiche, e un'assunzione di modello, intesa come l'operazione di estensione dei risultati a tutto il patrimonio edilizio residenziale.

Essendo prodotti da soggetti aventi capacità professionali differenti, i certificati energetici presentano marcati limiti di attendibilità. Un'analisi preliminare è stata condotta sul database al fine di rimuovere osservazioni incoerenti all'interno del campione (es. certificati con dati geometrici inverosimili o con valori non attendibili delle trasmittanze termiche).

Figura 5: Ipotesi adottate per le elaborazioni statistiche sul database dei certificati energetici della regione Piemonte





3.3 Principali indicatori di monitoraggio e assunzioni di modello

Si riportano in Tabella 3 e in Figura 6 i principali indicatori di monitoraggio di stato relativi ai dati dimensionali dello stock edilizio residenziale della regione Piemonte, ricavati dai risultati del censimento ISTAT 2011. In Tabella 3 sono riportati il numero di edifici residenziali esistenti e il relativo numero di appartamenti in regione Piemonte, mentre in Figura 6 il numero di appartamenti è fornito per epoca di costruzione e per classe dimensionale dell'edificio (in funzione del numero di appartamenti nell'edificio).

Tabella 3: Dati dimensionali principali del patrimonio edilizio residenziale della regione Piemonte [fonte: ISTAT, 2011]

Numero di edifici residenziali	Numero di appartamenti
944.690	2.443.772

Figura 6: Numero di appartamenti per epoca di costruzione e classe dimensionale dell'edificio [fonte: ISTAT, 2011]

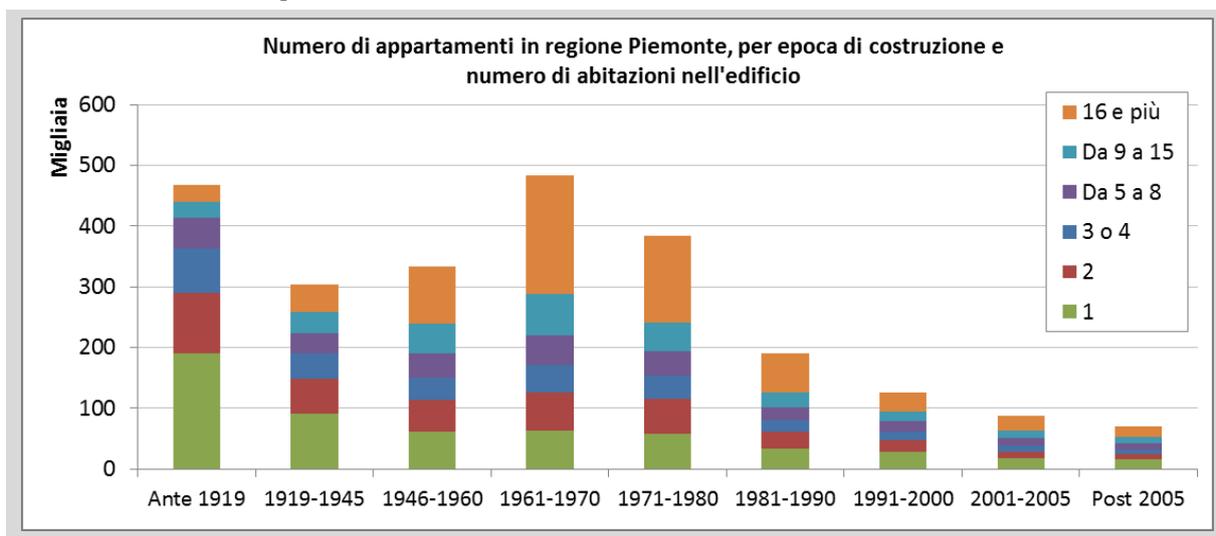


Figura 7: Numero di edifici residenziali e numero di appartamenti nuovi nel periodo 2006-2011 in regione Piemonte [fonte: OMI, 2013]

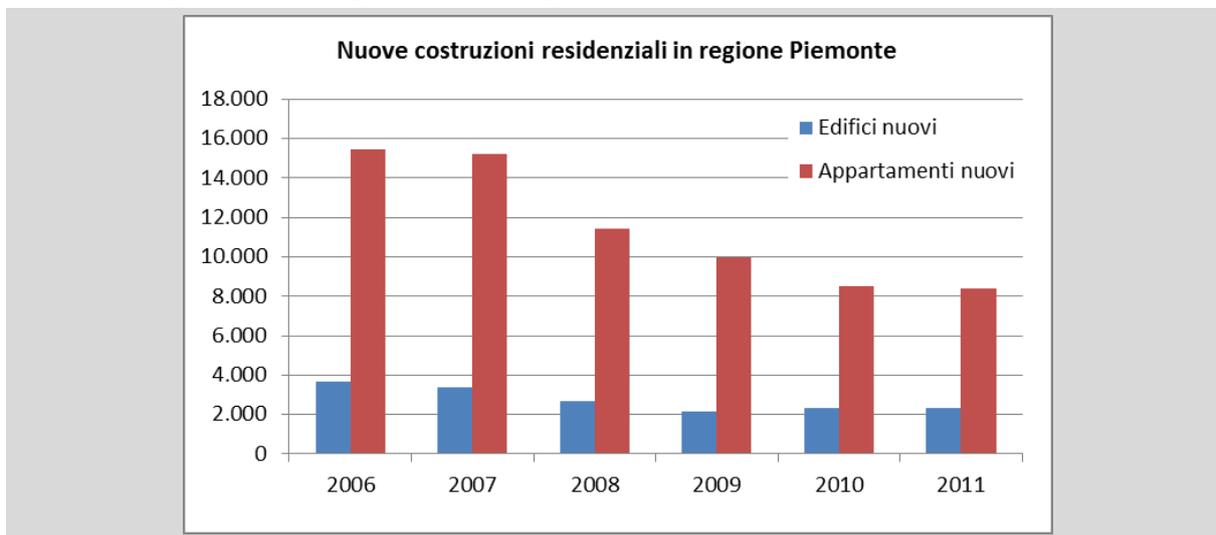


Tabella 4: Superficie utile abitabile (in m²) delle nuove costruzioni residenziali nel periodo 2006-2011 in regione Piemonte [fonte: OMI, 2013]

2006	2007	2008	2009	2010	2011
1.159.935	1.110.890	843.981	736.272	653.333	645.697

Il numero di edifici residenziali e il numero di appartamenti costruiti annualmente nel periodo 2006-2011 in regione Piemonte sono riportati in Figura 7. In Tabella 4 è invece riportata la superficie utile abitabile costruita nel periodo 2006-2011. Questi dati provengono da elaborazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI, 2013) e sono da considerarsi utili per definire indicatori di monitoraggio di tendenza.

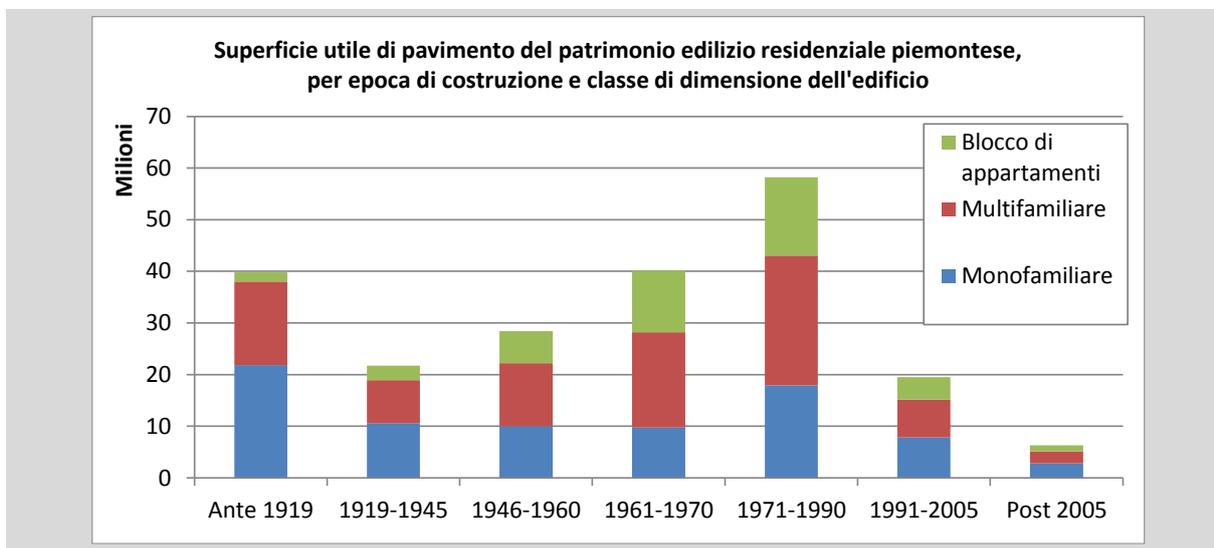
Non essendo ad oggi disponibile da dati ISTAT la superficie abitabile totale degli edifici residenziali esistenti in regione Piemonte, essa è stata ricavata mediante assunzione di modello, moltiplicando il numero di appartamenti per epoca di costruzione (Figura 6) per la superficie utile dell'appartamento di ciascun edificio-tipo appartenente alla "Matrice della Tipologia Edilizia" del progetto TABULA (Corrado et al., 2014). È stato perciò associato il numero di appartamenti nell'edificio (Figura 6) con la classe di dimensione edilizia di TABULA (edificio monofamiliare, edificio multifamiliare, blocco di appartamenti, escludendo le case a schiera), secondo questo criterio:

- un edificio avente un appartamento può essere assunto come edificio monofamiliare,
- un edificio avente da due a quindici appartamenti può essere assunto come edificio multifamiliare,
- un edificio avente sedici o più appartamenti può essere assunto come blocco di appartamenti.

Ne deriva la rappresentazione in Figura 8. Rispetto alla Figura 6, le epoche 1991-2000 e 2001-2005 sono state accorpate coerentemente con le classi di epoca di costruzione della "Matrice della Tipologia Edilizia".

La superficie di pavimento complessiva del patrimonio edilizio residenziale della regione Piemonte ottenuta da questa elaborazione (214.106.718 m²) è coerente con la superficie che si otterrebbe moltiplicando il numero totale di appartamenti (2.443.772) per la superficie dell'appartamento medio (87,7 m²) riportate in ISTAT e OMI.

Figura 8: Superficie utile di pavimento ad uso residenziale, per epoca di costruzione e classe dimensionale dell'edificio



Si riportano di seguito i risultati principali delle elaborazioni statistiche condotte sul database dei certificati energetici della regione Piemonte. Come indicato nelle Sezioni 3.1 e 3.2, questi risultati sono indicatori di monitoraggio la cui estensione al parco edilizio può considerarsi un'assunzione di modello. I risultati sono riportati in funzione dell'epoca di costruzione e si riferiscono alla superficie utile di pavimento del patrimonio edilizio residenziale. Non è disponibile l'informazione in funzione della classe dimensionale (es. per edifici monofamiliari, edifici multifamiliari, blocchi di appartamenti).

In Figura 9 e in Figura 10 è riportata la distribuzione della superficie di pavimento del patrimonio edilizio residenziale regionale, rispettivamente, in funzione del livello di isolamento delle pareti verticali opache e del livello di isolamento dell'involucro edilizio trasparente, per epoca di costruzione. Ai fini di quest'analisi, per "parete isolata" si intende un componente opaco verticale avente un valore di trasmittanza termica non superiore a $1,04 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$, mentre per "vetro doppio/triplo" si intende un serramento avente un valore di trasmittanza termica non superiore a $3,8 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$.

La distribuzione dell'intera superficie di pavimento per intervalli di trasmittanza termica delle pareti verticali opache e dei serramenti, per epoca di costruzione, è riportata rispettivamente in Figura 11 e in Figura 13. La stessa informazione, riferita a tutto il parco residenziale e a tutte le epoche di costruzione, è riportata in Figura 12 e in Figura 14. Non sono disponibili informazioni circa il livello di isolamento delle chiusure opache orizzontali (solai di copertura, solai di pavimento).

Dalle elaborazioni statistiche si evince che circa il 63% della superficie di pavimento del patrimonio edilizio residenziale piemontese esistente presenta pareti perimetrali opache non isolate termicamente e il 42% della stessa superficie presenta un involucro edilizio trasparente dalle ridotte prestazioni energetiche. Analizzando le stesse grandezze per epoca di costruzione, il valore medio della trasmittanza termica dell'involucro edilizio opaco decresce progressivamente con l'epoca di costruzione, e solo a partire dalla fine degli anni Ottanta si può osservare che la quasi totalità degli edifici residenziali presenta un involucro edilizio opaco isolato (Figura 11); mentre, per ciò che concerne l'involucro edilizio trasparente, già dai primi anni Ottanta la maggior parte della superficie costruita presenta una tipologia di serramento a vetro-camera (Figura 13).

Poiché i primi documenti legislativi nazionali in materia di contenimento dei consumi energetici negli edifici risalgono alla metà degli anni Settanta, la presenza di involucri edilizi isolati nelle epoche di costruzione precedenti al 1976 potrebbe essere dovuta a riqualificazioni energetiche che si sono succedute nel corso degli anni sul patrimonio edilizio esistente. Non avendo informazioni attendibili, si potrebbe assumere che la superficie di pavimento costruita prima della metà degli anni Settanta e caratterizzata da un involucro isolato o da serramenti a vetro doppio/triplo sia stata oggetto di riqualificazione. Ne consegue che il 14% del patrimonio edilizio residenziale (in termini di superficie di pavimento) potrebbe essere stato riqualificato energeticamente per ciò che concerne l'involucro edilizio opaco (pareti verticali), e il 31% dello stesso parco edilizio sia stato soggetto alla sostituzione dei serramenti.

I risultati delle elaborazioni statistiche effettuate sul database dei certificati energetici della regione Piemonte relativamente agli impianti termici sono riportati da Figura 15 a Figura 21.

In Figura 15 è riportata la distribuzione della superficie di pavimento del parco edilizio residenziale della regione Piemonte per tipo di impianto di riscaldamento, autonomo o centralizzato, e per epoca di costruzione. Si può osservare un'elevata variabilità del tipo di impianto in funzione dell'epoca di costruzione; i casi estremi sono rappresentati dagli anni Novanta, dove l'impianto di riscaldamento è autonomo nella quasi totalità dei casi, e negli anni Sessanta, dove prevale l'installazione dell'impianto centralizzato. Globalmente, accorpando le epoche di costruzione, e considerando solo la superficie del parco edilizio residenziale che presenta un impianto di riscaldamento, il 44% della superficie è servita da

un impianto centralizzato e il 56% da un impianto autonomo. Il 7% dell'intera superficie del parco edilizio residenziale è invece priva di impianto.

In Figura 16 e in Figura 18 è invece rappresentata la distribuzione della superficie di pavimento dello stesso patrimonio edilizio relativa, rispettivamente, al tipo di generatore di calore utilizzato per il riscaldamento e al tipo di vettore energetico impiegato per lo stesso uso, per epoca di costruzione. Le stesse informazioni sono riportate, accorpendo le epoche di costruzione, rispettivamente in Figura 17 e in Figura 19. Come emerge da entrambi i grafici prevale nettamente l'utilizzo del generatore standard a gas (68,5%), seguito dalla caldaia a condensazione (18%) e dal teleriscaldamento (7,1%). L'uso della biomassa e della pompa di calore è molto ridotto e si attesta intorno al 3%.

In Figura 20 e in Figura 21 è rappresentata la distribuzione della superficie di pavimento del patrimonio edilizio residenziale regionale per tipo di vettore energetico impiegato nella produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari, rispettivamente per epoca di costruzione e in termini globali. Anche in questo caso prevale l'utilizzo del gas naturale, assieme ad un modesto uso dell'energia elettrica.

Per quanto concerne l'impiego dell'impianto solare termico e dell'impianto fotovoltaico, si registra che la prima tecnologia viene utilizzata dal 2,6% della superficie utile del parco edilizio residenziale, mentre la seconda è applicata dallo 0,5% della stessa superficie.

Figura 9: Livello di isolamento termico delle pareti opache del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, per epoca di costruzione

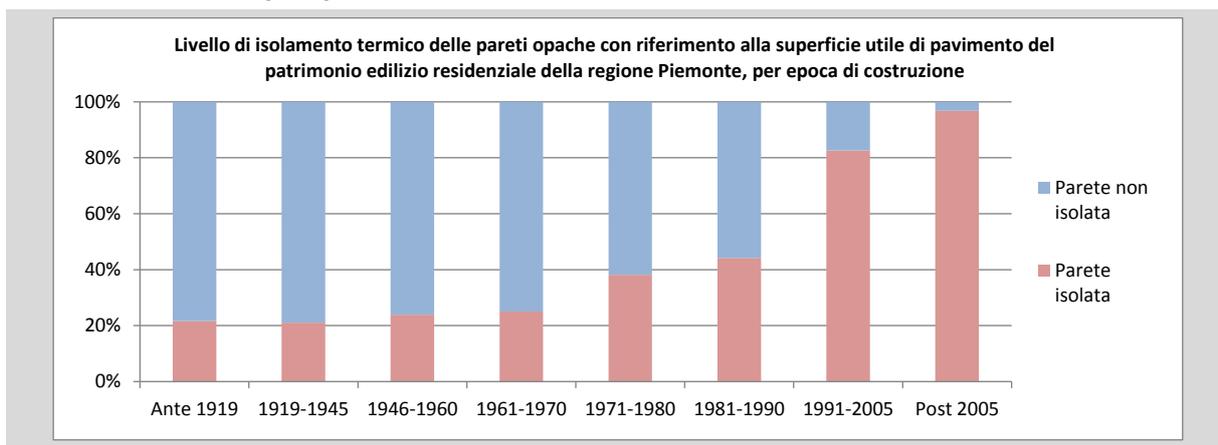


Figura 10: Livello di isolamento dell'involucro edilizio trasparente del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, per epoca di costruzione

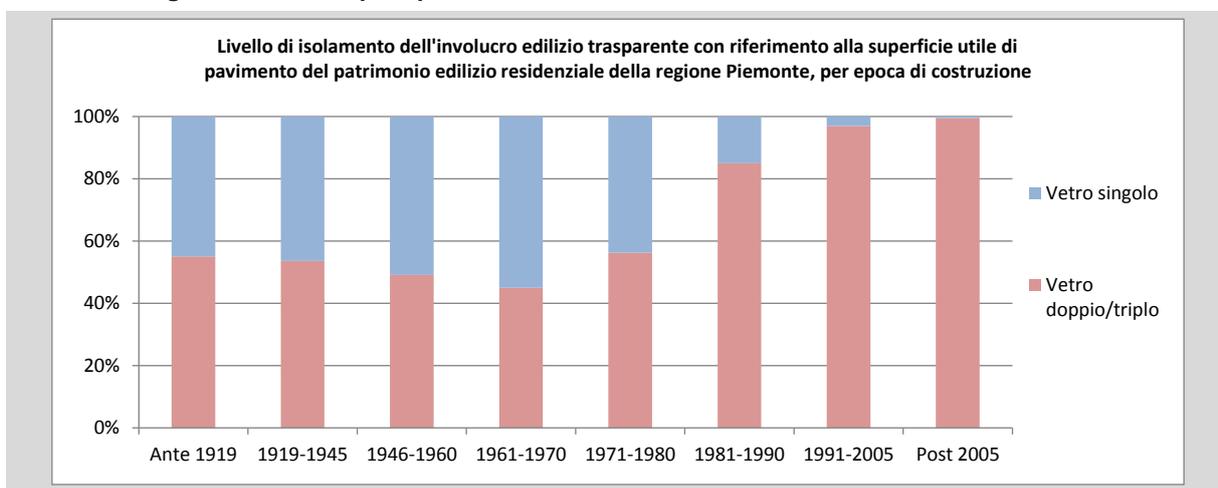


Figura 11: Trasmittanza termica delle pareti opache del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, per epoca di costruzione

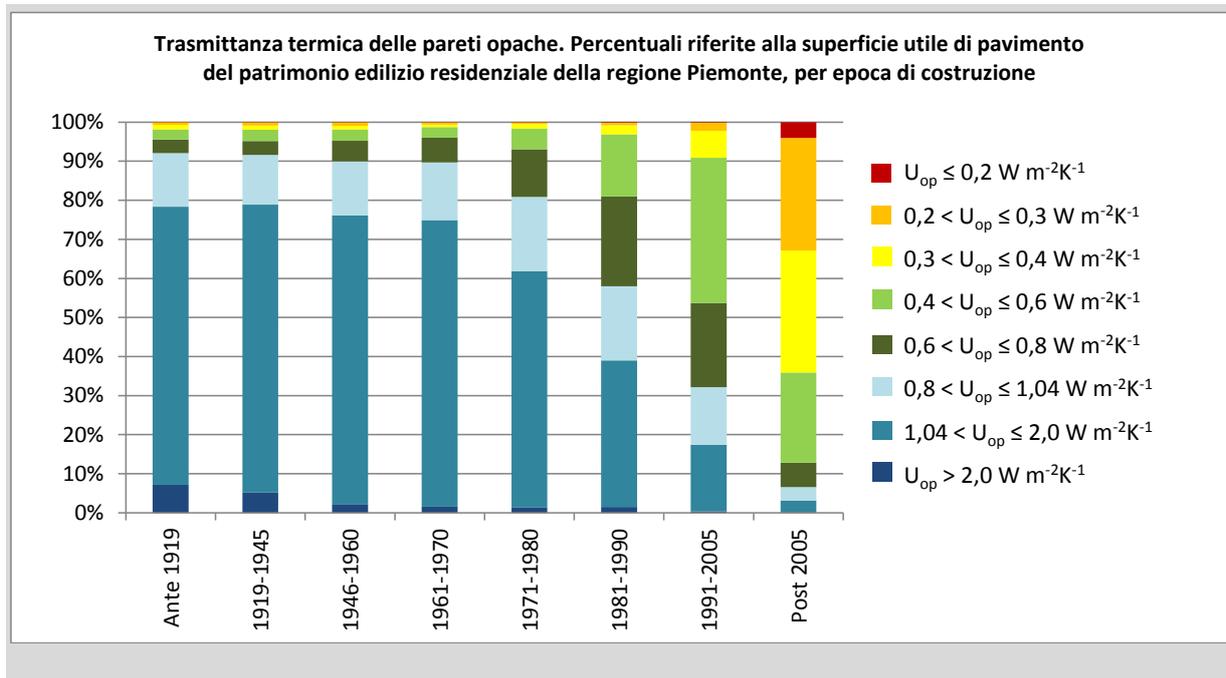


Figura 12: Trasmittanza termica delle pareti opache del parco edilizio residenziale della regione Piemonte

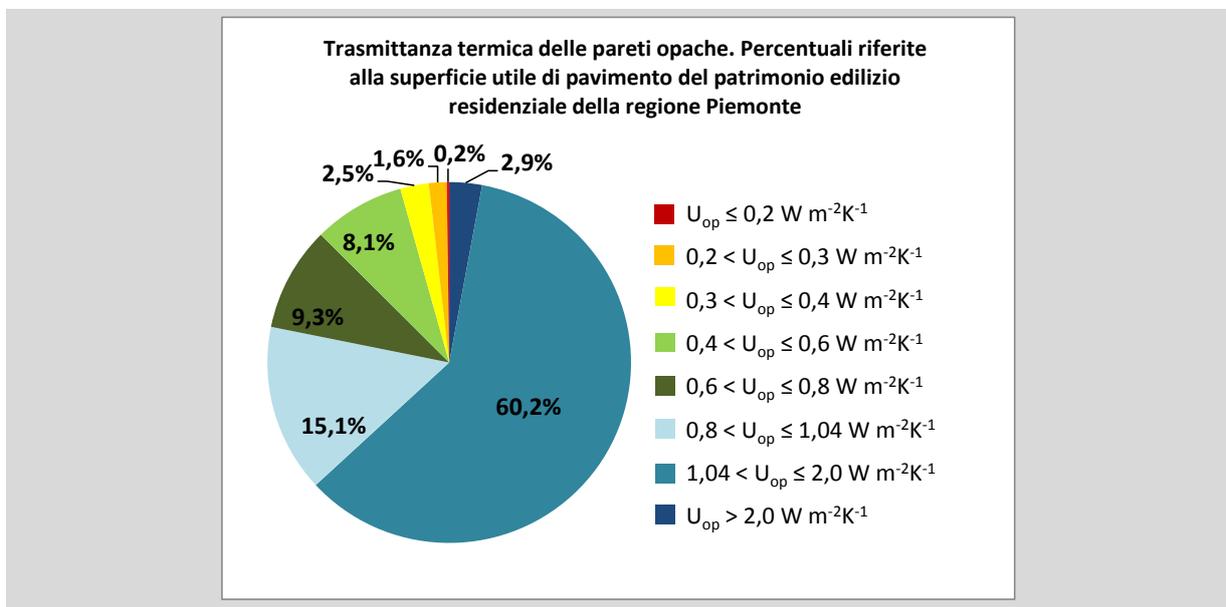


Figura 13: Trasmittanza termica dell'involucro trasparente del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, per epoca di costruzione

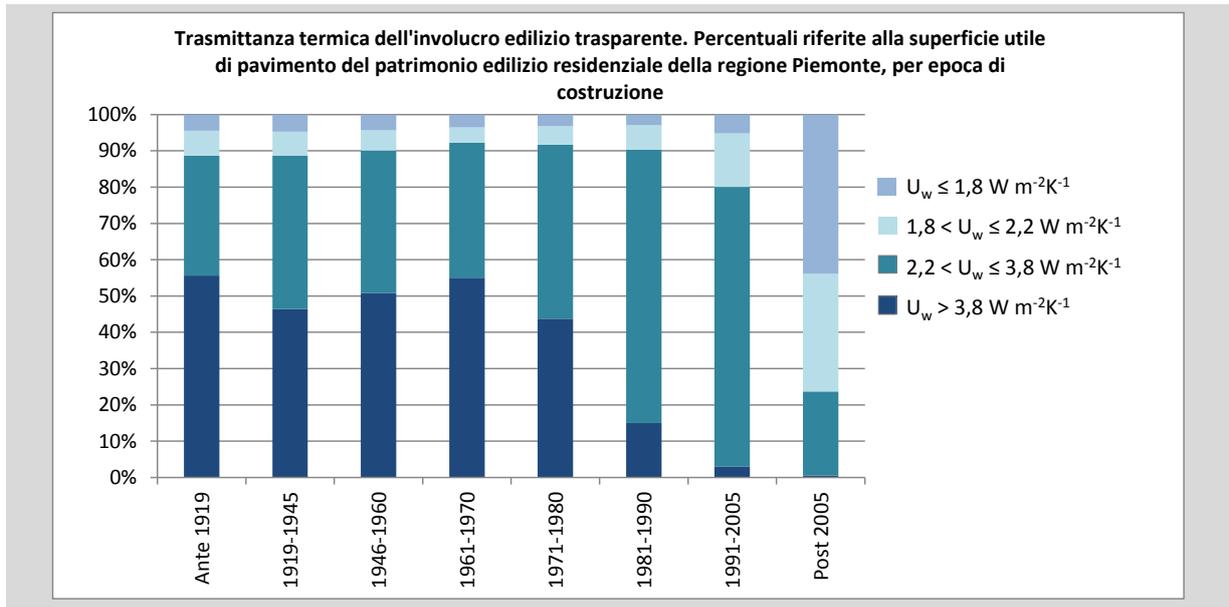


Figura 14: Trasmittanza termica dell'involucro trasparente del parco edilizio residenziale della regione Piemonte

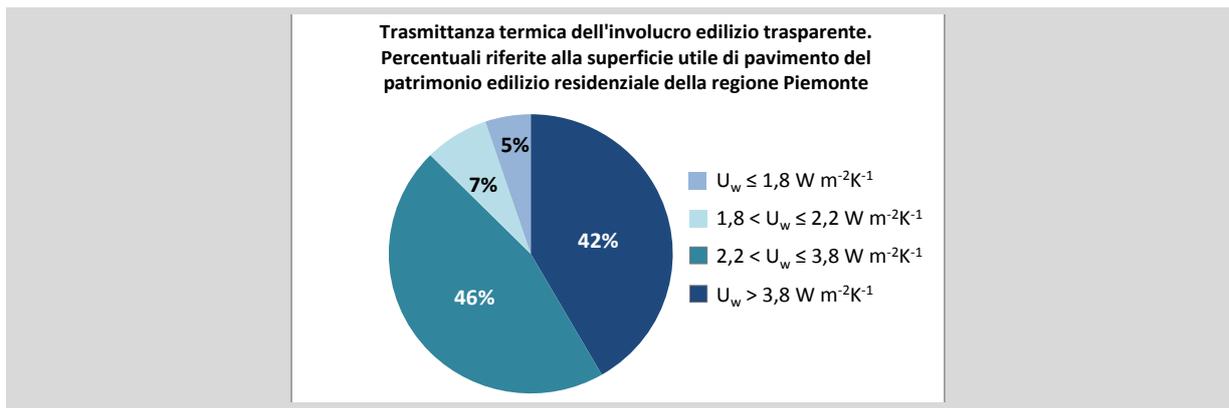


Figura 15: Tipo di impianto di riscaldamento del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, per epoca di costruzione

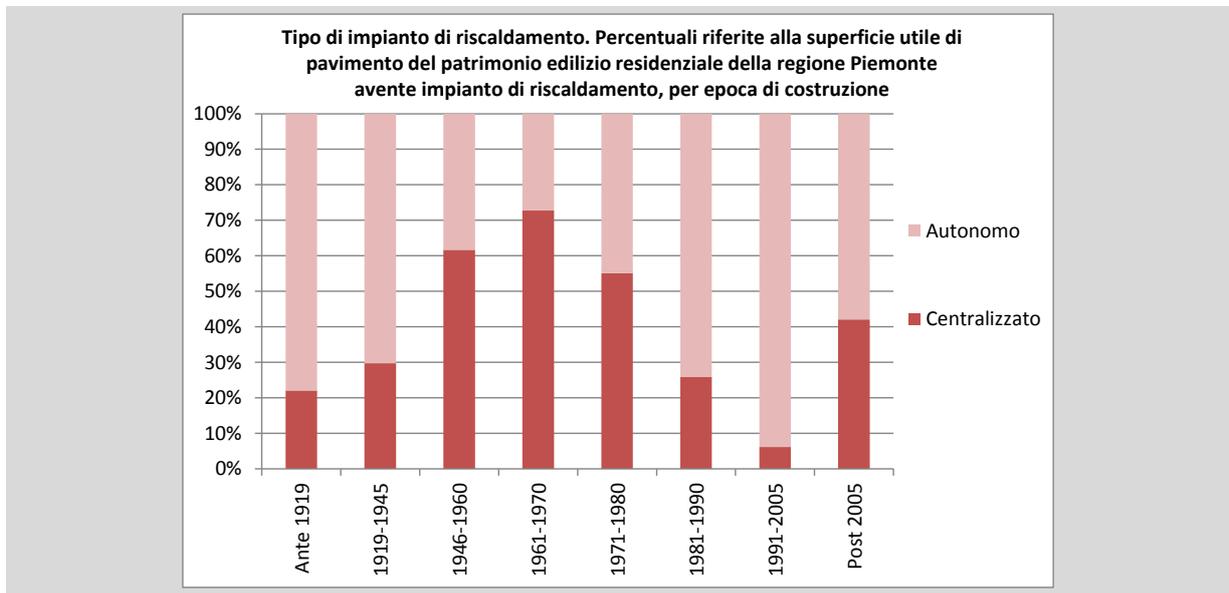


Figura 16: Tipo di generatore di calore installato negli impianti di riscaldamento del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, per epoca di costruzione

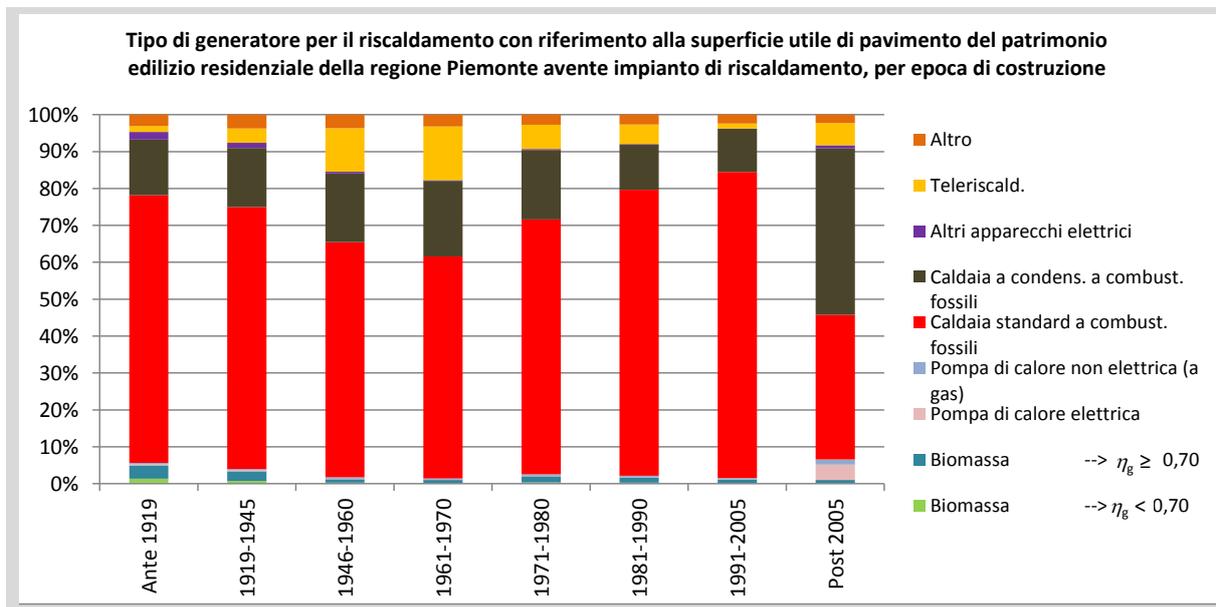


Figura 17: Tipo di generatore di calore installato negli impianti di riscaldamento del parco edilizio residenziale della regione Piemonte

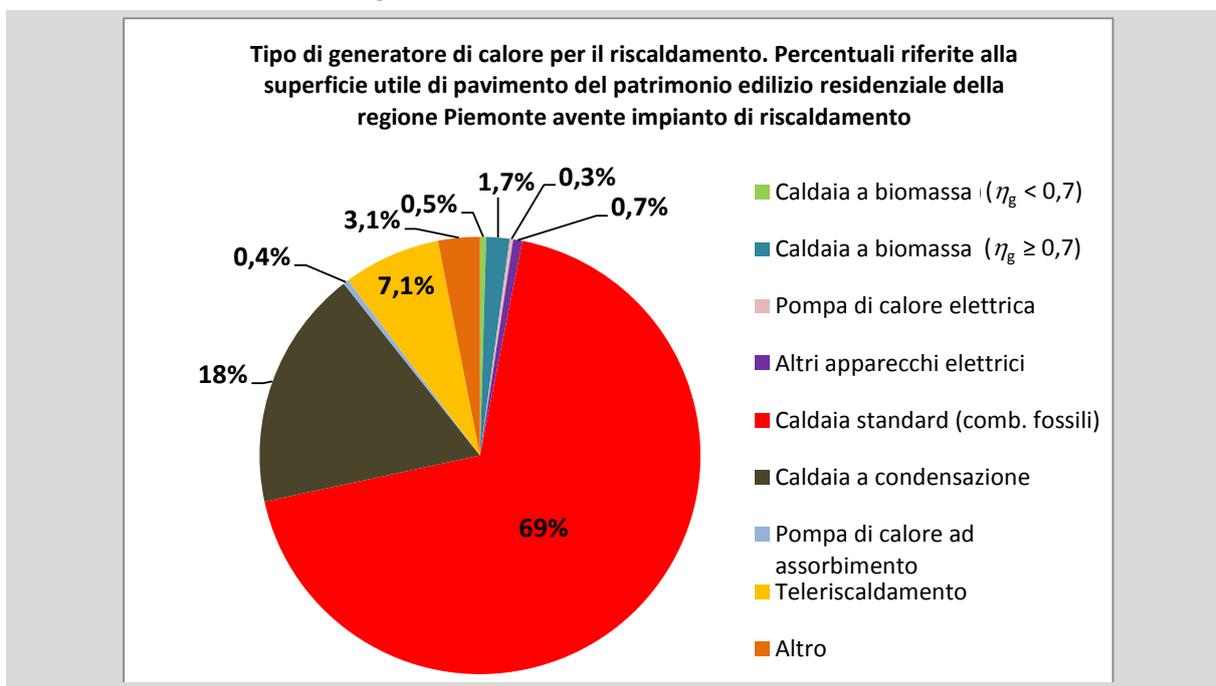


Figura 18: Tipo di vettore energetico impiegato negli impianti di riscaldamento del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, per epoca di costruzione

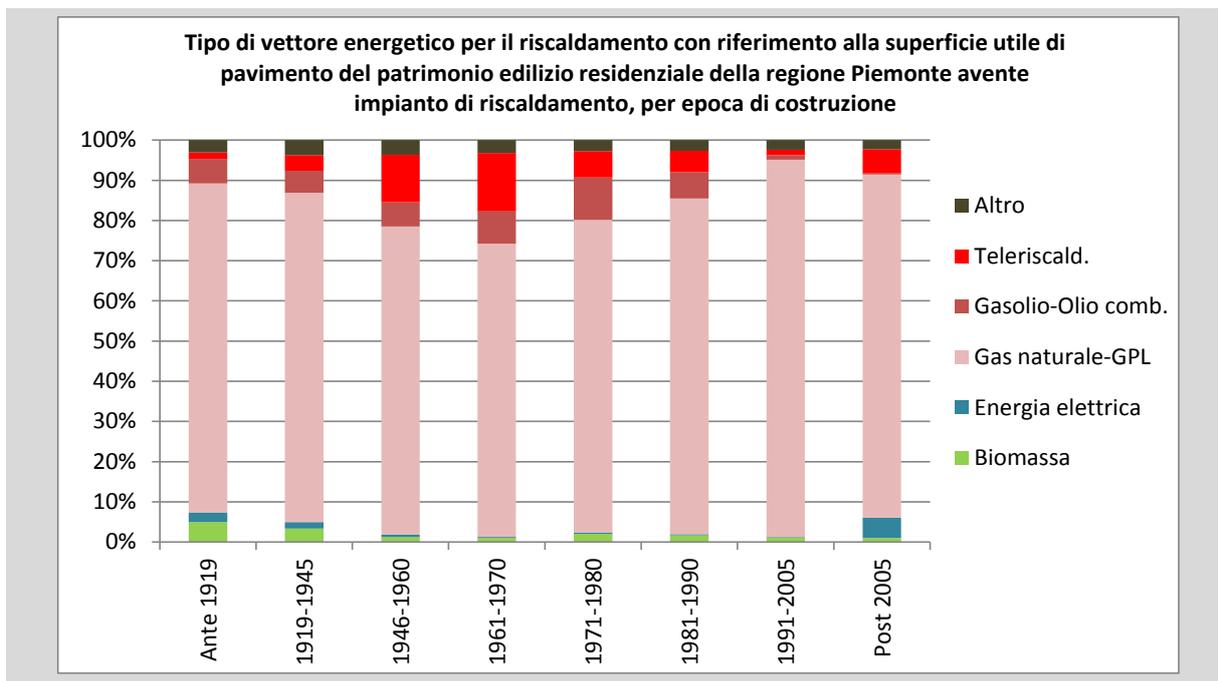


Figura 19: Tipo di vettore energetico impiegato negli impianti di riscaldamento del parco edilizio residenziale della regione Piemonte

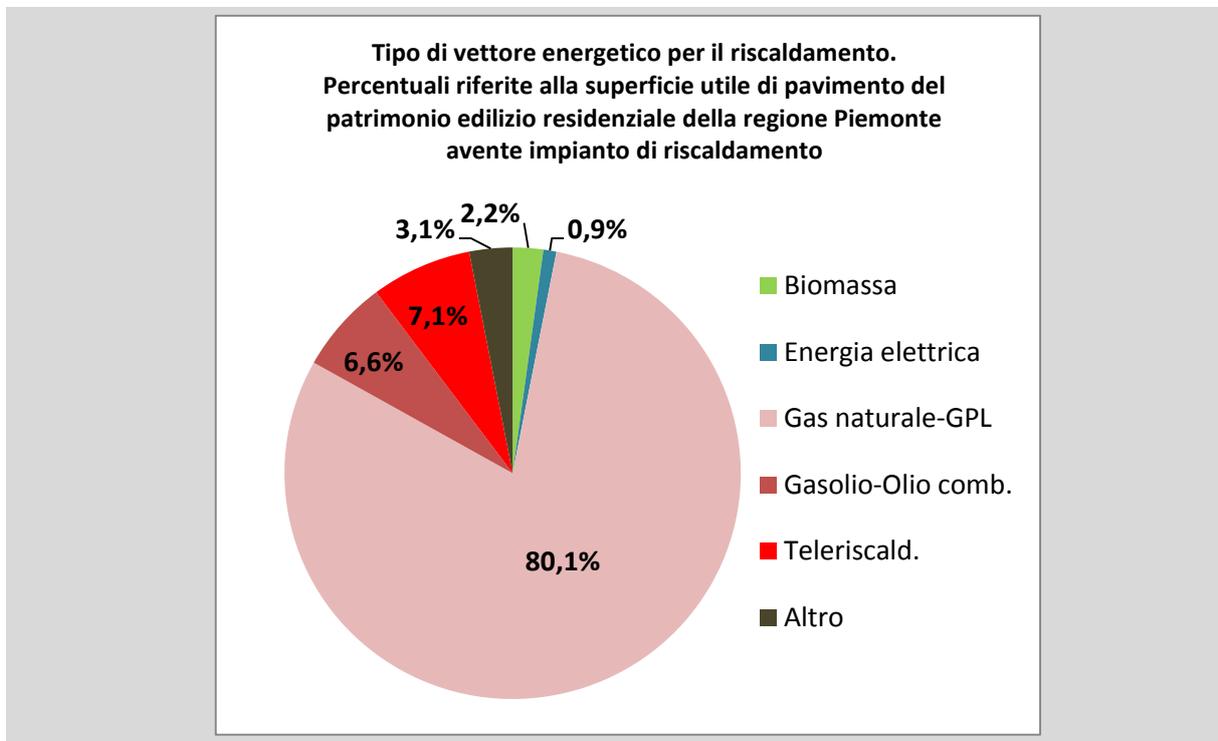


Figura 20: Tipo di vettore energetico impiegato negli impianti di acqua calda sanitaria del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, per epoca di costruzione

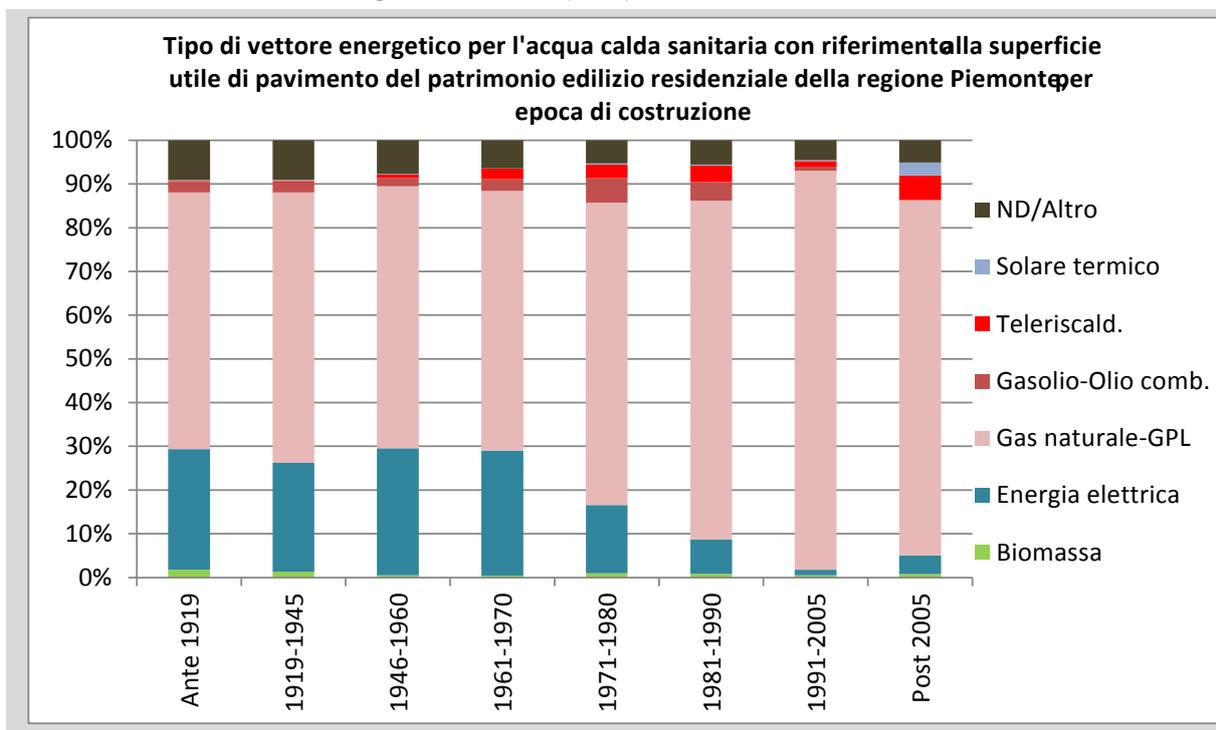
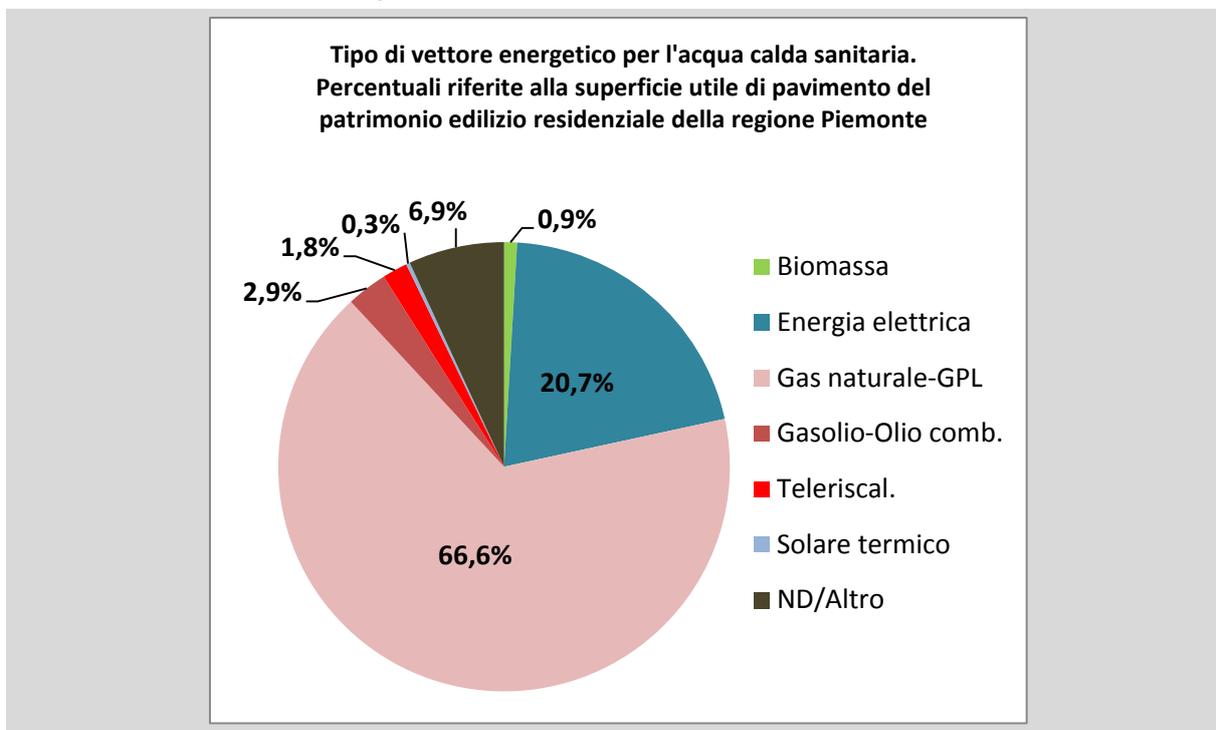
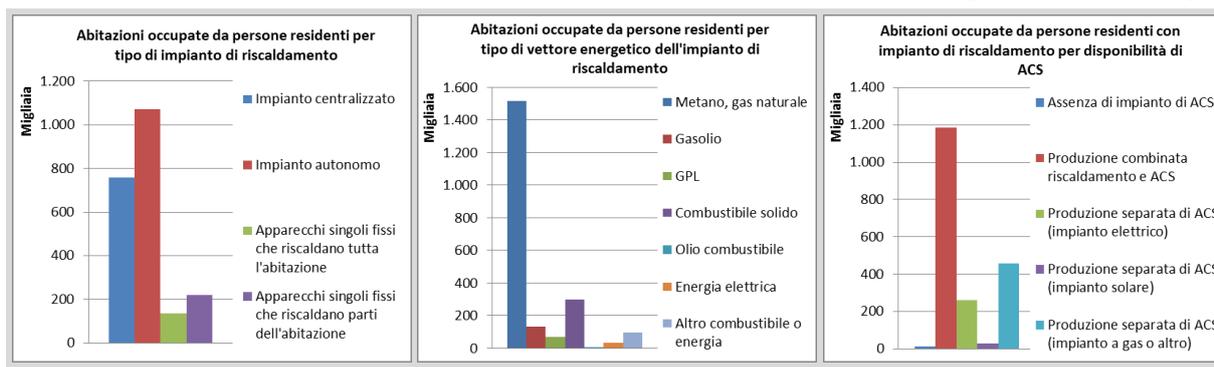


Figura 21: Tipo di vettore energetico impiegato negli impianti di acqua calda sanitaria del parco edilizio residenziale della regione Piemonte



Altri dati impiantistici possono essere reperiti dai risultati del censimento ISTAT [ISTAT, 2011]. Queste informazioni rientrano negli indicatori di monitoraggio e sono riportate nei grafici di Figura 22. I grafici si riferiscono alle abitazioni occupate da persone residenti con impianto di riscaldamento in regione Piemonte, che ammontano a 1.883.736 unità e rappresentano il 77% del totale degli appartamenti. Le informazioni censuarie relative al tipo di impianto di riscaldamento e al tipo di vettore energetico utilizzato sono in linea con i risultati delle elaborazioni condotte sul database dei certificati energetici regionali.

Figura 22: Dati relativi agli impianti di riscaldamento e di ACS in regione Piemonte [fonte: ISTAT, 2011]



Dati sui consumi energetici del settore residenziale della regione Piemonte, per vettore energetico e su base annuale, sono forniti dai Bilanci Energetici Regionali (B.E.R.) di ENEA; i dati sono disponibili per alcuni anni di riferimento compresi tra il 1988 e il 2008, come riportato in Tabella 5.

Tabella 5: Consumi energetici del settore residenziale (in ktep) – Regione Piemonte [fonte: ENEA, 2012]

	1988	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Consumi finali	2.562	2.575	2.526	2.491	2.574	2.437	2.530	2.516	2.649	2.504	2.372	2.324
Combustibili solidi	30	30	36	16	18	7	6	5	5	6	6	3
Carbone	14	13	18	1	0	0	0	3	2	2	2	2
Lignite	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-
Prodotti della cokefazione	15	14	14	13	15	4	4	-	-	-	-	-
Altri combustibili solidi	1	3	4	3	2	3	2	2	3	3	4	2
Prodotti petroliferi	960	793	457	429	491	432	379	330	338	318	290	243
Gasolio	806	652	382	388	404	307	265	228	232	217	195	130
GPL	116	112	60	35	81	119	108	98	104	98	94	112
Petrolio da riscaldamento	38	29	15	6	6	7	6	4	2	3	2	1
Altri prodotti petroliferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gas naturale	1.142	1.295	1.553	1.517	1.555	1.490	1.627	1.644	1.784	1.636	1.536	1.605
Rinnovabili	97	104	110	130	104	99	102	114	101	116	121	46
Biomasse	97	104	110	130	104	99	102	114	101	116	121	46
Rifiuti e Biogas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altri prodotti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia elettrica	332	352	369	398	406	408	416	423	420	428	419	426

3.4 Dati riassuntivi e modellazione del Caso Base

In Tabella 6 e in Tabella 7 sono riassunti i dati relativi al Caso Base secondo una schematizzazione comune ai diversi paesi coinvolti nel progetto EPISCOPE. I dati derivano dalle elaborazioni statistiche presentate nella Sezione 3.3. Le celle in colore verde rappresentano le informazioni disponibili, le celle in colore arancione rappresentano le informazioni che, al momento attuale, non sono disponibili.

Le informazioni si riferiscono separatamente al patrimonio edilizio residenziale completo (“complete building stock”) e al patrimonio edilizio residenziale vecchio (“old building stock”). In Tabella 6 e in Tabella 7, la prima delle due date inserite come pedici del building stock (“bs”) indica che l’informazione si riferisce al patrimonio edilizio costruito fino a quella data, mentre la seconda data (es. 2013) rappresenta l’anno di osservazione. A tal proposito, il “complete building stock” comprende tutti gli edifici residenziali costruiti fino al 2011, mentre l’“old building stock” comprende gli edifici residenziali costruiti fino al 1990.

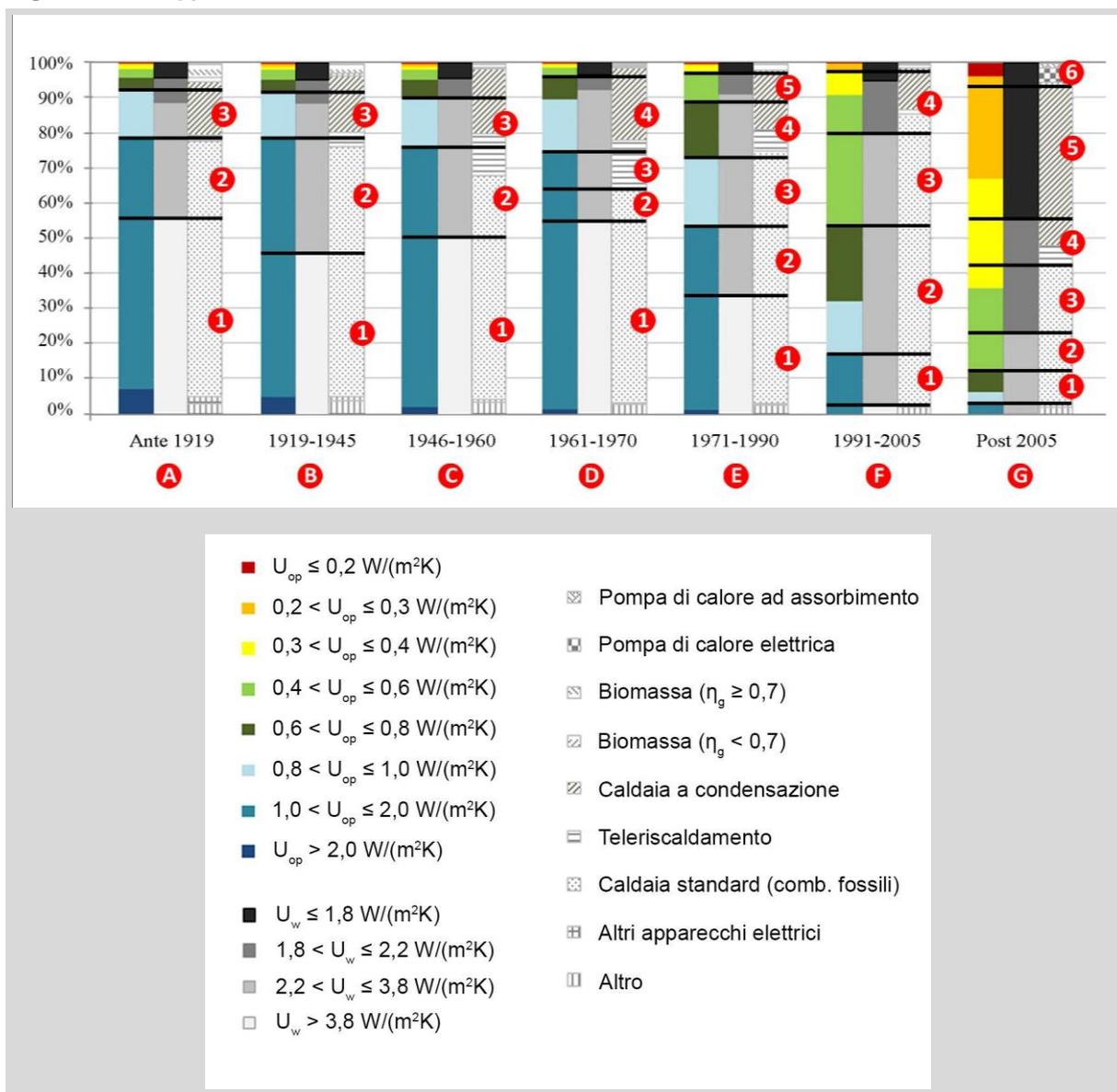
Tabella 6: Dati relativi al Caso Base (1/2)

Basic Case (Starting Point of Trend and Scenario Calculation):			
Basic Data	Complete building stock	Old building stock	
	bs _{2011\2013}	bs _{1990\2013}	
number of buildings	944.690	859.206	
number of apartments	2.443.772	2.161.727	
national reference area [m ²]	214.332.304	190.426.531	
TABULA/EPISCOPE reference area [m ²]	214.332.304	190.426.531	
Building insulation: state of modernisation			
walls			percentages related to
insulation improved (from original state)	14,0%	16,0%	national reference area
insulation improved (area-weighted)			
roofs / upper floor ceilings			percentages related to
insulation improved (from original state)			
insulation improved (area-weighted)			
ground floors / cellar ceilings			percentages related to
insulation improved (from original state)			
insulation improved (area-weighted)			
windows			percentages related to
insulation improved (from original state)	30,6%	34,8%	national reference area
insulation improved (area-weighted)			
Building insulation: Detailed information			
levels of wall insulation (area-weighted):			percentages related to....
level 1 (U > 2 W/m ² K)	2,9%	3,3%	national reference area
level 2 (2 W/m ² K >= U > 1,04 W/m ² K)	60,2%	66,6%	national reference area
level 3 (1,04 W/m ² K >= U > 0,8 W/m ² K)	15,1%	15,5%	national reference area
level 4 (0,8 W/m ² K >= U > 0,6 W/m ² K)	9,3%	8,2%	national reference area
level 5 (0,6 W/m ² K >= U > 0,4 W/m ² K)	8,1%	4,6%	national reference area
level 6 (0,4 W/m ² K >= U > 0,3 W/m ² K)	2,5%	1,1%	national reference area
level 7 (0,3 W/m ² K >= U > 0,2 W/m ² K)	1,6%	0,6%	national reference area
level 8 (U <= 0,20 W/m ² K)	0,2%	0,1%	national reference area
levels of roof/upper floor ceiling insulation (area-weighted):			percentages related to....
level 0			
levels of ground floor / cellar ceiling insulation (area-weighted):			percentages related to....
level 0			
levels of window insulation (area-weighted):			percentages related to....
level 1 (U > 3,8 W/m ² K)	41,7%	47,0%	national reference area
level 2 (3,8 W/m ² K >= U > 2,2 W/m ² K)	45,8%	43,4%	national reference area
level 3 (2,2 W/m ² K >= U > 1,8 W/m ² K)	7,3%	5,7%	national reference area
level 4 (U <= 1,8 W/m ² K)	5,2%	3,9%	national reference area

Tabella 7: Dati relativi al Caso Base (2/2)

Basic Case (Starting Point of Trend and Scenario Calculation):			
Basic Data	Complete building stock	Old building stock	
	bs _{2011 2013}	bs _{1990 2013}	
Main Heat Supply Systems for Space Heating			
Centralisation of space heating system			percentages related to....
district heating	7,1%	7,8%	national reference area
building heating	36,7%	40,3%	national reference area
apartment heating	56,1%	51,9%	national reference area
Main energy carrier for space heating			percentages related to....
district heating	7,1%	7,8%	national reference area
gas (natural / liquid gas)	80,1%	78,3%	national reference area
oil	6,6%	7,5%	national reference area
coal / other	3,1%	3,2%	national reference area
wood/biomass	2,2%	2,3%	national reference area
electricity	0,9%	0,9%	national reference area
Main heat generation system for space heating			percentages related to....
district heating	7,1%	7,8%	national reference area
combustion of fossil fuels: "level 0" systems: stoves, non-condensing boilers --> $\eta_g < 0,97$	68,5%	68,0%	national reference area
combustion of fossil fuels: "level 1" systems: gas/oil condensing boilers --> $\eta_g \geq 0,97$	17,8%	17,5%	national reference area
combustion of fossil fuels: "level 2" systems gas/oil driven heat pumps / chp systems	0,4%	0,4%	national reference area
combustion of wood/biomass: "level 0" systems: simple/old/inefficient stoves and boilers (mostly split log) --> $\eta_g < 0,70$	0,5%	0,5%	national reference area
combustion of wood/biomass: "level 1" systems: modern boilers and stoves (mostly wood pellets, wood chips) --> $\eta_g \geq 0,70$	1,7%	1,8%	national reference area
direct electric heating	0,7%	0,7%	national reference area
electric heat pumps	0,3%	0,1%	national reference area
Special Systems			percentages related to....
solar thermal systems	2,6%	1,4%	national reference area
...for hot water supply only			
...for heating and hot water supply			
photovoltaic systems	0,5%	0,3%	national reference area
ventilation systems (for buildings/apartments, not only kitchen/WC ventilation)			
....with heat recovery			
...without heat recovery			
(optional): Main Energy carrier for hot water supply			percentages related to....
district heating	1,8%	1,7%	national reference area
gas	66,7%	63,6%	national reference area
oil	2,9%	3,2%	national reference area
coal/other/not available	6,9%	7,2%	national reference area
wood/biomass	0,9%	1,0%	national reference area
electricity	20,7%	23,2%	national reference area
(optional:)Main heat generation system for hot water supply			percentages related to....
hot water generation combined with heating system:		61%	number of apartments
separate system of hot water generation:		39%	number of apartments
- direct electric heat generation			
- electric heat pump			
- combustion of fossil fuels			
- combustion of wood/biomass			

Figura 23: Rappresentazione del Caso Base



Il Caso Base è stato modellato a partire dalle informazioni fornite nella Sezione 3.3 e in particolar modo in Figura 11, in Figura 13 e in Figura 16. Questi dati, relativi ai livelli di trasmittanza termica dell'involucro verticale opaco e trasparente, e al tipo di generatore di calore per il riscaldamento, sono stati accostati per epoca di costruzione. La superficie di pavimento del patrimonio edilizio residenziale è stata ulteriormente suddivisa per livello di efficienza energetica, in modo tale che all'incremento dell'efficienza energetica dell'impianto corrisponda una diminuzione delle trasmittanze termiche di pareti e serramenti. Tale procedura rientra tra le assunzioni di modello. Ne risulta la rappresentazione di Figura 23, nella quale i tratti orizzontali neri identificano, per ciascun periodo di costruzione e per un diverso ammontare della superficie di pavimento, da uno a sei diversi livelli di efficienza (numeri nei cerchi rossi). Si individuano perciò 28 diverse combinazioni che rappresentano il 94% della superficie residenziale complessiva della regione Piemonte. Il rimanente 6% si considera trascurabile perché include condizioni non rappresentative, come livelli molto elevati di efficienza energetica nei periodi storici più vecchi o livelli molto bassi di efficienza energetica nei periodi più recenti.

Le 28 combinazioni, che costituiscono le proprietà costruttive e impiantistiche del Caso Base, sono state attribuite alla geometria degli edifici tipo della “Matrice della Tipologia Edilizia” sviluppata nel progetto TABULA per la “Zona Climatica Media” del territorio italiano, a cui appartiene anche la regione Piemonte (Corrado et al., 2014). Per sviluppare i calcoli della prestazione energetica sono stati selezionati alcuni edifici tipo della matrice, evidenziati nelle celle della matrice in Figura 24, secondo il seguente criterio:

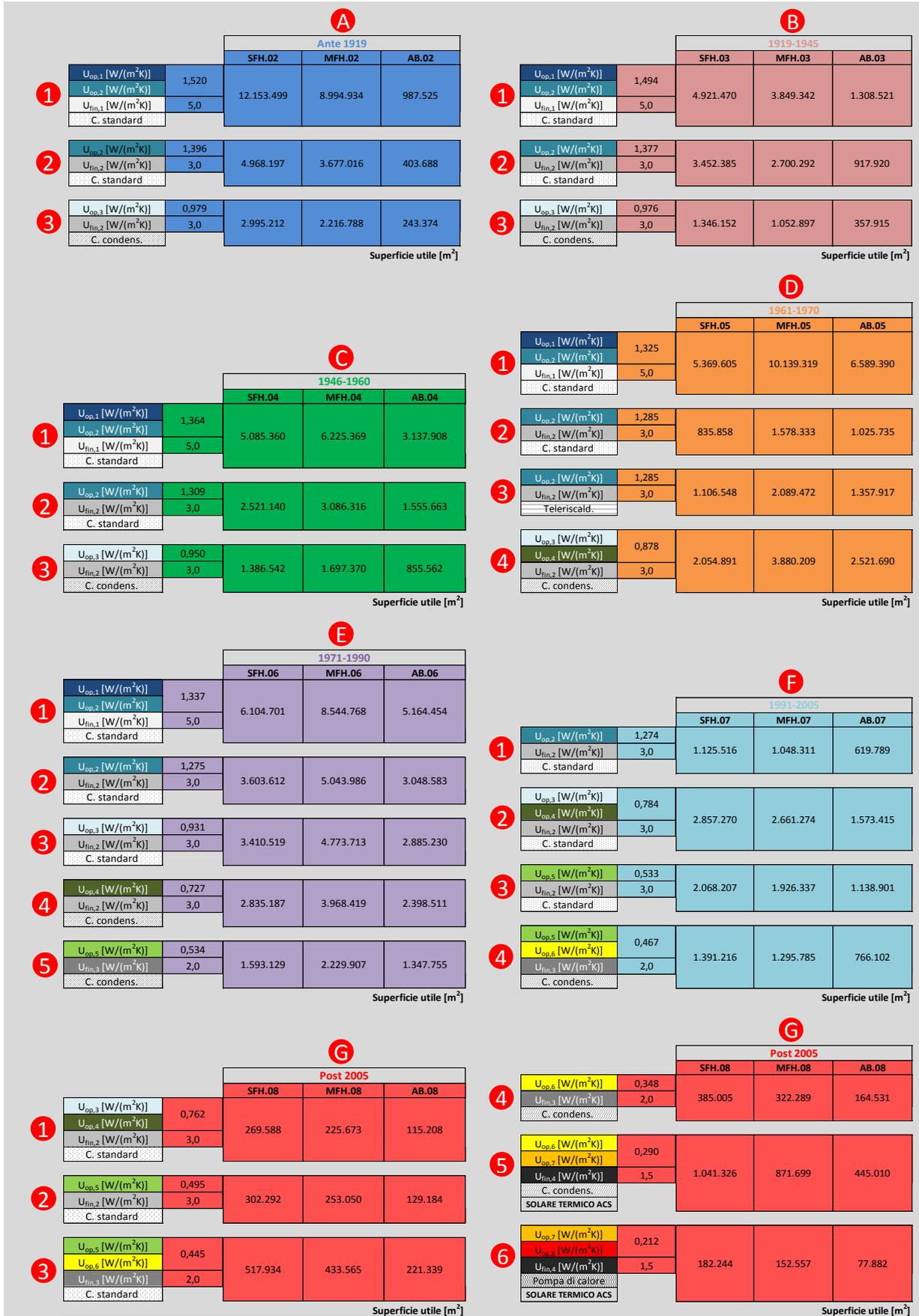
- inclusione di tutte le classi dimensionali ad eccezione delle case a schiera delle quali non si possiedono dati statistici;
- individuazione di sette classi di epoca di costruzione, dalla seconda (1901-1920) all’ottava (dopo il 2005), coerentemente con le epoche di costruzione del Caso Base (cfr. Figura 23).

Per contro, all’interno del Caso Base (cfr. Figura 23) le epoche 1971-1980 e 1981-1990 sono state accorpate coerentemente con i periodi di costruzione della matrice.

Figura 24: “Matrice della Tipologia Edilizia” Italiana e selezione degli edifici-tipo utilizzati nell’analisi del Caso Base [fonte: Corrado et al., 2014]

 Middle Climatic Zone		BUILDING SIZE CLASS			
		SINGLE FAMILY HOUSES	TERRACED HOUSES	MULTI-FAMILY HOUSES	APARTMENT BLOCKS
BUILDING AGE CLASS	1 Up to 1900				
	2 1901-1920				
	3 1921-1945				
	4 1946-1960				
	5 1961-1975				
	6 1976-1990				
	7 1991-2005				
	8 After 2005				

Figura 25: Dati principali relativi agli 84 edifici di riferimento che costituiscono il Caso Base



Poiché non si conosce la quota parte di superficie del patrimonio edilizio di ciascuna delle 28 combinazioni (cfr. Figura 23) da attribuire ad ogni classe dimensionale in un dato periodo di costruzione, essa è stata assunta proporzionale al peso che ciascuna classe dimensionale ha sul totale della superficie (cfr. Figura 8), applicando anche in questo caso un'assunzione di modello. Alla fine risultano 84 diversi edifici rappresentativi ottenuti da 28 combinazioni e 3 classi dimensionali, sui quali sono stati sviluppati i calcoli energetici.

In Figura 25 si riportano, per ciascuno degli 84 casi i valori delle trasmittanze termiche dei componenti verticali opachi e trasparenti dell'involucro edilizio, il tipo di generatore di calore e la superficie del parco edilizio rappresentata da ciascuno. I valori delle trasmittanze termiche sono i valori medi per ciascun livello di efficienza rappresentato in Figura 23. Il generatore di calore per il riscaldamento è caratterizzato da un valore caratteristico di efficienza media stagionale derivato dal progetto TABULA (Corrado et al., 2014). In presenza di più generatori all'interno dello stesso livello di efficienza in Figura 23, è stato applicato il prevalente.

Il tipo di impianto di riscaldamento (centralizzato o autonomo) è stato scelto secondo il seguente criterio:

- sempre centralizzato per gli edifici monofamiliari;
- in ogni epoca di costruzione, la tipologia prevalente in Figura 15 per gli edifici multifamiliari e i blocchi di appartamenti.

Per la produzione di acqua calda sanitaria si è considerato un generatore di calore avente le seguenti caratteristiche:

- separato dal generatore per il riscaldamento, in presenza di impianto centralizzato negli edifici multifamiliari e nei blocchi di appartamenti,
- combinato con il generatore per il riscaldamento, negli edifici monofamiliari e in presenza di impianto autonomo negli edifici multifamiliari e nei blocchi di appartamenti.

Nel caso di generatore di calore per acqua calda sanitaria separato si è assunta la tipologia di scaldacqua a gas, come vettore energetico più utilizzato sul territorio regionale (cfr. Figura 21).

3.5 Altre assunzioni di modello per il calcolo della prestazione energetica

Alcuni dati non disponibili da analisi statistica, ma necessari per effettuare i calcoli energetici degli edifici tipo, sono stati definiti come assunzioni di modello e sono i seguenti:

- trasmittanze termiche del solaio superiore e del solaio inferiore dell'involucro edilizio;
- rendimenti dei sottosistemi dell'impianto di riscaldamento e dell'impianto di acqua calda sanitaria (a meno del sottosistema di generazione per il riscaldamento, già definito nella Sezione 3.4);
- caratteristiche degli ausiliari elettrici dei sottosistemi impiantistici.

Le trasmittanze termiche dei solai che caratterizzano l'involucro edilizio sono state ricavate dal progetto TABULA (Corrado et al., 2014), come valori caratteristici di una determinata zona climatica, epoca di costruzione e dimensione dell'edificio.

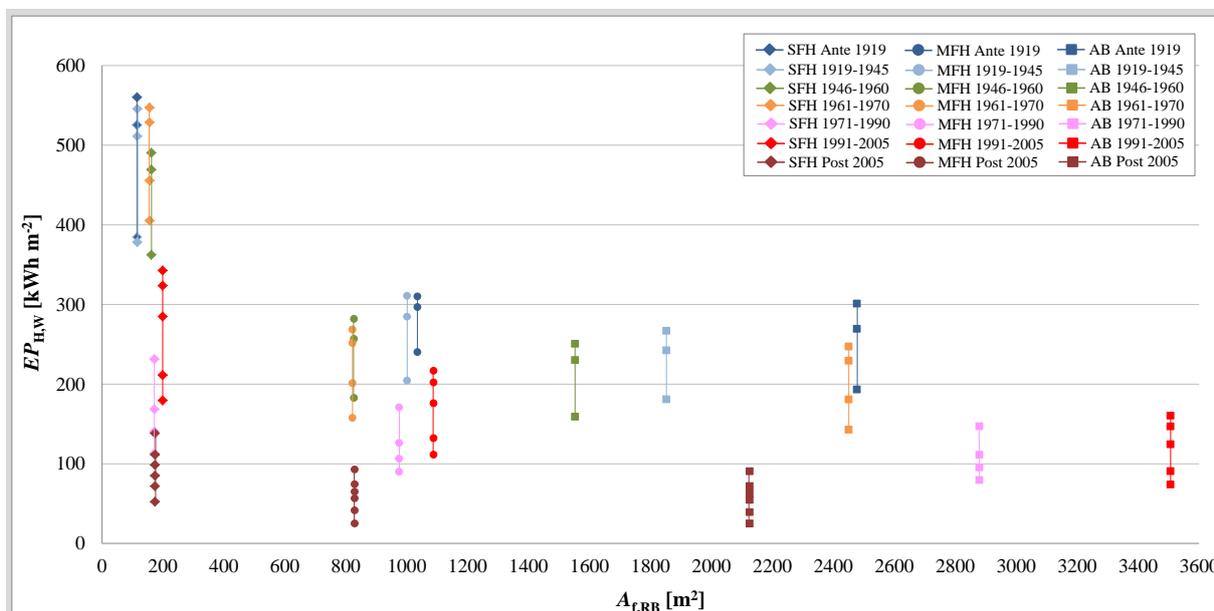
Parimenti i rendimenti dei sottosistemi impiantistici e le caratteristiche degli ausiliari elettrici sono stati ricavati sia dal progetto TABULA sia dalla normativa tecnica nazionale che fornisce valori precalcolati di riferimento (UNI/TS 11300-2).

3.6 Risultati della prestazione energetica del Caso Base

Da Figura 26 a Figura 28 sono riportati i risultati del calcolo della prestazione energetica del patrimonio edilizio residenziale della regione Piemonte nella condizione attuale (Caso Base).

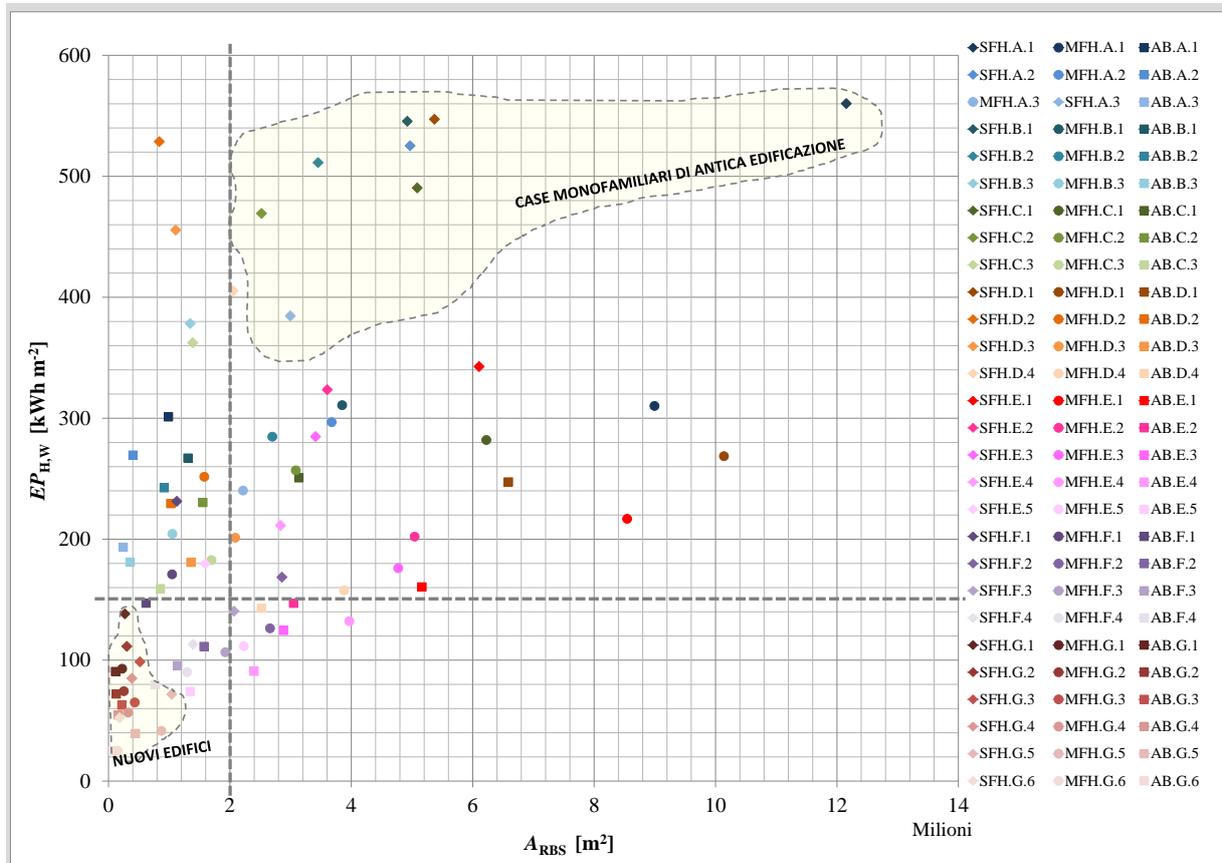
In Figura 26 è riportato il fabbisogno annuo di energia primaria per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria normalizzato sulla superficie utile di pavimento degli 84 edifici di riferimento che rappresentano il Caso Base. Il fabbisogno è rappresentato in funzione della superficie di pavimento di ciascun edificio di riferimento. Ciascuna delle barre verticali in Figura 26 indica l'intervallo di prestazione energetica determinato dai diversi livelli di efficienza per la stessa classe dimensionale (edifici monofamiliari, edifici multifamiliari, blocchi di appartamenti) ed epoca di costruzione. Infatti, ciascuna barra si riferisce ad un set di edifici tipo che, pur avendo la stessa geometria, sono caratterizzati da valori diversi di trasmittanza termica dei componenti dell'involucro edilizio e di efficienza dell'impianto termico (cfr. Figura 23). Tutte le classi dimensionali mostrano, in media, una più ridotta prestazione energetica nelle epoche antecedenti il 1970. Infatti, il miglioramento del comportamento energetico degli edifici costruiti successivamente è da ascrivere all'entrata in vigore, nel 1976, della prima legge nazionale in materia di risparmio energetico negli edifici. Confrontando differenti classi dimensionali nello stesso periodo di costruzione, gli edifici monofamiliari mostrano in media un più elevato consumo energetico, principalmente dovuto ad un più elevato fattore di forma (rapporto tra la superficie di involucro e il volume lordo climatizzato). Infatti, gli edifici monofamiliari della "Matrice della Tipologia Edilizia" presentano un fattore di forma che mediamente vale $0,76 \text{ m}^{-1}$, a fronte di un valore medio di $0,43 \text{ m}^{-1}$ dei blocchi di appartamenti.

Figura 26: Prestazione energetica degli edifici tipo del Caso Base. Relazione tra il fabbisogno annuale di energia primaria normalizzato sulla superficie di pavimento dell'edificio tipo e la superficie stessa



In Figura 27, il fabbisogno annuo di energia primaria per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria normalizzato sulla superficie utile di pavimento degli 84 edifici di riferimento che rappresentano il Caso Base è riportato sull'asse y, mentre la superficie di pavimento dell'intero parco edilizio residenziale della regione Piemonte, rappresentata da ciascun edificio di riferimento, è riportata sull'asse x. L'acronimo associato a ciascun edificio identifica la dimensione (SFH, MFH, AB), il periodo di costruzione (da "A" = Ante 1919 a "G" = Post 2005) e il livello di efficienza (da 1 fino a 6).

Figura 27: Prestazione energetica degli edifici tipo del Caso Base. Relazione tra il fabbisogno annuale di energia primaria normalizzato sulla superficie di pavimento dell'edificio tipo e la superficie totale del parco edilizio residenziale rappresentata dall'edificio tipo



Il grafico di Figura 27 permette di rappresentare sia la numerosità sia il livello di prestazione energetica di ciascun edificio tipo all'interno del parco edilizio. Se si ipotizza di tracciare quattro quadranti virtuali all'interno del grafico, si possono individuare:

- 1) nel quadrante in alto a destra, gli edifici che rappresentano un'area maggiore all'interno del parco edilizio residenziale ($> 2 \cdot 10^6 \text{ m}^2$) caratterizzati dalla più bassa prestazione energetica ($> 150 \text{ kWh m}^{-2}$);
- 2) nel quadrante in basso a sinistra, gli edifici che rappresentano un'area minore all'interno del parco edilizio residenziale ($< 2 \cdot 10^6 \text{ m}^2$) caratterizzati dalla più elevata prestazione energetica ($< 150 \text{ kWh m}^{-2}$);
- 3) nel quadrante in alto a sinistra, gli edifici che rappresentano un'area minore all'interno del parco edilizio residenziale ($< 2 \cdot 10^6 \text{ m}^2$) caratterizzati dalla più bassa prestazione energetica ($> 150 \text{ kWh m}^{-2}$);
- 4) nel quadrante in basso a destra, gli edifici che rappresentano un'area maggiore all'interno del parco edilizio residenziale ($> 2 \cdot 10^6 \text{ m}^2$) caratterizzati dalla più elevata prestazione energetica ($< 150 \text{ kWh m}^{-2}$).

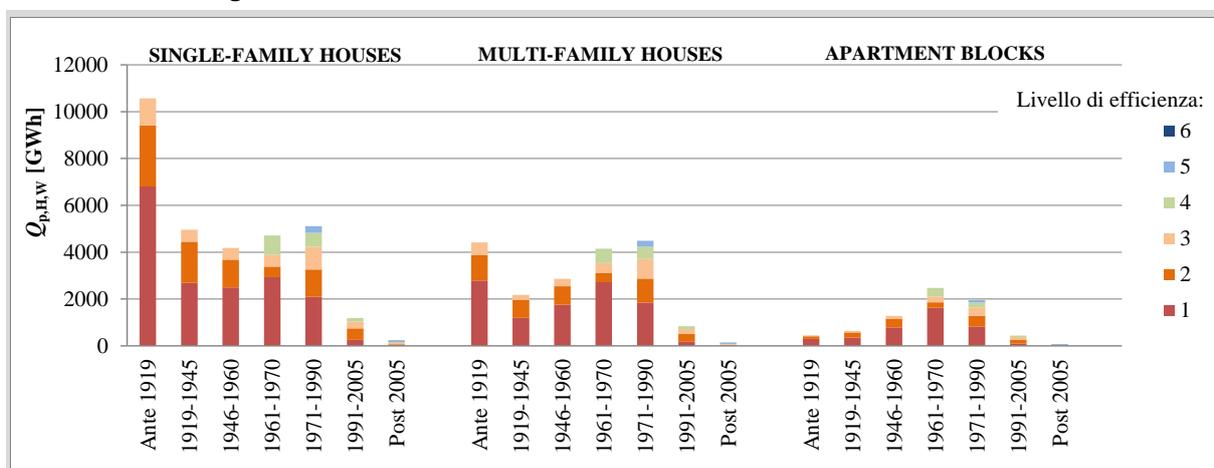
Per esempio, il primo caso (punti nel quadrante in alto a destra) è rappresentato dai più antichi edifici monofamiliari, mentre il secondo caso (punti nel quadrante in basso a sinistra) è rappresentato dai nuovi edifici, come evidenziato nelle due aree di Figura 27. La quarta situazione, rappresentata dagli edifici che rappresentano un'area maggiore e sono meno energivori, pur essendo da preferirsi, è la meno frequente per la scarsa numerosità di punti all'interno del quadrante.

L'informazione derivante da questo grafico può essere utile per individuare il sottoinsieme

del parco edilizio residenziale della *Pilot Action* verso il quale indirizzare le più efficaci azioni di qualificazione energetica.

La prestazione energetica dell'intero parco edilizio residenziale della regione Piemonte si ricava moltiplicando il fabbisogno annuo di energia primaria per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria normalizzato sulla superficie utile di pavimento di ciascun edificio di riferimento per la superficie di pavimento dell'intero parco edilizio rappresentata da ciascun edificio. I risultati sono mostrati in Figura 28 per ciascuna classe di dimensione edilizia, periodo di costruzione e livello di efficienza. Gli edifici monofamiliari presentano il più elevato consumo energetico dell'intero parco edilizio residenziale (54%), seguiti dagli edifici multifamiliari (33%) e infine dai blocchi di appartamenti (13%).

Figura 28: Prestazione energetica del Caso Base. Fabbisogno annuo di energia primaria per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria dell'intero parco edilizio residenziale della regione Piemonte



In Tabella 8 sono riportati gli indicatori riassuntivi di bilancio energetico del Caso Base.

Per il calcolo delle emissioni di anidride carbonica (m_{CO_2}), i fattori di emissione dei combustibili sono stati ricavati dalla Deliberazione della Giunta Regionale 4 agosto 2009, n. 43-11965, e sono assunti pari a 203 g kWh^{-1} per il gas naturale, 470 g kWh^{-1} per l'energia elettrica e 240 g kWh^{-1} per l'energia termica.

Tabella 8: Indicatori riassuntivi di bilancio energetico del Caso Base

Grandezza	Unità di misura	Valore
A_{RBS}	$[10^9 \text{ m}^2]$	0,214
$Q_{H,W,gn,out}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	239,7
$Q_{H,W,del,gas}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	269,0
$Q_{H,W,del,dh}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	5,25
$Q_{H,W,del,el}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	4,27
$Q_{H,W,p}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	283,5
m_{CO_2}	$[\text{kg}_{CO_2} \text{ m}^{-2}]$	57,87
f_{CO_2}	$[\text{kg}_{CO_2} \text{ kWh}^{-1}]$	0,241

4 Analisi di scenario

4.1 Fonti di dati

Si riportano in Tabella 9 le principali fonti di dati utilizzate per sviluppare gli scenari di riqualificazione del patrimonio edilizio residenziale della regione Piemonte. Le informazioni ricavate da ciascuna fonte possono essere considerate, come nel Caso Base, indicatori di monitoraggio e/o assunzioni di modello. La descrizione puntuale degli indicatori e delle assunzioni è riportata nelle sezioni successive dedicate ai diversi scenari di riqualificazione.

Tabella 9: Quadro sintetico degli indicatori di monitoraggio e delle assunzioni di modello, per tipo e fonte dei dati – Analisi di scenario

FONTE*	TIPO DI DATO DELLO STOCK EDILIZIO RESIDENZIALE	INDICATORE DI MONITORAGGIO		ASSUNZIONE DI MODELLO	
		DI STATO	DI TENDENZA	DI STATO	DI TENDENZA
ISTAT, 2011 OMI, 2013	<i>Dati dimensionali:</i>				
	- numero di appartamenti		✓		
	- superficie di pavimento		✓		
Nocera (ENEA), 2011-14 Regione Piemonte, 2009 MiSE, 2013 Corrado et al, 2013	<i>Dati costruttivi:</i>				
	- livelli di trasmittanza termica - pareti			✓	
	- livelli di trasmittanza termica - serramenti			✓	
	- livelli di trasmittanza termica - solai			✓	
	- interventi di isolamento termico		✓		
Nocera (ENEA), 2011-14 MiSE, 2013 Corrado et al, 2013	<i>Dati impiantistici:</i>				
	- tipo di impianto di riscaldamento			✓	
	- tipo di vettore energetico - riscaldamento			✓	
	- tipo ed efficienza del generatore - riscaldamento			✓	
	- tipo di vettore energetico - acqua calda sanitaria			✓	
	- tipo ed efficienza del generatore - acqua calda sanitaria			✓	
	- presenza di impianto solare termico			✓	
	- presenza di impianto solare fotovoltaico			✓	
	- altre informazioni impiantistiche			✓	
	- interventi sugli impianti termici		✓		

* I riferimenti sono riportati in bibliografia

Si elencano di seguito, con una breve descrizione, le principali fonti di dati riportate in Tabella 9.

- *Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT)* (<http://www.istat.it/it/>) [ISTAT, 2011]

Le elaborazioni statistiche si riferiscono ai dati del censimento nazionale della popolazione e delle abitazioni relativo all'anno 2011. Questa fonte fornisce, tra l'altro, informazioni circa il tasso di nuove costruzioni (post 2005) in regione Piemonte.

- *Osservatorio regionale condizione abitativa - La dinamica costruttiva di abitazioni*

residenziali in Piemonte (<http://www.regione.piemonte.it/edilizia/osservatorio.htm>) [OMI, 2013]

I dati in oggetto riguardano il numero di nuove costruzioni, il loro volume, la relativa superficie totale, la superficie utile abitabile, le stanze e i vani accessori. Le informazioni sono fornite su base annua e suddivise per provincia. Le elaborazioni si basano su dati Istat e su dati dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare italiano per lo stock abitativo. Il responsabile dei dati è il Settore Programmazione e Attuazione degli interventi di edilizia sociale della Direzione Programmazione strategica, politiche territoriali ed edilizia.

- *Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)* (<http://www.enea.it/it>)
 - Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente (in attuazione della Legge 27/12/2006 n. 296 e s.m.i.), anni 2008-2012 [Nocera (ENEA), 2011-14].

Questi report forniscono dati circa gli interventi di riqualificazione energetica di edifici e di unità immobiliari (interventi di isolamento termico e interventi sugli impianti termici) effettuati dal 2008 al 2012, utili per conoscere la recente tendenza annuale delle riqualificazioni energetiche sul patrimonio edilizio nazionale e regionale.

- *Deliberazione della Giunta Regionale 4 agosto 2009, n. 46-11968* [Regione Piemonte, 2009]

Il testo normativo fornisce i valori dei requisiti prestazionali richiesti per le ristrutturazioni di edifici in regione Piemonte a partire dal 2009 (es. livelli di trasmittanza termica dei componenti dell'involucro edilizio).

- *Ministero dello Sviluppo Economico, 2013* [MiSE, 2013]
 - Applicazione della metodologia di calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica (Direttiva 2010/31/UE Art. 5).

Il documento fornisce i risultati dell'applicazione a livello nazionale della metodologia comparativa per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici, in ottemperanza all'articolo 5 e allegato III della Direttiva EPBD recast (2010/31/UE) sull'efficienza energetica negli edifici.

I requisiti minimi di prestazione energetica determinati con la metodologia comparativa comprendono i livelli di trasmittanza termica dell'involucro edilizio, i tipi e le efficienze degli impianti di riscaldamento, di raffrescamento e di produzione di acqua calda sanitaria, l'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile (solare termico, fotovoltaico). I requisiti sono forniti per edifici di riferimento, caratterizzati da uno specifico uso, classe dimensionale, epoca di costruzione, zona climatica di appartenenza. Nel documento del MiSE si considerano interventi globali di riqualificazione energetica e i requisiti minimi di prestazione energetica sono forniti in associazione a pacchetti di misure di efficienza che rappresentano soluzioni ottimali in funzione dei costi.

- *ENEA RdS/2013/144 (autori: V. Corrado, I. Ballarini, S. Paduos)* [Corrado et al., 2013]
 - Sviluppo della metodologia comparativa cost-optimal secondo Direttiva 2010/31/UE

Il rapporto presenta un aggiornamento e un ampliamento dello studio condotto nel documento del Ministero dello Sviluppo Economico "Applicazione della metodologia di calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica (Direttiva 2010/31/UE Art. 5)" [MiSE, 2013].

In aggiunta alla definizione dei requisiti minimi di prestazione energetica in funzione dei costi per interventi globali di riqualificazione, nel rapporto sono forniti requisiti ottimali per interventi parziali (es. solo intervento di isolamento delle pareti verticali opache).

4.2 Definizione di target prestazionali

Le politiche per contrastare il cambiamento climatico sono state tradotte, in Europa, in obiettivi a breve e medio termine (alcuni dei quali vincolanti) come quelli stabiliti dal cosiddetto Pacchetto Energia Clima del 2009:

- ridurre le emissioni entro il 2020 del 20% rispetto al 1990 (del 30% se nell'ambito di un accordo globale per la mitigazione del cambiamento climatico);
- portare al 20% la quota di rinnovabili sul consumo finale lordo di energia (10% nei trasporti);
- ridurre la domanda di energia del 20% rispetto al valore tendenziale nel 2020.

La Comunicazione della Commissione Europea “*A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*” (COM/2011/0112), del marzo 2011, illustra come realizzare, in maniera economicamente sostenibile e ricorrendo a misure interne, un percorso di riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra al 2050, dell'80% rispetto al 1990. L'acquisto di eventuali crediti di emissione da paesi extraeuropei contribuirebbe, infatti, ad andare oltre, con una riduzione complessiva di emissioni superiore all'80%.

L'ENEA con lo studio “*Rapporto Energia e Ambiente, Scenari e strategie. Verso un'Italia low carbon: sistema energetico, occupazione e investimenti*” [ENEA, 2013] ha inteso esplorare le condizioni alle quali l'Italia potrebbe realizzare un abbattimento delle emissioni dell'80% circa al 2050, costruendo uno scenario coerente con quelli al 2050 della Commissione Europea, ma che sia calato nella struttura socio-economica e nel contesto nazionale.

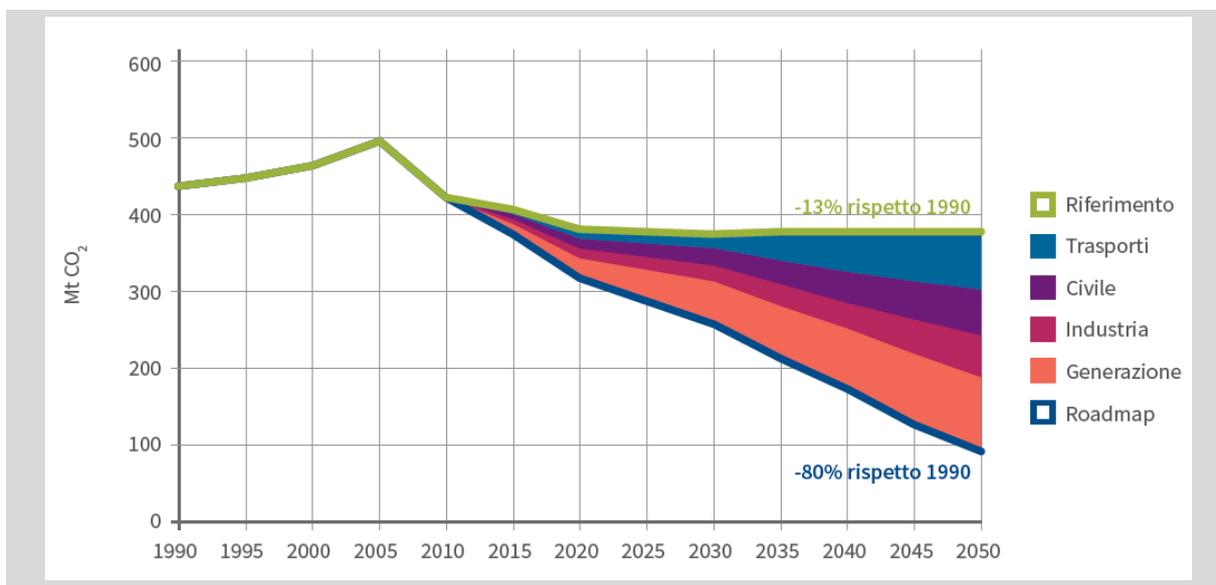
L'ENEA ha realizzato due scenari principali:

- Uno *Scenario di Riferimento* che proietta l'evoluzione del sistema energetico a partire dalla legislazione vigente e dalle tendenze in atto in ambito demografico, tecnologico ed economico. Esso descrive uno sviluppo neutrale senza nuove politiche oltre quelle già implementate, ma accogliendo gli obiettivi europei al 2020, i vincoli per il settore ETS11, i Piani di azione per l'efficienza energetica (PAEE) e per le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER). Tale scenario può quindi essere utilizzato come termine di confronto per analizzare le possibili opzioni e quantificare lo sforzo aggiuntivo necessario per passare ad uno scenario con drastiche riduzioni delle emissioni dei gas climalteranti al 2050.
- Uno *Scenario Roadmap* che, a partire dalle tendenze in atto in ambito demografico, tecnologico ed economico, evidenzia le diverse opzioni e traiettorie per il raggiungimento di una de-carbonizzazione del sistema energetico italiano intrinsecamente sostenibile, assicurando al contempo la sicurezza degli approvvigionamenti energetici e la competitività. Lo scenario è costruito seguendo un percorso di abbattimento delle emissioni dell'80% circa rispetto al 1990 nel 2050, come negli scenari *Roadmap 2050*, e con tappe intermedie di riduzione delle emissioni di circa il 40% e il 60% entro il 2030 e il 2040 rispettivamente.

Gli scenari ENEA sono rappresentati in Figura 29. Lo *Scenario di Riferimento* mostra come, per effetto della recente crisi economica e delle politiche in atto, sia concretamente possibile conseguire e superare l'obiettivo di riduzione del 20% delle emissioni di CO₂ nel 2020 indicato dal Pacchetto Energia Clima e proseguire il trend di decrescita delle emissioni fino al 2030 (-51 Mt_{CO2} rispetto al 2010), con una stabilizzazione nel lungo periodo. Un tale risultato, pur importante, non è, tuttavia, sufficiente per la realizzazione di un futuro sostenibile e per garantire la de-carbonizzazione auspicata nella Comunicazione “*A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*” (COM/2011/0112). Nell'analisi dell'ENEA si è verificata la fattibilità della tabella di marcia di de-carbonizzazione della *Roadmap 2050* applicata al sistema energetico italiano, individuando i settori chiave e le possibilità di intervento, sia di breve che di lungo periodo. È stata presa a riferimento una transizione

graduale ed efficiente con la riduzione delle emissioni interne del 40% e dell'80% (rispetto al 1990) nel 2030 e 2050 rispettivamente.

Figura 29: Emissioni di CO₂ e contributo dei settori alla de-carbonizzazione negli scenari ENEA [fonte: ENEA, 2013]



Per sviluppare le analisi di scenario nell'ambito della *Pilot Action* regionale e individuare i *target* di protezione climatica verso cui tendere a breve (2020), medio (2030) e lungo (2050) periodo, sono stati considerati gli obiettivi di riduzione delle emissioni di anidride carbonica identificati dallo studio ENEA. Infatti, non avendo a disposizione studi regionali in materia, si ipotizza che gli obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni, espressi in termini percentuali, possano essere applicati nella stessa misura anche alla regione Piemonte.

Le riduzioni percentuali di emissioni di CO₂, definite rispetto al 1990 nello studio ENEA, sono state riferite al 2015, essendo il punto di partenza delle analisi di scenario nel progetto EPISCOPE. Si assume perciò che al 2015 sia stato ragionevolmente raggiunto il target dello *Scenario di Riferimento* definito da ENEA.

In aggiunta, si considera solamente il contributo del settore civile (che è pari al 22%, come da Figura 29), ipotizzando che esso non vari per i settori residenziale e non residenziale.

Si riportano in Tabella 10 le percentuali di riduzione delle emissioni rispetto al 2015 e i conseguenti valori *target* di emissioni al 2020, 2030 e 2050 calcolati a partire dalle emissioni del Caso Base (cfr. Tabella 8).

Tabella 10: Percentuali di riduzione di emissioni di CO₂ rispetto al Caso Base (2015) definite per le analisi di scenario e conseguenti valori *target* di emissioni al 2020, 2030 e 2050

Anno	Percentuale di riduzione rispetto alle emissioni di CO ₂ del 2015	Valori <i>target</i> di emissioni per le analisi di scenario [MtCO ₂]
2015	-	12,40 (Caso Base)
2020	-6%	11,66
2030	-30%	8,682
2050	-69%	3,845

4.3 Scenario #1: *Trend scenario*

Il primo scenario analizzato è il *Trend scenario*, che è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- la numerosità degli interventi di riqualificazione energetica nello stock edilizio segue l'andamento attuale (indicatore di monitoraggio);
- il tipo di interventi (di natura singola o combinata) e il livello di applicazione agli edifici tipo del parco edilizio sono definiti con assunzione di modello;
- le tecnologie utilizzate nelle riqualificazioni sono quelle comunemente applicate oggi sul territorio e i requisiti prestazionali minimi associati alle tecnologie sono fissati da un documento normativo (assunzione di modello);
- l'*output* dell'analisi è la prestazione energetica del parco edilizio residenziale della regione Piemonte conseguente all'applicazione degli interventi e il confronto con i *target* di protezione climatica, a breve (2020), medio (2030) e lungo termine (2050).

Numerosità degli interventi

Il tasso delle riqualificazioni energetiche effettuate sul patrimonio edilizio residenziale negli ultimi anni è stato ricavato mediante elaborazione di dati ENEA relativi alle richieste di detrazioni fiscali per interventi di riqualificazione energetica effettuati su edifici esistenti (in attuazione della Legge 27/12/2006 e s.m.i.) avanzate nel periodo 2008-2012 [Nocera (ENEA), 2011-14]. Questa fonte costituisce l'unico riferimento sul tema delle riqualificazioni energetiche in regione Piemonte.

In Figura 30 sono riportati i risultati delle elaborazioni, in termini di valori percentuali cumulati di abitazioni annualmente riqualificate tra il 2008 e il 2012, per tipo di intervento. Questa informazione è definibile come indicatore di monitoraggio di tendenza. L'incremento degli appartamenti riqualificati energeticamente è circa il 2% in media ogni anno. Gli interventi più diffusi sono la sostituzione dei serramenti e la sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione. Gli interventi meno frequenti riguardano l'isolamento termico dei componenti edilizi opachi orizzontali e verticali.

Il trend di riqualificazione è stato ulteriormente dettagliato per epoca di costruzione dell'edificio e per classe dimensionale (edificio monofamiliare, edificio multifamiliare e blocco di appartamenti), che sono informazioni disponibili nei report ENEA; in questo modo il trend può essere applicato agli edifici di riferimento del Caso Base.

Tuttavia una duplice assunzione di modello si è resa necessaria perché, da un lato non è disponibile l'informazione sull'intervento specifico (es. la sostituzione dei serramenti) per epoca di costruzione e per classe dimensionale dell'edificio e, dall'altro, il numero di appartamenti riqualificati è da ricondursi alla superficie di pavimento riqualificata, essendo la superficie il parametro di riferimento utilizzato nel Caso Base. Per il primo aspetto si è assunto che l'entità di ciascun tipo di intervento specifico rimanga invariata per epoca e per classe dimensionale; per il secondo aspetto, il valore della superficie di pavimento riqualificata è stato ottenuto moltiplicando il numero di appartamenti riqualificati, per ogni epoca costruttiva e ogni classe dimensionale, per la superficie di pavimento dell'appartamento dell'edificio tipo del progetto TABULA (Corrado et al., 2014).

Si è quindi ricavata l'entità media annua degli interventi, in termini di superficie di pavimento del parco edilizio residenziale annualmente riqualificata (dal 2008 al 2012), per epoca di costruzione e tipo di intervento, per gli edifici monofamiliari in Figura 31, per gli edifici multifamiliari in Figura 32, e per i blocchi di appartamenti in Figura 33. Gli interventi indicati sono la riqualificazione globale ("GL"), la sostituzione del generatore di calore ("HG", ottenuta accorpando tutte le tipologie di generatore indicate in Figura 30), l'installazione del solare termico ("TS"), la sostituzione dei serramenti ("TR"), l'isolamento dei componenti edilizi verticali opachi ("OP.V"), l'isolamento dei componenti edilizi orizzontali opachi ("OP.H").

Figura 30: Appartamenti in regione Piemonte riqualificati annualmente (elaborazioni di dati ENEA)

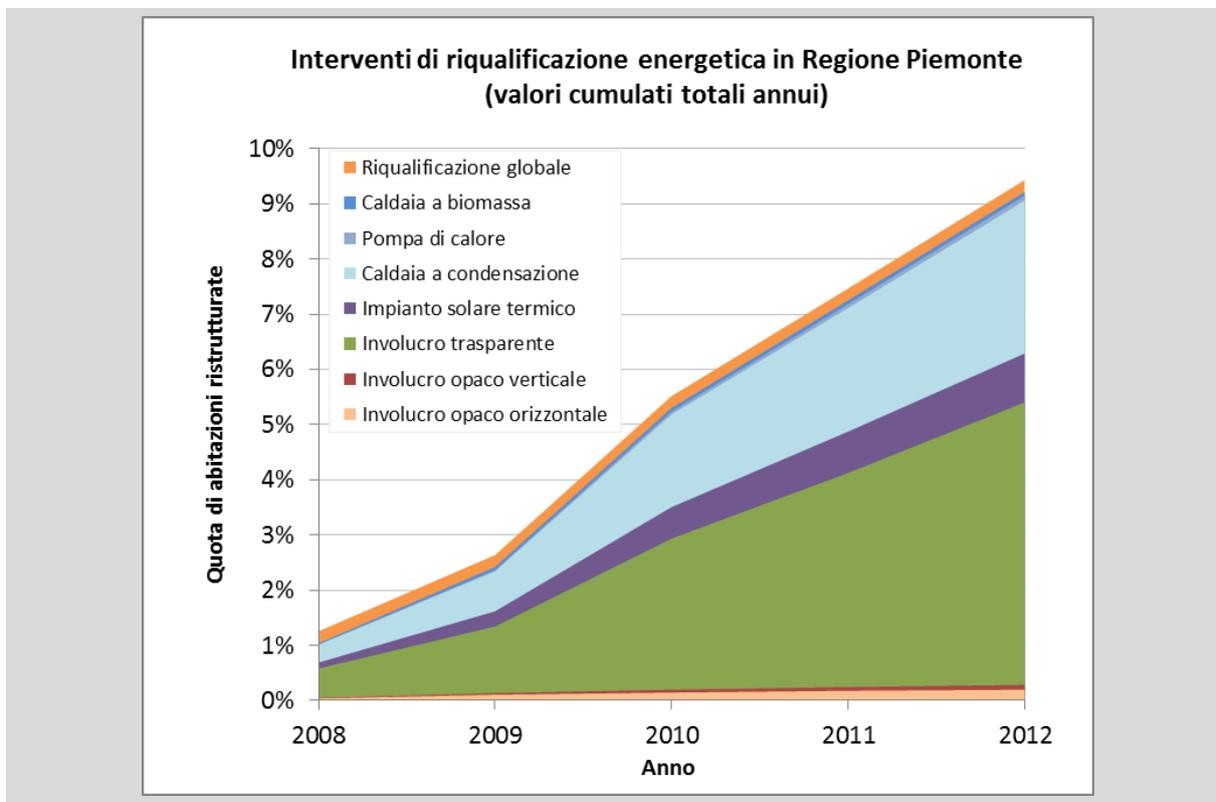


Figura 31: Superficie di pavimento degli edifici monofamiliari annualmente riqualificata in regione Piemonte, per epoca di costruzione e tipo di intervento (elaborazioni di dati ENEA)

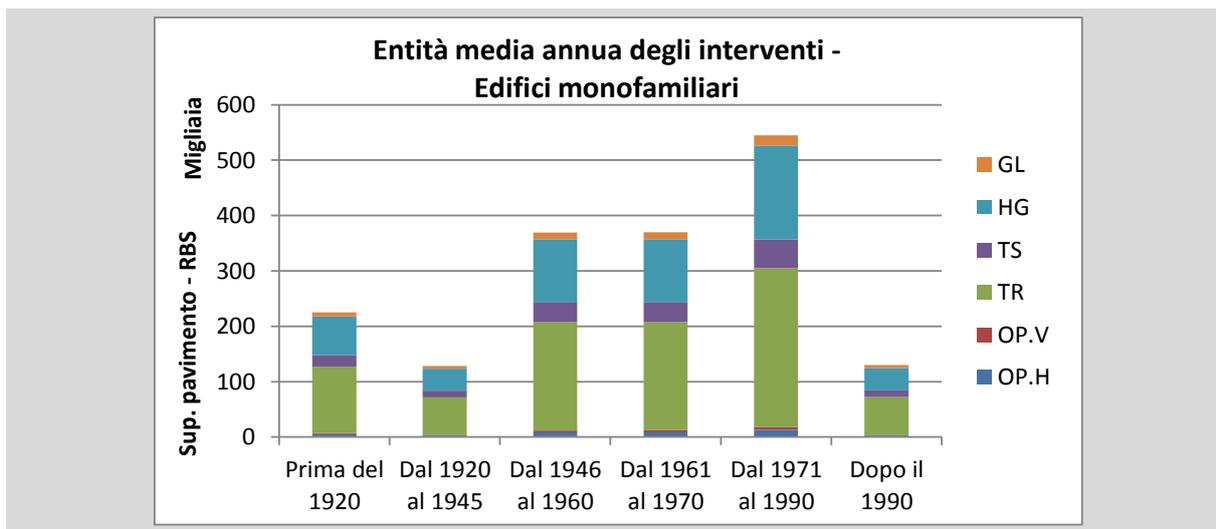


Figura 32: Superficie di pavimento degli edifici multifamiliari annualmente riqualificata in regione Piemonte, per epoca di costruzione e tipo di intervento (elaborazioni di dati ENEA)

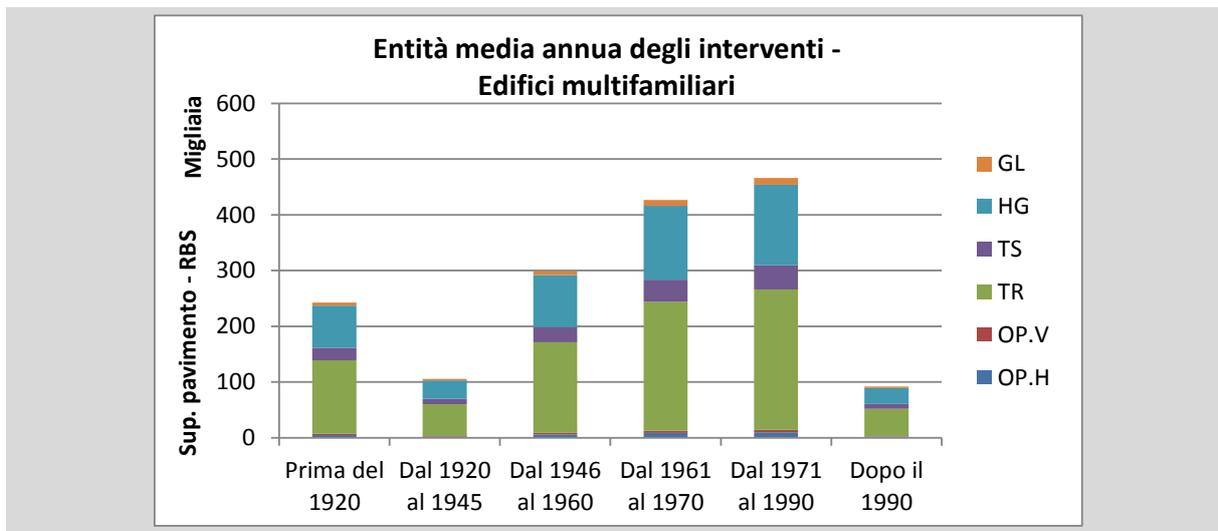
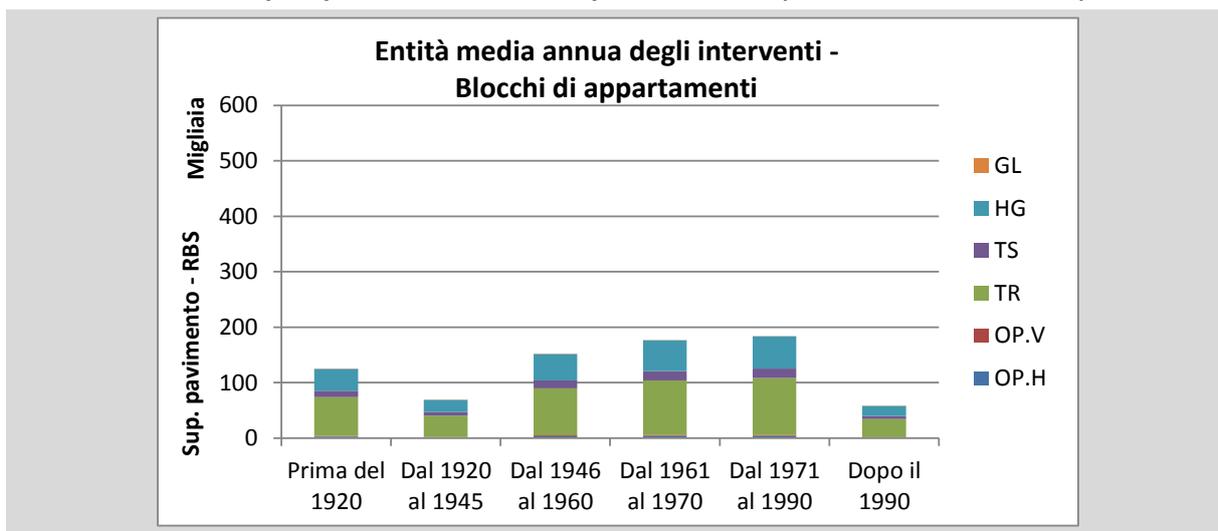


Figura 33: Superficie di pavimento dei blocchi di appartamenti annualmente riqualificata in regione Piemonte, per epoca di costruzione e tipo di intervento (elaborazioni di dati ENEA)



Tipo di interventi e livello di applicazione

Stabilita la superficie totale annua di pavimento interessata dai singoli interventi di riqualificazione per classe dimensionale dell'edificio ed epoca di costruzione, si è valutato di considerare alcune combinazioni di interventi. Le ipotesi considerate prevedono la valutazione di un intervento globale (come già riportato dalla documentazione ENEA) e la definizione di combinazioni dei cinque interventi singoli. Le combinazioni sono state realizzate a partire dal numero massimo di tipi di interventi previsto (ossia cinque) ed escludendo di volta in volta il tipo di intervento meno frequente sul parco edilizio. L'ultimo intervento nell'ordine, ossia il più applicato, è stato considerato come intervento singolo.

Poiché i tipi di intervento singolo sono così ordinati per frequenza all'interno del patrimonio edilizio residenziale (dal meno applicato al più applicato): isolamento dei componenti edilizi verticali opachi ("OP.V"), isolamento dei componenti edilizi orizzontali opachi ("OP.H"), installazione del solare termico ("TS"), sostituzione del generatore di calore ("HG") e sostituzione dei serramenti ("TR"), le combinazioni risultanti sono le seguenti:

1. Intervento di riqualificazione globale, GL

2. Combinazione di cinque interventi, OP.V+OP.H+TS+HG+TR
3. Combinazione di quattro interventi, OP.H+TS+HG+TR
4. Combinazione di tre interventi, TS+HG+TR
5. Combinazione di due interventi, HG+TR
6. Intervento singolo di sostituzione dei serramenti, TR

La superficie di pavimento riqualificata annualmente (AR) per ciascuna combinazione di interventi (da 1 a 6) è stata così determinata:

$$AR_1 = AR_{GL}^*$$

$$AR_2 = AR_{OP.V}^*$$

$$AR_3 = AR_{OP.H}^* - AR_{OP.V}^*$$

$$AR_4 = AR_{TS}^* - AR_{OP.H}^*$$

$$AR_5 = AR_{HG}^* - AR_{TS}^*$$

$$AR_6 = AR_{TR}^* - AR_{HG}^*$$

dove,

AR^* è la superficie di pavimento riqualificata annualmente per tipo di intervento, come rappresentata in Figura 31, in Figura 32 e in Figura 33.

Si è quindi ricavata l'entità media annua delle combinazioni di interventi, in termini di superficie di pavimento del parco edilizio residenziale annualmente riqualificata per epoca di costruzione, per gli edifici monofamiliari in Figura 34, per gli edifici multifamiliari in Figura 35, e per i blocchi di appartamenti in Figura 36.

Figura 34: Superficie di pavimento degli edifici monofamiliari annualmente riqualificata nel Trend scenario, per epoca di costruzione e combinazioni di interventi

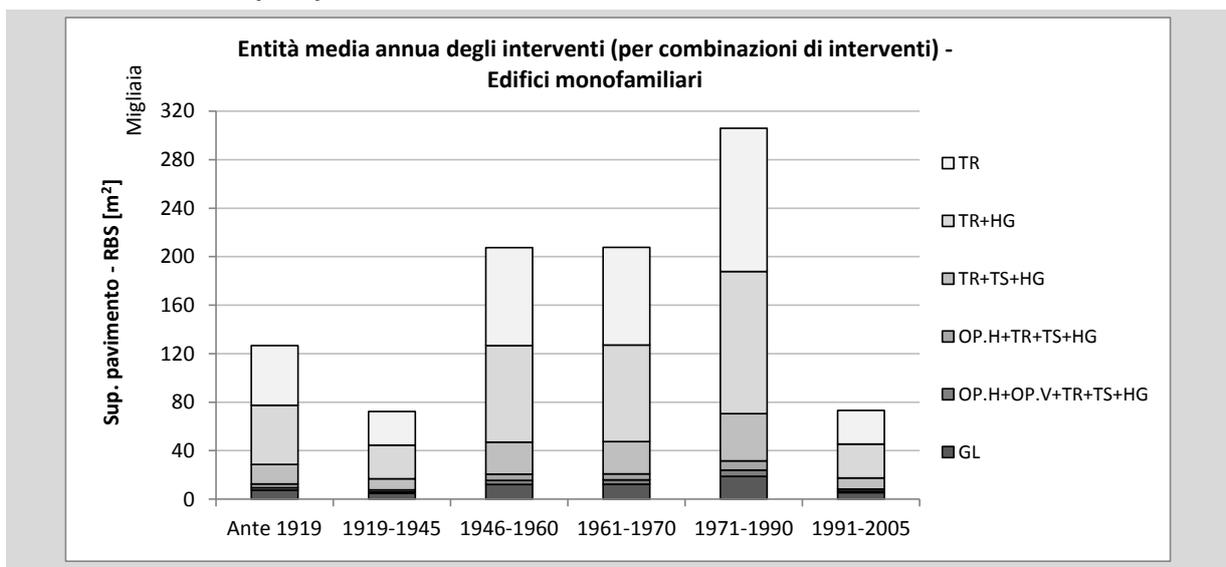


Figura 35: Superficie di pavimento degli edifici multifamiliari annualmente riqualificata nel *Trend scenario*, per epoca di costruzione e combinazioni di interventi

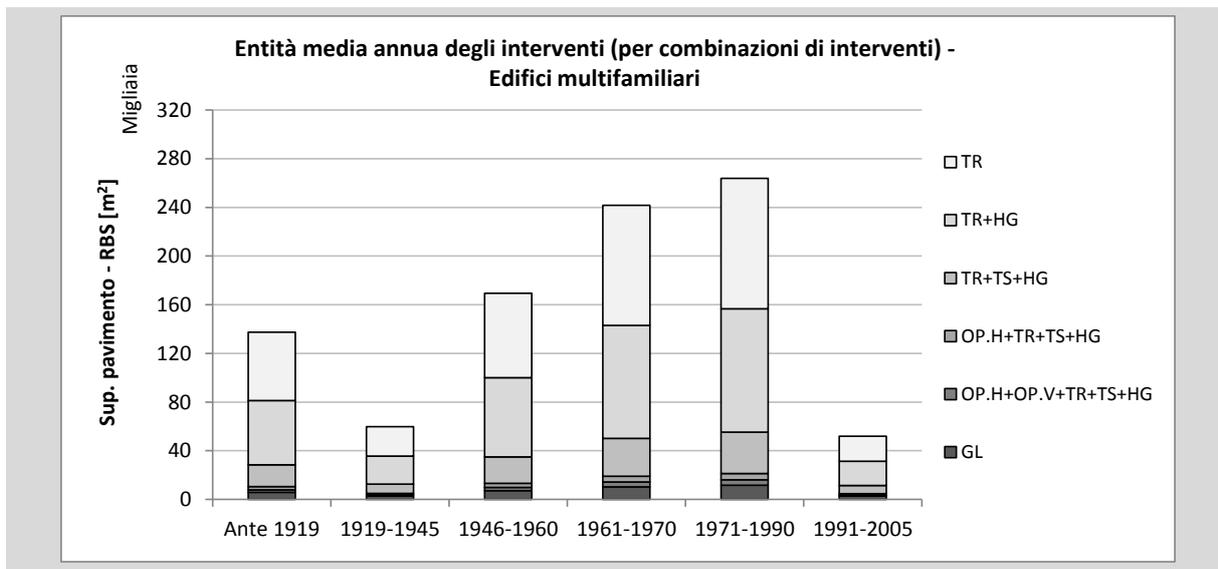
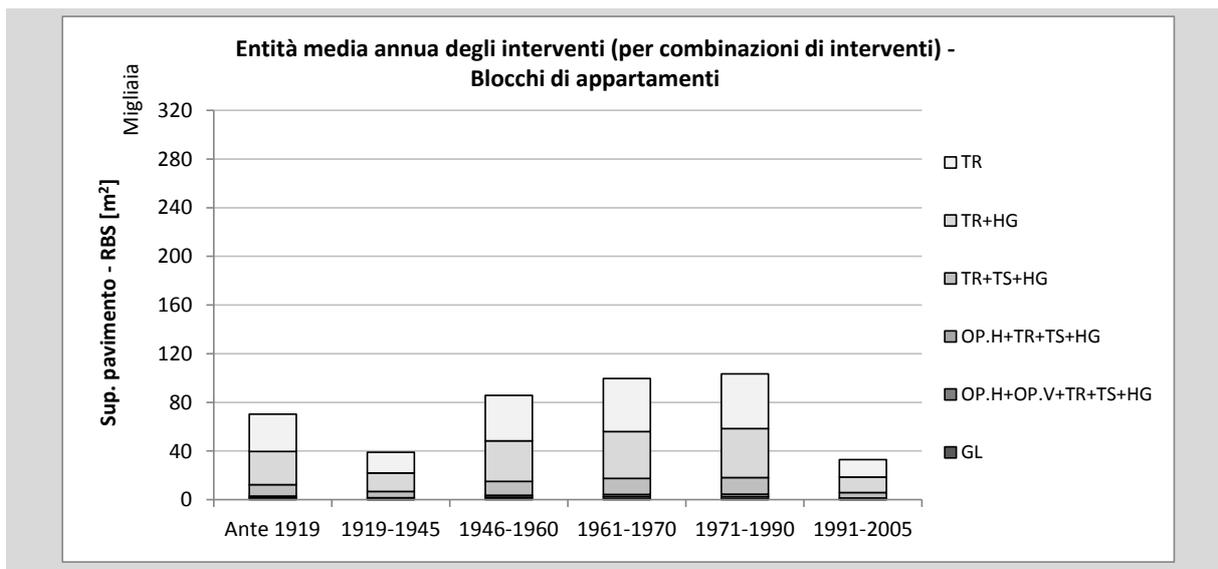


Figura 36: Superficie di pavimento dei blocchi di appartamenti annualmente riqualificata nel *Trend scenario*, per epoca di costruzione e combinazioni di interventi



L'abbinamento delle combinazioni di interventi agli edifici di riferimento del Caso Base è stato effettuato dando la priorità alla superficie di pavimento caratterizzata da un più basso livello di efficienza energetica per ogni epoca di costruzione (cfr. Figura 23). Di anno in anno, una volta riqualificata completamente la superficie di qualità più bassa si procede al livello successivo, fino ad esaurimento della superficie di pavimento del parco edilizio residenziale regionale. Questa ipotesi rappresenta un'opzione vantaggiosa, perché considerando prioritari gli interventi sugli edifici caratterizzati da un livello più basso di efficienza si otterranno risparmi energetici e conseguenti riduzioni di emissioni di CO₂ più consistenti. Per controbilanciare, è stata applicata anche un'opzione svantaggiosa; infatti, considerare combinazioni di interventi invece che interventi singoli risulta meno favorevole al miglioramento della prestazione energetica dell'intero parco edilizio.

Gli interventi di riqualificazione non sono stati applicati agli edifici costruiti dopo il 2005.

Nel periodo di calcolo, comprendente da 5 anni (2015-2020) a 35 anni (2015-2050), sono state escluse le demolizioni perché non frequenti sul territorio regionale, mentre è stato considerato un trend di nuove costruzioni analogo a quello relativo al periodo 2006-2011 riportato dalle elaborazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI, 2013). Le caratteristiche prestazionali delle nuove costruzioni sono state fatte corrispondere al livello più elevato di efficienza energetica del Caso Base per gli edifici costruiti dopo il 2005 (cfr. Figura 23), inteso come livello prestazionale di un edificio ad energia quasi zero.

Requisiti prestazionali delle tecnologie utilizzate

Per gli interventi individuati si è considerato di applicare le tecnologie e i relativi requisiti prestazionali riportati in Tabella 11. Trattandosi di combinazioni di interventi, le misure di efficienza e i requisiti elencati in tabella per ciascun intervento singolo sono stati applicati contemporaneamente.

Tabella 11: Tecnologie e requisiti prestazionali degli interventi applicati nel *Trend scenario*

TIPO DI INTERVENTO	MISURA DI EFFICIENZA / TECNOLOGIA	REQUISITO	FONTE
OP.V	Isolamento termico componenti verticali opachi dell'involucro edilizio	$U = 0,33 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$	Regione Piemonte, 2009
OP.H	Isolamento termico chiusura orizzontale superiore dell'involucro edilizio	$U = 0,30 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$	Regione Piemonte, 2009
TR	Sostituzione dei serramenti	$U = 2,00 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ $g_{gl,n} = 0,67$	Regione Piemonte, 2009
HG	Mantenimento dell'impianto termico esistente (autonomo o centralizzato)	$\eta_{H,gn}^* = 0,98$	UNI/TS 11300-2
	Installazione caldaia a condensazione** (per riscaldamento e ACS, con produzione combinata o separata a seconda dei casi)	$\eta_{W,gn}^* = 0,95$ (comb.) $\eta_{W,gn}^* = 0,90$ (sep.)	
	Installazione di valvole termostatiche	$\eta_{H,rg}^* = 0,98$	
TS	Installazione solare termico per la produzione di ACS	Copertura 50% del fabbisogno di ACS	D. Lgs. 28, 2011
GL	Tutti gli interventi di cui sopra, in aggiunta isolamento termico chiusura orizzontale inferiore dell'involucro edilizio	Requisiti di cui sopra $U = 0,30 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$	Regione Piemonte, 2009

* Valori medi stagionali.

** La caldaia a condensazione è il generatore di calore più applicato negli interventi di riqualificazione sul patrimonio edilizio residenziale piemontese (cfr. Figura 30).

Prestazione energetica conseguibile

Si riportano in Tabella 12 i risultati del calcolo della prestazione energetica del parco edilizio residenziale conseguente all'applicazione del *Trend scenario*.

La percentuale di superficie riqualificata nel *Trend scenario* rispetto alla superficie complessiva del parco edilizio (al 2015) è riportata in Tabella 13 per ogni anno di riferimento.

Tabella 12: Indicatori riassuntivi di bilancio energetico del *Trend scenario*

Grandezza	Unità di misura	Valore al 2020	Var. % rispetto al 2015	Valore al 2030	Var. % rispetto al 2015	Valore al 2050	Var. % rispetto al 2015
A_{RBS}	[10 ⁹ m ²]	0,219	+2,3%	0,227	+6,1%	0,245	+14,5%
$Q_{H,W,gn,out}$	[kWh m ⁻²]	233,1	-2,8%	221,0	-7,8%	199,0	-17,0%
$Q_{H,W,del,gas}$	[kWh m ⁻²]	259,5	-3,5%	241,7	-10,1%	211,6	-21,3%
$Q_{H,W,del,dh}$	[kWh m ⁻²]	5,14	-2,1%	4,93	-6,1%	4,41	-16,0%
$Q_{H,W,del,el}$	[kWh m ⁻²]	4,54	+6,3%	5,04	+18,0%	5,94	+39,1%
$Q_{H,W,p}$	[kWh m ⁻²]	274,5	-3,2%	257,6	-9,1%	228,9	-19,3%
m_{CO_2}	[kg _{CO2} m ⁻²]	56,05	-3,1%	52,63	-9,1%	46,80	-19,1%
f_{CO_2}	[kg _{CO2} kWh ⁻¹]	0,240	-0,4%	0,239	-0,8%	0,235	-2,5%

Tabella 13: Percentuale di superficie di pavimento del parco edilizio residenziale piemontese riqualificata nel *Trend scenario* (rispetto alla superficie del Caso Base)

al 2020	al 2030	al 2050
5,5%	16,4%	38,3%

In Tabella 14 vengono confrontati i *target* di protezione climatica con le emissioni di CO₂ del *Trend scenario* per i tre anni di riferimento. Come si può notare in tabella, il *Trend scenario* non è in grado di raggiungere gli obiettivi fissati.

Tabella 14: *Target* di protezione climatica ed emissioni di CO₂ del *Trend scenario*

Anno di riferimento	<i>Target</i> - m_{CO_2} [kg _{CO2} m ⁻²]	<i>Trend scenario</i> - m_{CO_2} [kg _{CO2} m ⁻²]
2020	53,32	56,05
2030	38,19	52,63
2050	15,71	46,80

4.4 Scenario #2: *Cost-optimal scenario*

Il secondo scenario analizzato è il *Cost-optimal scenario*, che è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- la numerosità degli interventi di riqualificazione energetica nello stock edilizio segue l'andamento attuale (indicatore di monitoraggio);
- il tipo di interventi (di natura singola o combinata) e il livello di applicazione agli edifici tipo del parco edilizio sono definiti con assunzione di modello;
- le tecnologie utilizzate nelle riqualificazioni sono il risultato dell'applicazione nazionale della metodologia comparativa che ha permesso di individuare misure di efficienza e requisiti ottimali in funzione dei costi (in attuazione della Direttiva 2010/31/UE Art. 5);
- l'*output* dell'analisi è la prestazione energetica del parco edilizio residenziale della regione Piemonte conseguente all'applicazione degli interventi e il confronto con i *target* di protezione climatica, a breve (2020), medio (2030) e lungo termine (2050).

Numerosità degli interventi, tipo di interventi e livello di applicazione

Il tasso annuo delle riqualificazioni energetiche effettuate sul patrimonio edilizio residenziale piemontese, in termini di superficie di pavimento annualmente riqualificata, la tipologia di interventi (singoli e combinati) e il livello di applicazione agli edifici di riferimento rappresentati dal Caso Base sono comuni al *Trend scenario* (cfr. Sezione 4.3).

Requisiti prestazionali delle tecnologie utilizzate

Le misure di riqualificazione e i requisiti prestazionali considerati nei diversi interventi sono il risultato di un'applicazione aggiornata della metodologia di calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi dei requisiti minimi di prestazione energetica, in attuazione della Direttiva 2010/31/UE, Art. 5 (Ministero dello Sviluppo Economico, 2013; Corrado et al., 2013).

Gli edifici di riferimento utilizzati nella metodologia comparativa sono stati ricavati dalla "Matrice della Tipologia Edilizia" del progetto TABULA (Corrado et al, 2014). Poiché l'applicazione della metodologia comparativa è limitata ad un numero di edifici tipo inferiore a quello del Caso Base, i risultati della metodologia (riportati in Tabella 16, in Tabella 17 e in Tabella 18) per gli edifici selezionati sono stati estesi, per l'analisi di scenario, agli edifici delle epoche costruttive adiacenti non rappresentate, come indicato in Tabella 15.

Per ogni edificio di riferimento analizzato nella metodologia comparativa, si riportano i risultati dei requisiti ottimali per le diverse misure di efficienza considerate nelle riqualificazioni globali ("GL"), in Tabella 16, e negli interventi parziali, in Tabella 17. Le tecnologie con i relativi requisiti sono stati applicati agli edifici tipo del Caso Base per sviluppare l'analisi di scenario. Per le combinazioni di interventi singoli, previste nell'analisi, le misure di efficienza e i requisiti elencati in Tabella 17 per ciascun intervento parziale sono stati applicati contemporaneamente.

Nel periodo di calcolo del *Cost-optimal scenario*, comprendente da 5 anni (2015-2020) a 35 anni (2015-2050), sono state escluse le demolizioni perché non frequenti sul territorio regionale, mentre è stato considerato un trend di nuove costruzioni analogo a quello relativo al periodo 2006-2011 riportato dalle elaborazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI, 2013). Le caratteristiche prestazionali delle nuove costruzioni sono il risultato della metodologia comparativa applicata agli edifici nuovi e sono riportate in Tabella 18.

Tabella 15: Edifici tipo della “Matrice della Tipologia Edilizia” (TABULA) utilizzati nella metodologia comparativa *cost-optimal* i cui risultati sono stati applicati nell’analisi di scenario

Edificio tipo	Epoca rappresentata nella metodologia comparativa	Epoca rappresentata nell’analisi di scenario
SFH.04 MFH.04 AB.04	1946-1976	Ante 1971
SFH.06 MFH.06 AB.06	1976-1990	1971-2005
SFH.08 MFH.08 AB.08	Post 2005	Post 2005

Tabella 16: Tecnologie e requisiti prestazionali degli interventi di riqualificazione globale (“GL”) applicati nel *Cost-optimal scenario*

MISURA DI EFFICIENZA / TECNOLOGIA	REQUISITO (Parametro)	REQUISITO (Valore)					
		SFH.04	SFH.06	MFH.04	MFH.06	AB.04	AB.06
Isolamento termico componenti verticali opachi dell’involucro edilizio	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	0,29	0,34	0,45	0,34	0,25	0,34
Isolamento termico chiusura orizzontale superiore dell’involucro edilizio	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	0,27	0,27	0,40	0,40	0,23	0,30
Isolamento termico chiusura orizzontale inferiore dell’involucro edilizio	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	0,30	0,45	0,45	0,45	0,33	0,45
Sostituzione dei serramenti e installazione di schermature solari	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	1,90	1,90	1,60	1,60	1,60	1,60
	$g_{gl,n} [-]$	0,67	0,67	0,50	0,50	0,50	0,50
	$g_{gl+sh} [-]$	0,32	0,32	0,26	0,26	0,26	0,26
Sostituzione del generatore di calore per riscaldamento e ACS con caldaia a gas (C) o pompa di calore elettrica (P)	$\eta_{H,gn}^* [-]$	0,98	0,98	3,07	3,08	0,92	2,12
	<i>opp.</i> COP* [-]	(C)	(C)	(P)	(P)	(C)	(P)
	$\eta_{W,gn}^* [-]$	0,95	0,95	3,17	3,19	0,91	2,13
	<i>opp.</i> COP* [-]	(C)	(C)	(P)	(P)	(C)	(P)
Installazione di un sistema di regolazione efficiente	$\eta_{H,rg}^* [-]$	0,995	0,995	0,995	0,995	0,97	0,995
Installazione solare termico per la produzione di ACS	Copertura fabbisogno di ACS [%]	47	43	44	46	46	52
Installazione fotovoltaico	$P_{PV} [kWp]$	1	1	2	2,5	3	4

* Valori medi stagionali.

Tabella 17: Tecnologie e requisiti prestazionali degli interventi singoli (previsti in combinazione) applicati nel *Cost-optimal scenario*

TIPO DI INTERVENTO	MISURA DI EFFICIENZA / TECNOLOGIA	REQUISITO (Parametro)	REQUISITO (Valore)		
			SFH.04 SFH.06	MFH.04 AB.04	MFH.06 AB.06
OP.V	Isolamento termico componenti verticali opachi dell'involucro edilizio	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	0,20	0,25	
OP.H	Isolamento termico chiusura orizzontale superiore dell'involucro edilizio	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	0,20	0,20	
TR	Sostituzione dei serramenti	$U [W m^{-2} K^{-1}]$ $g_{gl,n} [-]$	1,90 0,67	1,90 0,67	
HG	Sostituzione del generatore di calore per riscaldamento e ACS con caldaia a gas (C) o pompa di calore elettrica (P):	$\eta_{H,gn}^* [-]$ <i>opp. COP⁺ [-]</i>	0,98 (C, comb.)	0,98 (C, comb.) 3,00 (P, sep.)	
	- per produzione combinata (comb.)	$\eta_{W,gn}^* [-]$	0,95 (C, comb.)	0,95 (C, comb.)	
	- per produzione separata (sep.)	<i>opp. COP⁺ [-]</i>		0,95 (C, sep.)	
	Installazione di un sistema di regolazione efficiente	$\eta_{H,rg}^* [-]$	0,995	0,995	
TS	Installazione solare termico per la produzione di ACS	Copertura fabbisogno di ACS [%]	50	50	

* Valori medi stagionali.

Tabella 18: Tecnologie e requisiti prestazionali delle nuove costruzioni applicati nel *Cost-optimal scenario*

TECNOLOGIA	REQUISITO (Parametro)	REQUISITO (Valore)		
		SFH.08	MFH.08	AB.08
Componenti verticali opachi dell'involucro edilizio	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	0,34	0,34	0,34
Chiusura orizzontale sup. dell'involucro edilizio	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	0,30	0,30	0,30
Chiusura orizzontale inf. dell'involucro edilizio	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	0,30	0,33	0,33
Serramenti e schermature solari	$U [W m^{-2} K^{-1}]$	1,30	1,60	1,90
	$g_{gl,n} [-]$	0,50	0,50	0,67
	$g_{gl+sh} [-]$	0,25	0,26	0,32
Generatore di calore per riscaldamento e ACS: caldaia a gas (C) o pompa di calore elettrica (P)	$\eta_{H,gn}^* [-]$ <i>opp. COP⁺ [-]</i>	0,98(C)	3,04(P)	0,91(C)
	$\eta_{W,gn}^* [-]$ <i>opp. COP⁺ [-]</i>	0,95(C)	3,24(P)	0,90(C)
Sistema di regolazione	$\eta_{H,rg}^* [-]$	0,995	0,995	0,97
Recuperatore (ventilazione)	$\eta_{v,rc} [-]$	0,60	0,60	0,60
Solare termico per la produzione di ACS	Copertura fabb. ACS [%]	53	36	46
Fotovoltaico	$P_{PV} [kWp]$	1	2,5	4

* Valori medi stagionali.

Prestazione energetica conseguibile

Si riportano in Tabella 19 i risultati del calcolo della prestazione energetica del parco edilizio residenziale conseguente all'applicazione del *Cost-optimal scenario*.

La percentuale di superficie riqualificata nel *Cost-optimal scenario* rispetto alla superficie complessiva del parco edilizio (al 2015) è riportata in Tabella 20 per ogni anno di riferimento.

Tabella 19: Indicatori riassuntivi di bilancio energetico del *Cost-optimal scenario*

Grandezza	Unità di misura	Valore al 2020	Var. % rispetto al 2015	Valore al 2030	Var. % rispetto al 2015	Valore al 2050	Var. % rispetto al 2015
A_{RBS}	[10^9 m^2]	0,219	+2,3%	0,227	+6,1%	0,245	14,5%
$Q_{H,W,gn,out}$	[kWh m^{-2}]	233,2	-2,7%	220,8	-7,9%	199,7	-16,7%
$Q_{H,W,del,gas}$	[kWh m^{-2}]	258,8	-3,8%	239,6	-10,9%	208,0	-22,7%
$Q_{H,W,del,dh}$	[kWh m^{-2}]	5,14	-2,1%	4,93	-6,1%	3,31	-37,0%
$Q_{H,W,del,el}$	[kWh m^{-2}]	4,74	+11,0%	5,63	+31,9%	7,22	69,1%
$Q_{H,W,p}$	[kWh m^{-2}]	274,2	-3,3%	256,8	-9,4%	227,0	-19,9%
m_{CO_2}	[kg $_{CO_2}$ m^{-2}]	55,99	-3,2%	52,47	-9,3%	46,42	-19,8%
f_{CO_2}	[kg $_{CO_2}$ kWh $^{-1}$]	0,240	-0,4%	0,238	-1,2%	0,232	-3,7%

Tabella 20: Percentuale di superficie di pavimento del parco edilizio residenziale piemontese riqualificata nel *Cost-optimal scenario* (rispetto alla superficie del Caso Base)

	al 2020	al 2030	al 2050
	5,5%	16,4%	38,3%

In Tabella 21 vengono confrontati i *target* di protezione climatica con le emissioni di CO₂ del *Cost-optimal scenario* per i tre anni di riferimento. Come si può notare in tabella, il *Cost-optimal scenario* non è in grado di raggiungere gli obiettivi fissati.

Tabella 21: Target di protezione climatica ed emissioni di CO₂ del *Cost-optimal scenario*

Anno di riferimento	Target - m_{CO_2} [kg $_{CO_2}$ m^{-2}]	Cost-optimal scenario - m_{CO_2} [kg $_{CO_2}$ m^{-2}]
2020	53,32	55,99
2030	38,19	52,47
2050	15,71	46,42



4.5 Scenario #3: *Target scenario 2020-2030-2050*

Il terzo scenario analizzato è il *Target scenario 2020-2030-2050*, che è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- la prestazione energetico-ambientale del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, in termini di quantità di emissioni di CO₂ all'anno 2020, all'anno 2030 e all'anno 2050, è stabilita a priori al fine di raggiungere gli obiettivi di protezione climatica fissati per ciascuno degli anni di riferimento;
- il tipo di interventi di riqualificazione (di natura singola o combinata) e il livello di applicazione agli edifici tipo del parco edilizio sono definiti con assunzione di modello;
- le tecnologie utilizzate nelle riqualificazioni sono quelle comunemente applicate oggi sul territorio e i requisiti prestazionali minimi associati alle tecnologie sono fissati da un documento normativo (assunzione di modello);
- l'*output* dell'analisi è la superficie di pavimento del parco edilizio residenziale che andrebbe riqualificata annualmente per conseguire i *target* di protezione climatica, a breve (2020), medio (2030) e lungo termine (2050).

Tipo di interventi, livello di applicazione e requisiti prestazionali delle tecnologie utilizzate

Si è considerato di riqualificare un ammontare annuo di superficie di pavimento degli edifici residenziali piemontesi tale per cui al termine del 2020, del 2030 e del 2050 si possa raggiungere il valore *target* di emissioni di CO₂ (cfr. Tabella 10).

Gli interventi di riqualificazione sono stati applicati a tutte le epoche di costruzione ad eccezione degli edifici costruiti dopo il 2005. La quantità di superficie annuale oggetto di intervento è stata distribuita tra le varie classi di dimensione edilizia e le varie epoche di costruzione in funzione dell'entità delle emissioni del Caso Base per le varie categorie.

L'abbinamento degli interventi agli edifici di riferimento del Caso Base è stato effettuato dando la priorità, per ogni classe dimensionale ed epoca di costruzione, alla superficie di pavimento caratterizzata da un più basso livello di efficienza energetica (cfr. Figura 23).

Come interventi sono state considerate le sole riqualificazioni globali, caratterizzate da tecnologie e relativi requisiti prestazionali riportati in Tabella 22.

Nel periodo di calcolo, comprendente da 5 anni (2015-2020) a 35 anni (2015-2050), sono state escluse le demolizioni perché non frequenti sul territorio regionale, mentre è stato considerato un trend di nuove costruzioni analogo a quello relativo al periodo 2006-2011 riportato dalle elaborazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI, 2013). Le caratteristiche prestazionali delle nuove costruzioni sono state fatte corrispondere al livello più elevato di efficienza energetica del Caso Base per gli edifici costruiti dopo il 2005 (cfr. Figura 23), inteso come livello prestazionale di un edificio ad energia quasi zero.

Tabella 22: Tecnologie e requisiti prestazionali degli interventi applicati nel Target scenario 2020-2030-2050

MISURA DI EFFICIENZA / TECNOLOGIA	REQUISITO	FONTE
Isolamento termico componenti verticali opachi dell'involucro edilizio	$U = 0,33 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$	Regione Piemonte, 2009
Isolamento termico chiusura orizzontale superiore dell'involucro edilizio	$U = 0,30 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$	Regione Piemonte, 2009
Isolamento termico chiusura orizzontale inferiore dell'involucro edilizio	$U = 0,30 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$	Regione Piemonte, 2009
Sostituzione dei serramenti	$U = 2,00 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ $g_{gl,n} = 0,67$	Regione Piemonte, 2009
Mantenimento dell'impianto termico esistente (autonomo o centralizzato)	$\eta_{H,gn}^* = 0,98$	UNI/TS 11300-2
Installazione caldaia a condensazione** (per riscaldamento e ACS, con produzione combinata o separata a seconda dei casi)	$\eta_{W,gn}^* = 0,95$ (comb.) $\eta_{W,gn}^* = 0,90$ (sep.)	
Installazione di valvole termostatiche	$\eta_{H,rg}^* = 0,98$	
Installazione solare termico per la produzione di ACS	Copertura 50% del fabbisogno di ACS	D. Lgs. 28, 2011

* Valori medi stagionali.

** La caldaia a condensazione è il generatore di calore più applicato negli interventi di riqualificazione sul patrimonio edilizio residenziale piemontese.

Prestazione energetica conseguibile e superficie di pavimento del parco edilizio oggetto di riqualificazione

Si riportano in Tabella 23 i risultati del calcolo della prestazione energetica del parco edilizio residenziale conseguente all'applicazione del Target scenario 2020-2030-2050.

Tabella 23: Indicatori riassuntivi di bilancio energetico del Target scenario 2020-2030-2050

Grandezza	Unità di misura	Valore al 2020	Var. % rispetto al 2015	Valore al 2030	Var. % rispetto al 2015	Valore al 2050	Var. % rispetto al 2015
A_{RBS}	$[10^9 \text{ m}^2]$	0,219	+2,3%	0,227	+6,1%	0,245	+14,5%
$Q_{H,W,gn,out}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	221,0	-7,8%	158,9	-33,7%	65,8	-72,5%
$Q_{H,W,del,gas}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	246,1	-8,5%	170,6	-36,6%	62,5	-76,8%
$Q_{H,W,del,dh}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	5,14	-2,1%	4,93	-6,1%	0,96	-81,7%
$Q_{H,W,del,el}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	4,54	+6,3%	5,04	+18,0%	5,94	+39,1%
$Q_{H,W,p}$	$[\text{kWh m}^{-2}]$	261,1	-7,9%	186,5	-34,2%	76,4	-73,1%
m_{CO_2}	$[\text{kg}_{CO_2} \text{ m}^{-2}]$	53,32	-7,9%	38,19	-34,0%	15,71	-72,9%
f_{CO_2}	$[\text{kg}_{CO_2} \text{ kWh}^{-1}]$	0,241	0,0%	0,240	-0,4%	0,239	-0,8%

Come da obiettivo, il *Target scenario 2020-2030-2050* raggiunge i *target* di protezione climatica dei tre anni di riferimento.

La percentuale di superficie di pavimento del patrimonio edilizio residenziale che andrebbe riqualificata annualmente è 1,3% nel periodo 2015-2020, 2,6% nel periodo 2020-2030 e 2,0% nel periodo 2030-2050, per raggiungere i rispettivi *target*. La percentuale di superficie riqualificata nel *Target scenario 2020-2030-2050* rispetto alla superficie complessiva del parco edilizio (al 2015) è riportata in Tabella 24 per ogni anno di riferimento.

Tabella 24: Percentuale di superficie di pavimento del parco edilizio residenziale piemontese riqualificata nel *Target scenario 2020-2030-2050* (rispetto alla superficie del Caso Base)

al 2020	al 2030	al 2050
6,2%	31,9%	76,3%

4.6 Scenario #4: *Target scenario 2050*

Il quarto scenario analizzato è il *Target scenario 2050*, che è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- la prestazione energetico-ambientale del parco edilizio residenziale della regione Piemonte, in termini di quantità di emissioni di CO₂ all'anno 2050, coincide con il *target* di protezione climatica fissato per l'anno 2050;
- il tipo di interventi di riqualificazione (di natura singola o combinata) e il livello di applicazione agli edifici tipo del parco edilizio sono definiti con assunzione di modello;
- le tecnologie utilizzate nelle riqualificazioni sono quelle comunemente applicate oggi sul territorio e i requisiti prestazionali minimi associati alle tecnologie sono fissati da un documento normativo (assunzione di modello);
- l'*output* dell'analisi è la superficie di pavimento del parco edilizio residenziale che andrebbe riqualificata annualmente per conseguire il *target* di protezione climatica a lungo termine (2050).

Tipo di interventi, livello di applicazione e requisiti prestazionali delle tecnologie utilizzate

Si è considerato di riqualificare un ammontare annuo di superficie di pavimento degli edifici residenziali piemontesi tale per cui al termine del 2050 si possa raggiungere il valore *target* di emissioni di CO₂ (cfr. Tabella 10).

Gli interventi di riqualificazione sono stati applicati a tutte le epoche di costruzione ad eccezione degli edifici costruiti dopo il 2005. La quantità di superficie annuale oggetto di intervento è stata distribuita tra le varie classi di dimensione edilizia e le varie epoche di costruzione in funzione dell'entità delle emissioni del Caso Base per le varie categorie.

L'abbinamento degli interventi agli edifici di riferimento del Caso Base è stato effettuato dando la priorità, per ogni classe dimensionale ed epoca di costruzione, alla superficie di pavimento caratterizzata da un più basso livello di efficienza energetica (cfr. Figura 23).

Come interventi sono state considerate le sole riqualificazioni globali, caratterizzate da tecnologie e relativi requisiti prestazionali come nel *Target scenario 2020-2030-2050* (cfr. Tabella 22).

Nel periodo di calcolo, comprendente da 5 anni (2015-2020) a 35 anni (2015-2050), sono state escluse le demolizioni perché non frequenti sul territorio regionale, mentre è stato considerato un trend di nuove costruzioni analogo a quello relativo al periodo 2006-2011 riportato dalle elaborazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI, 2013). Le caratteristiche prestazionali delle nuove costruzioni sono state fatte corrispondere al livello più elevato di efficienza energetica del Caso Base per gli edifici costruiti dopo il 2005 (cfr. Figura 23), inteso come livello prestazionale di un edificio ad energia quasi zero.

Prestazione energetica conseguibile e superficie di pavimento del parco edilizio oggetto di riqualificazione

Si riportano in Tabella 25 i risultati del calcolo della prestazione energetica del parco edilizio residenziale conseguente all'applicazione del *Target scenario 2050*.

Tabella 25: Indicatori riassuntivi di bilancio energetico del *Target scenario 2050*

Grandezza	Unità di misura	Valore al 2020	Var. % rispetto al 2015	Valore al 2030	Var. % rispetto al 2015	Valore al 2050	Var. % rispetto al 2015
A_{RBS}	[10 ⁹ m ²]	0,219	+2,3%	0,227	+6,1%	0,245	14,5%
$Q_{H,W,gn,out}$	[kWh m ⁻²]	209,9	-12,4%	154,5	-35,5%	65,8	-72,5%
$Q_{H,W,del,gas}$	[kWh m ⁻²]	232,8	-13,5%	165,4	-38,5%	62,5	-76,8%
$Q_{H,W,del,dh}$	[kWh m ⁻²]	5,14	-2,1%	4,93	-6,1%	0,96	-81,7%
$Q_{H,W,del,el}$	[kWh m ⁻²]	4,54	+6,3%	5,04	+18,0%	5,94	+39,1%
$Q_{H,W,p}$	[kWh m ⁻²]	247,8	-12,6%	181,3	-36,0%	76,4	-73,1%
m_{CO2}	[kg _{CO2} m ⁻²]	50,62	-12,5%	37,12	-35,9%	15,71	-72,9%
f_{CO2}	[kg _{CO2} kWh ⁻¹]	0,241	0,0%	0,240	-0,4%	0,239	-0,8%

Come da obiettivo, il *Target scenario 2050* raggiunge il *target* di protezione climatica al 2050.

La percentuale di superficie di pavimento del patrimonio edilizio residenziale che andrebbe riqualificata annualmente è il 2,01% per raggiungere il *target* al 2050. La percentuale di superficie riqualificata nel *Target scenario 2050* rispetto alla superficie complessiva del parco edilizio (al 2015) è riportata in Tabella 26 per ogni anno di riferimento.

Tabella 26: Percentuale di superficie di pavimento del parco edilizio residenziale piemontese riqualificata nel *Target scenario 2050* (rispetto alla superficie del Caso Base)

al 2020	al 2030	al 2050
10,9%	32,7%	76,3%

4.7 Analisi dei risultati degli scenari di riqualificazione energetica

Si riporta in Figura 37 il confronto tra i risultati dei diversi scenari di riqualificazione analizzati. I risultati vengono rappresentati in termini di *Summary Indicators*, seguendo una schematizzazione comune ai paesi partecipanti al progetto. I *Summary Indicators* consistono nelle seguenti grandezze:

- emissioni totali di CO₂ ($m_{\text{CO}_2, \text{heat supply}}$, coincidente con m_{CO_2} riportato in Tabella 19, Tabella 23 e Tabella 25);
- domanda energetica totale (q_{total} , coincidente con $Q_{\text{H,W,gn,out}}$ riportato in Tabella 19, Tabella 23 e Tabella 25);
- fattore di emissione di CO₂ ($f_{\text{CO}_2, \text{heat supply}}$, coincidente con f_{CO_2} riportato in Tabella 19, Tabella 23 e Tabella 25).

All'interno dei grafici relativi alle emissioni totali di CO₂ ($m_{\text{CO}_2, \text{heat supply}}$) sono indicati con una linea rossa continua e tratteggiata i valori *target* di emissioni, definiti rispettivamente a livello nazionale e a livello europeo dal progetto EPISCOPE. Come si può notare, il *Trend scenario* (TDS) e il *Cost-optimal scenario* (COS) determinano risultati simili; entrambi non raggiungono di poco il *target* al 2020 e si pongono ampiamente al di sopra dei *target* al 2030 e al 2050.

Il *Target scenario 2020-2030-2050* (TS1) e il *Target scenario 2050* (TS2) raggiungono i *target* nazionali, secondo gli obiettivi degli scenari stessi, tuttavia implicano un tasso di riqualificazione – che coinvolge il sistema edificio-impianto in termini globali – del 2% annuo della superficie residenziale della regione Piemonte. Per contro, il *Trend scenario* (TDS) e il *Cost-optimal scenario* (COS) prevedono perlopiù riqualificazioni parziali, mentre le sole riqualificazioni globali si attestano intorno all'1% annuo della superficie residenziale regionale.

In termini di domanda energetica totale (q_{total}) del parco edilizio residenziale al 2050, gli scenari più vantaggiosi sono il *Target scenario 2050* (TS2) e il *Target scenario 2020-2030-2050* (TS1): entrambi riducono la domanda energetica del 72,5% rispetto al Caso Base (BC), contro una riduzione di circa il 17% del *Cost-optimal* e del *Trend scenario*.

Tutti gli scenari eccetto il *Cost-optimal scenario* (COS), anche ponendosi in posizione cautelativa, considerano tecnologie costruttive e impiantistiche comunemente utilizzate nel territorio nazionale e regionale, assumendo inoltre che nell'arco di 35 anni non ci siano sostanziali cambiamenti nella tipologia di fornitura energetica (es: tipologia di vettori energetici). Questo aspetto giustifica la limitata variabilità del fattore di emissione di CO₂ ($f_{\text{CO}_2, \text{heat supply}}$) nel corso degli anni.

Tra le tecnologie che utilizzano fonti energetiche rinnovabili, negli interventi sono state considerate il solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria (in tutti gli scenari) e il solare fotovoltaico (nel *Cost-optimal scenario*). Tra le due tecnologie, la prima è la più utilizzata, mentre l'applicazione della seconda è in crescita sul territorio regionale. La biomassa non è stata considerata per la limitata applicazione sul territorio.

Le misure di efficienza energetica considerate nel *Cost-optimal scenario* (COS) sono da preferirsi a quelle degli altri scenari perché, pur determinando risultati analoghi al *Trend scenario* (TDS) in termini di domanda energetica, vengono applicati requisiti prestazionali ottimali dal punto di vista dei costi. Tuttavia, affinché il *Cost-optimal scenario* sia efficace andrebbero considerate solo riqualificazioni globali, come avviene negli scenari di tipo *Target*.

5 Conclusioni

Le analisi di scenario relative alla riqualificazione del patrimonio edilizio residenziale della regione Piemonte hanno evidenziato che seguendo l'andamento attuale, pur considerando differenti tecnologie e diversi livelli prestazionali delle misure di efficienza energetica (es. come nel *Trend scenario* e nel *Cost-optimal scenario*), i risultati relativi alla domanda energetica e alle emissioni di CO₂ sono analoghi e non permettono di raggiungere gli obiettivi di protezione climatica prefissati negli anni di riferimento.

Per ottenere risultati più confortanti occorrerebbe agire sia sul tipo di intervento (riqualificazione globale e non parziale dell'edificio), sia sulla quantità di superficie di pavimento del parco edilizio da riqualificare annualmente (es. come negli scenari di tipo *Target*).

Questa conclusione è in linea con quanto auspicato dalla legge n. 90 del 3 agosto 2013 che modifica il d.lgs. 192/2005 al fine di recepire la Direttiva 2010/31/UE in Italia. Infatti, in riferimento alla promozione di strumenti finanziari, la legge richiede che gli incentivi adottati dallo Stato, dalle regioni e dagli enti locali per promuovere l'efficienza energetica degli edifici, a qualsiasi titolo previsti, siano concessi non solo nel rispetto di requisiti di efficienza commisurati alla tipologia, al tipo di utilizzo e contesto in cui è inserito l'immobile, ma anche all'entità dell'intervento.

Ai fini del raggiungimento dei *target* di protezione climatica a breve, medio e lungo termine, le amministrazioni locali vanno incoraggiate a:

- promuovere interventi su larga scala erogando incentivi che favoriscano le riqualificazioni globali e individuando linee-guida di fattibilità tecnica ed economica;
- incrementare il monitoraggio del patrimonio edilizio, rendendo disponibili dati più numerosi e di buona qualità al fine di sviluppare e aggiornare le analisi di scenario e ottenere risultati più attendibili sui potenziali di risparmio energetico e di riduzione di gas climalteranti.

Per quanto riguarda le analisi di scenario, in un'attività di ricerca futura si prevede di aggiornare i livelli prestazionali delle misure di efficienza energetica da applicare negli interventi, secondo i valori fissati dal decreto attuativo della legge n. 90/2013 sui nuovi requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici, di prossima pubblicazione. I requisiti minimi si applicheranno, a diversi livelli, agli edifici di nuova costruzione (compresi gli edifici ad energia quasi-zero), alle ristrutturazioni importanti e alle riqualificazioni energetiche di edifici esistenti. A titolo esemplificativo, per le riqualificazioni energetiche, si confrontano in Tabella 27 i valori limite di trasmittanza termica richiesti per diversi componenti d'involucro, fissati in una bozza del suddetto decreto datata marzo 2015, e i valori applicati negli scenari *Trend* e *Cost-optimal*.

Tabella 27: Confronto tra i valori limite di trasmittanza termica fissati nella bozza del decreto attuativo della legge n. 90/2013 (zona climatica E) e i valori utilizzati negli scenari *Trend* e *Cost-optimal*

Componenti d'involucro	U [W m ⁻² K ⁻¹]	U [W m ⁻² K ⁻¹]	U [W m ⁻² K ⁻¹] bozza decreto	
	<i>Trend scenario</i>	<i>Cost-optimal scenario</i>	dal 01/07/2015	dal 01/01/2021
Chiusure verticali opache	0,33	0,2÷0,25	0,30	0,28
Chiusure orizzontali opache superiori (copertura)	0,30	0,20	0,26	0,24
Chiusure orizzontali opache inferiori (pavimento)	-	-	0,31	0,29
Chiusure trasparenti	2,00	1,90	1,90	1,40



L'attività futura prevederà, inoltre, il confronto tra la prestazione energetica calcolata e i dati di consumo reali del parco edilizio residenziale, e l'individuazione di fattori di calibrazione del modello di calcolo ai fini della previsione dei consumi reali negli scenari di riqualificazione energetica.

Nomenclatura

Simbolo	Grandezza	Unità di misura
<i>A</i>	area	m ²
<i>COP</i>	coefficiente di prestazione	-
<i>EP</i>	indice di prestazione energetica	kWh m ⁻²
<i>g</i>	trasmittanza di energia solare totale	-
<i>f</i>	fattore	-
<i>m</i>	massa	kg
<i>P</i>	potenza	W
<i>Q</i>	energia	Wh
<i>U</i>	trasmittanza termica	W m ⁻² K ⁻¹
<i>η</i>	efficienza	-

Pedici	
del	erogata (energia)
dh	teleriscaldamento
el	elettricità
f	pavimento
fin, w	serramenti
g, gn	generazione (sottosistema)
gas	gas naturale
gl	vetro
H	riscaldamento
n	normale, perpendicolare
nd	fabbisogno
nren	non rinnovabile (energia)
op	opaco
out	uscita, output
p	primaria (energia)
PV	fotovoltaico
ren	rinnovabile (energia)
rg	regolazione (sottosistema)
sh	ombreggiatura, schermatura
W	acqua calda sanitaria



Acronimi	
AB	blocco di appartamenti
ACS	acqua calda sanitaria
COS	<i>Cost-optimal scenario</i>
ER	edilizia residenziale
MFH	edificio multifamiliare
RB	edificio di riferimento
RBS	patrimonio edilizio residenziale
SFH	edificio monofamiliare
TDS	<i>Trend scenario</i>
TS1	<i>Target scenario 2020-2030-2050</i>
TS2	<i>Target scenario 2050</i>

Bibliografia

Monografie

- AA.VV., Rapporto Energia e Ambiente 2009-2010. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), Roma 2012.
- AA.VV., Rapporto Energia e Ambiente, Scenari e strategie. Verso un'Italia *low carbon*: sistema energetico, occupazione e investimenti. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), Roma 2013.
- V. Corrado, I. Ballarini, S. P. Corgnati, Building Typology Brochure – Italy. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana. EPISCOPE - D2.3, 2014.
- V. Corrado, I. Ballarini, S. Paduos, Sviluppo della metodologia comparativa cost-optimal secondo Direttiva 2010/31/UE, ENEA RdS/2013/144, 2013.
- CRESME, Il mercato delle costruzioni 2006. Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l'Edilizia e il Territorio, 2006.
- N. Diefenbach et al., Energy Performance Indicators for Building Stocks. First version / starting point of the EPISCOPE indicator scheme. EPISCOPE - D4.2a, 2014.
- ISTAT, Censimento della popolazione. Elaborazioni dell'Istituto Nazionale di Statistica, 2001.
- ISTAT, Censimento della popolazione. Elaborazioni dell'Istituto Nazionale di Statistica, 2011.
- Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), Applicazione della metodologia di calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica (Direttiva 2010/31/UE Art. 5), 2013 (accessibile da:
http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/doc/2013_it_cost-optimal_en.zip)
- M. Nocera, S. Rosciarelli, Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente - 2008. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), Roma 2012.
- M. Nocera, Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente nel 2009. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), Roma 2011.
- M. Nocera, Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente - 2010. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), Roma 2012.
- M. Nocera, Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente - 2011. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), Roma 2013.
- M. Nocera, Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente - 2012. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), Roma 2014.
- OMI, Rapporto immobiliare 2013. Osservatorio del Mercato Immobiliare, 2013.

Legislazione

- Unione Europea, Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea n. L153 del 18 giugno 2010.

- Repubblica Italiana, Legge 27 dicembre 2006, n. 296 “Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato. Legge Finanziaria 2007”, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 299 del 27 dicembre 2006.
- Repubblica Italiana, Legge 3 agosto 2013 n. 90 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell’edilizia per la definizione delle procedure d’infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale”, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 181 del 3 agosto 2013.
- Repubblica Italiana, 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”, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 71 del 28 marzo 2011.
- Regione Piemonte, Deliberazione della Giunta Regionale 4 agosto 2009, n. 43-11965 “Legge regionale 28 maggio 2007, n. 13. Disposizioni in materia di rendimento energetico nell’edilizia”. Disposizioni attuative in materia di certificazione energetica degli edifici ai sensi dell’articolo 21, comma 1, lettere d, e ed f”, pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte n. 31, supplemento n. 4 del 7 agosto 2009.
- Regione Piemonte, Deliberazione della Giunta Regionale 4 agosto 2009, n. 46-11968 “Aggiornamento del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell’aria – Stralcio di piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento e disposizioni attuative in materia di rendimento energetico nell’edilizia ai sensi dell’articolo 21, comma 1, lettere a) b) e q) della legge regionale 28 maggio 2007, n. 13 Disposizioni in materia di rendimento energetico nell’edilizia”, pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte n. 31, supplemento n. 4 del 7 agosto 2009.

Normativa tecnica

- CTI Raccomandazione 14, Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione della prestazione energetica per la classificazione dell’edificio, Comitato Termotecnico Italiano. Febbraio 2013.
- UNI/TS 11300-1, Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Ottobre 2014.
- UNI/TS 11300-2, Prestazioni energetiche degli edifici – 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, Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Ottobre 2014.
- UNI/TS 11300-4, Prestazioni energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Maggio 2012.
- prUNI 10349-1, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Medie mensili (e dati orari) per la valutazione della prestazione termo-energetica dell’edificio (E0201E811), Ente Nazionale Italiano di Unificazione. 2015.

Siti internet

- <http://www.regione.piemonte.it/edilizia/osservatorio.htm>
- <http://www.istat.it/it/>



- <http://www.enea.it/it>
- <http://www.sistemapiemonte.it/cms/privati/ambiente-e-energia/servizi/536-sicee-sistema-informativo-per-le-certificazioni-energetiche-degli-edifici>
- http://www.2011.piemonteincifre.it/setar_i.html
- <http://www.energiaenergetica.enea.it/politiche-e-strategie-1/politiche-e-strategie-nelle-regioni/sistemi-informativi-energetici-regionali/bilanci-energetici-regionali/i-ber-2005-2008.aspx>

Appendice A – Metodo di calcolo secondo UNI/TS 11300

La prestazione energetica di ciascun edificio di riferimento, sia per caratterizzare il Caso Base sia per sviluppare gli scenari di riqualificazione, è stata determinata applicando la procedura di calcolo della serie delle specifiche tecniche UNI/TS 11300, in particolare, la Parte 1 per il calcolo del fabbisogno di energia netta per il riscaldamento e la Parte 2 per il calcolo del fabbisogno di energia netta per l'acqua calda sanitaria e di energia primaria per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria.

La procedura di calcolo della UNI/TS 11300-1:2014, che si basa su un metodo di calcolo in condizioni quasi-stazionarie, prevede le seguenti fasi:

- 1) definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell'edificio;
- 2) se richiesta, definizione dei confini delle diverse zone di calcolo;
- 3) definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;
- 4) calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni ideali di energia termica per riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e raffrescamento ($Q_{C,nd}$ - non considerato nell'analisi);
- 5) calcolo della stagione di riscaldamento (e di raffrescamento);
- 6) per i mesi estremi della stagione di riscaldamento, eventuale ricalcolo dei fabbisogni di energia sulle frazioni di mese comprese nella stagione;
- 7) aggregazione dei risultati relativi ai diversi mesi e alle diverse zone servite dagli stessi impianti.

Il calcolo è stato effettuato considerando il clima di Torino come località di riferimento della regione Piemonte; i dati climatici sono stati ricavati dal progetto di norma prUNI 10349-1:2015 (revisione della versione del 1994). È stata considerata un'utenza di tipo convenzionale e sono state applicate le seguenti assunzioni:

- modellazione dell'edificio come un'unica zona termica;
- tasso di ventilazione naturale determinato secondo UNI/TS 11300-1 considerando un'utenza convenzionale (par. 12.3.1);
- calcolo degli apporti termici interni in funzione della superficie utile di pavimento (UNI/TS 11300-1 par. 13.1.1);
- determinazione semplificata della capacità termica interna dell'edificio in funzione della tipologia costruttiva (UNI/TS 11300-1 prospetto 22);
- determinazione semplificata dello scambio termico verso ambienti non climatizzati in funzione del tipo di ambiente (UNI/TS 11300-1 prospetto 7);
- gestione delle chiusure oscuranti secondo un modello orario di utilizzo (UNI/TS 11300-1 par. 11.1.2.1) e gestione delle schermature solari in funzione dell'entità dell'irradianza solare incidente (UNI/TS 11300-1 par. 14.3.4);
- fattore di riduzione per ombreggiatura da ostruzioni esterne fissato pari a 0,8 per tutti i componenti d'involucro trasparente;
- fattore di correzione dovuto al telaio (fattore telaio) assunto pari a 0,2 per tutti i componenti trasparenti.

Il calcolo delle perdite di energia termica dei sottosistemi impiantistici e del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento ($Q_{H,p}$) e per la produzione di acqua calda sanitaria ($Q_{W,p}$) è stato effettuato secondo la procedura della UNI/TS 11300-2:2014 e applicando la metodologia semplificata (rendimenti impiantistici precalcolati).

Per il calcolo dell'energia termica fornita all'edificio dall'impianto di teleriscaldamento e per il calcolo dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico si è fatto riferimento alla UNI/TS 11300-4:2012. Secondo quanto indicato nella Raccomandazione del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 14 del febbraio 2013, per la produzione di energia elettrica da fotovoltaico si è considerata la compensazione mensile del fabbisogno di energia elettrica fino a completa copertura; l'energia elettrica prodotta in eccesso, temporaneamente esportata e riconsegnata su base annua è caratterizzata da un fattore di energia primaria pari a 0.

Per il calcolo del fabbisogno di energia primaria, sono stati applicati i fattori di conversione utilizzati a livello nazionale, secondo la Raccomandazione del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 14, elencati in Tabella A.1.

Tabella A.1: Fattori di energia primaria dei vettori energetici [fonte: CTI Raccomandazione 14, 2013]

Vettore energetico	$f_{p,ren}$	$f_{p,ren}$	f_p
Gas naturale	1	0	1
Biomasse solide, liquide e gassose	0,3	0,7	1
Energia elettrica da rete	2,174	0	2,174
Teleriscaldamento	dichiarato dal fornitore*	-	-

* assunto pari a 1 nell'analisi