Capitolo 5

Valutazione della convenienza economica delle coperture verdi

Paolo Rosato, Carlo Antonio Stival, Giovanni Cechet

In questo capitolo ci si propone di valutare l'incidenza economica della realizzazione e gestione di una copertura verde installata su un edificio esistente a destinazione d'uso produttiva.

Questo contesto risulta di estremo interesse poiché, a differenza di una realizzazione *ex novo*, è possibile confrontare le condizioni di gestione economica dell'immobile a monte e a valle dell'intervento stesso, verificando così l'efficacia di questa innovativa soluzione rispetto ad una copertura isolata di tipo 'tradizionale', comunque volta a contenere i consumi energetici in fase operativa.

Per condurre l'analisi, è necessario individuare e definire un edificio di riferimento al quale applicare diversi scenari di intervento. Si ritiene, infatti, poco significativo condurre l'analisi economica su una chiusura superiore non relazionata ad un edificio modello, in quanto alcuni obiettivi prefissati – *in primis*, la valutazione delle performance energetiche offerte dalle soluzioni tecnologiche di copertura nell'arco di un intero anno – rendono necessario definire un contesto concreto. Nell'analisi economica seguente, si considerano soddisfatti positivamente i criteri di sicurezza statica successiva all'intervento sull'edificio affrontati nel capitolo 4, che sono da considerarsi prioritari nella valutazione di fattibilità per l'installazione una copertura verde in un edificio esistente, e si definirà con maggiore precisione l'oggetto introdotto in precedenza per l'analisi dei carichi.

L'edifico di riferimento nello stato di fatto presenterà tre diverse soluzioni tecnologiche di copertura, alternative tra loro ed energeticamente non efficienti; saranno successivamente proposte due possibili soluzioni tecnologiche alternative per lo stato di progetto, così da definire gli scenari d'intervento che saranno poi valutati dal punto di vista economico.

5.1. L'edificio di riferimento

L'edificio a destinazione d'uso produttiva assunto come modello, sito in una zona industriale nella città di Trieste, che può rappresentare un ragionevole set di edifici, possiede le seguenti caratteristiche, alcune delle quali già descritte nel Capitolo 4:

- pianta di forma quadrata di dimensioni pari a 28,00 ml x 28,00 ml;
- tre piani fuori terra, per un'altezza totale approssimativa pari a 12,00 ml, variabile in funzione delle soluzioni tecnologiche di copertura previste nei diversi scenari e caratterizzate da spessori diversi. A ciascun piano compete una zona termica, ed in particolare la zona posta al secondo piano sarà oggetto di analisi energetica in quanto contigua all'elemento tecnico di copertura;
- altezza netta d'interpiano di 3,50 ml per i piani terra e primo, 3,45 ml per il secondo ed ultimo piano;
- copertura piana a giacitura orizzontale, ottimale ai fini della possibile installazione di una copertura verde di tipo estensivo.

È opportuno anticipare la scelta dell'edificio negli ambiti della valutazione economica svolta e dello schema funzionale scelto per la copertura. Risulta infatti di maggiore semplicità, nella predisposizione del modello economico, ipotizzare l'installazione di una copertura verde estensiva su una giacitura piana orizzontale, piuttosto che su coperture inclinate, seppure queste soluzioni risultino piuttosto frequenti. Altri fattori di valenza architettonica rafforzano tale ipotesi, come la diffusione dello schema funzionale a copertura piana negli edifici realizzati negli anni '70 ed '80, in genere di minor valore e quindi teoricamente più adatti ad un intervento che ne incrementi il valore di mercato complessivo senza ledere la qualità architettonica del fabbricato.

Gli edifici realizzati in tale periodo storico, inoltre, sono spesso risultato di una progettazione finalizzata preminentemente alla minimizzazione dei costi di realizzazione, fatto che comporta la mancanza di soluzioni capaci di garantire un adeguato livello di prestazione energetica, conformemente con i livelli prestazionali previsti nell'epoca di realizzazione. Questa problematica è diffusa sul territorio nazionale e grava non solo sugli elementi tecnologici di copertura, ma su tutte le parti concorrenti a formare l'involucro edilizio.

Si ritiene dunque ragionevole che, quando si affrontano interventi di efficientamento energetico su questi edifici, sia possibile implementarli, oltre che con soluzioni 'tradizionali', anche con coperture verdi.

L'involucro edilizio è univocamente definito in tutta l'analisi, ad eccezione dell'elemento tecnico di copertura che ne rappresenta la variabile. Gli scenari previsti per la copertura sono descritti nel paragrafo 5.1.2.; di seguito si delineano brevemente le caratteristiche degli altri elementi dell'edificio.

5.1.1. *Il sistema edificio – impianto*

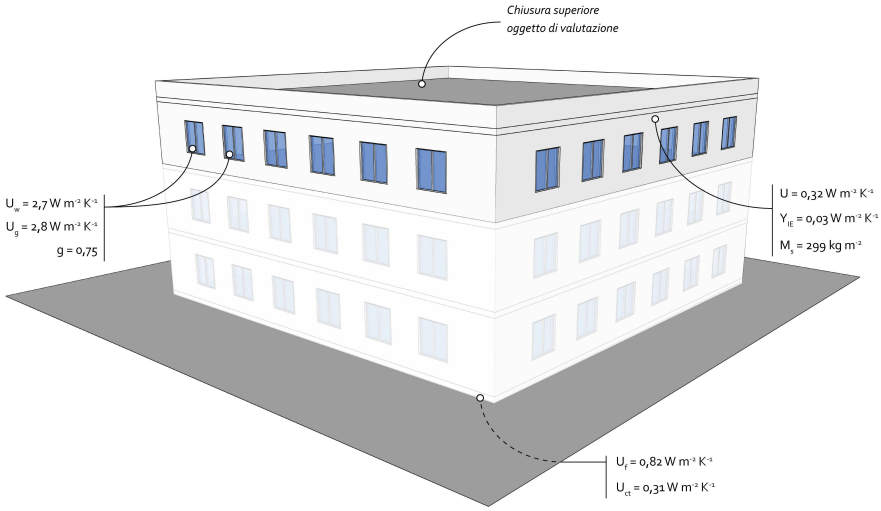


Figura 5.1 – Schema di riferimento dell'edificio modello.

Le pareti perimetrali, considerato lo schema funzionale lineare del sistema strutturale, sono realizzate per tutta l'altezza dell'edificio in blocchi forati in laterizio di spessore 25 cm e controparete interna in laterizi forati di spessore 8 cm, intonacature in calce e sabbia. La parete è isolata sia esternamente con sistema 'a cappottino' in polistirene espanso estruso di spessore 2 cm, sia in intercapedine con 4 cm di poliuretano espanso.

La chiusura inferiore è del tipo a contatto diretto sul terreno, priva di vespaio, a struttura in c.a., strato di ripartizione in conglomerato alleggerito con polistirolo,

massetto in calcestruzzo e finitura lignea. Gli orizzontamenti presentano una struttura del tipo Omnia Bausta H = (24+4), strato di ripartizione in conglomerato cementizio alleggerito, massetto e finitura in piastrelle.

Le chiusure trasparenti (aventi superficie complessiva pari a 380 m^2, corrispondenti al 23,5% del totale delle facciate ed al 13,6% della superficie disperdente totale dell'edificio) sono del tipo a singolo serramento, con superfici trasparenti a doppia lastra di vetro float, rivestimento basso emissivo e intercapedine riempita con gas argon. Non sono previsti ombreggiamenti significativi né sulle facciate, né in copertura.

L'impianto di condizionamento invernale ed estivo a servizio dell'edificio, ed in particolare della zona termica sottostante la copertura prevede l'acqua come fluido termovettore ed è ipotizzato del tipo a due tubi, quindi collegato al generatore di calore e ad una pompa di calore funzionante primariamente nel periodo estivo. Il generatore per il servizio di riscaldamento è del tipo tradizionale ad alto rendimento, di potenza al focolare stimata in 250 kW e rendimento a pieno carico non inferiore al 90%. La pompa di calore per il condizionamento estivo è del tipo condensata ad alta efficienza, a compressori scroll per la potenziale parzializzazione della potenza frigorifera erogata, con potenza nominale in raffrescamento pari a 220 kW, potenza elettrica assorbita 85 kW e coefficiente di prestazione energetica EER=2,30 nelle condizioni nominali di riferimento.

La rete di distribuzione è ipotizzata a sviluppo prevalentemente orizzontale, a montanti di distribuzione in partenza dalla centrale termica sita al piano terra, collettori primari di piano e collettori secondari a gruppi di terminali per la ripartizione delle portate di progetto ed il bilanciamento dei circuiti. La rete di distribuzione è dotata di coibentazione conformemente ai valori limiti di legge previsti dal D.P.R. 412/1993 per il servizio di riscaldamento e dalla norma tecnica UNI 12241 per prevenire la formazione di condensa nella stagione estiva.

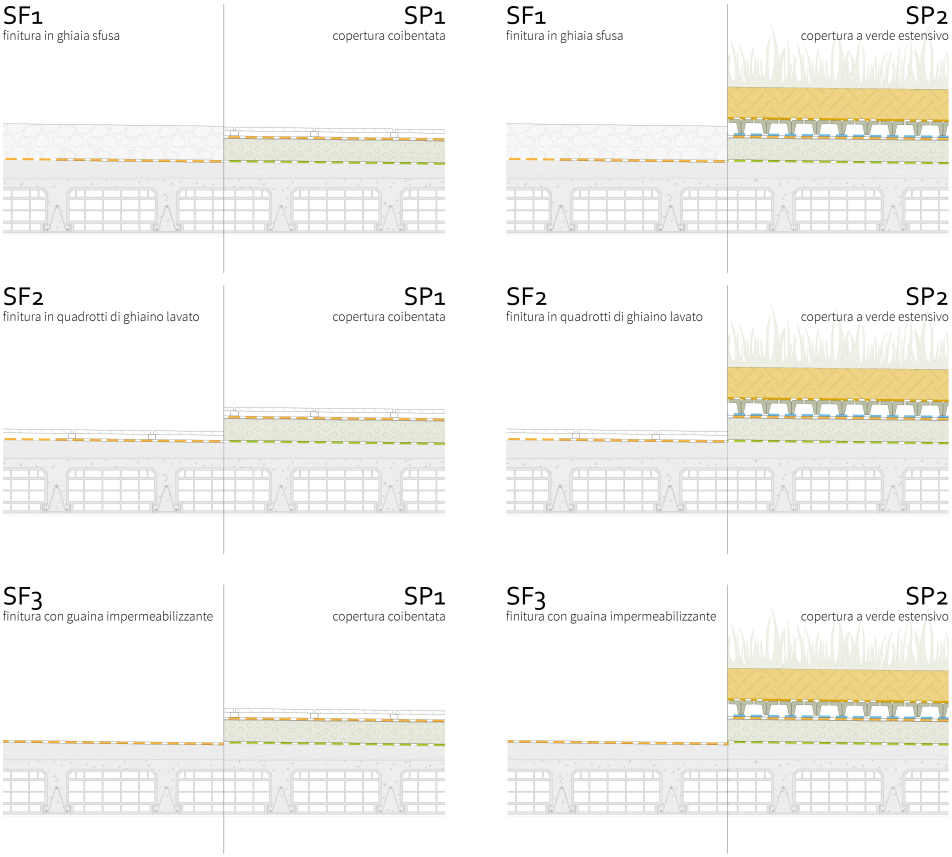
Il sistema di emissione è costituito da fan-coil funzionanti in regime invernale ed estivo. Non è previsto un condizionamento ad aria integrativo per bilanciare i carichi latenti: la potenza estiva latente richiesta dai locali è indirettamente soddisfatta, in ragione di un indice di affollamento degli stessi non particolarmente elevato (0,08 persone/m^2).

La regolazione di zona al circuito primario avviene mediante sonda climatica esterna e valvola miscelatrice servocomandata agente sulla temperatura di mandata ai circuiti; sono inoltre previsti regolatori di zona e termostati elettronici a mobiletto per il controllo dei cicli di accensione e spegnimento degli emettitori.

5.1.2. *Le soluzioni tecnologiche per la copertura*

Le soluzioni tecnologiche della chiusura orizzontale superiore, di tipo piano a giacitura orizzontale, sono state introdotte nel capitolo 4, con la suddivisione in soluzioni di stato di fatto (denominate SF1, SF2 e SF3), caratterizzate da una scadente qualità energetica, e di stato di progetto (denominate SP), caratterizzate da più elevate prestazioni energetiche: la soluzione SP1 è di tipo 'tradizionale' coibentata, la soluzione

SP2 è a tetto verde estensivo, che si attende essere efficace soprattutto nella stagione estiva. Analogamente alla valutazione strutturale, sono complessivamente definiti sei scenari di valutazione.



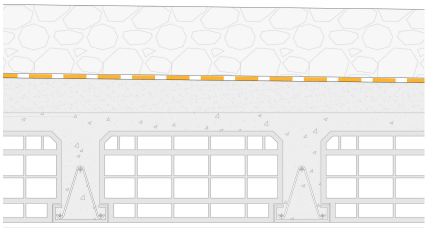
Prospetto 5.1 – Rappresentazione degli scenari di intervento sulla copertura dell'edificio di riferimento.

Le soluzioni tecnologiche attinenti allo stato di fatto offrono scadenti prestazioni energetiche, in quanto non sono efficacemente corrisposti i requisiti di isolamento termico – peculiare della stagione invernale e valutato in regime stazionario – e di inerzia termica nella stagione estiva. Tali soluzioni, infatti, sono caratterizzate da elevate dispersioni termiche per trasmissione e, considerando il parametro di trasmittanza termica periodica Y_{IE} [1], non consentono un'adeguata attenuazione della sollecitazione termica estiva, che comporta elevati carichi da asportare per condizionamento dell'aria ambiente. Inoltre, l'elevata trasmittanza termica non consente di escludere, in alcuna

delle soluzioni prospettate, il rischio di formazione di muffe per condensa superficiale all'intradosso della copertura.

SF1

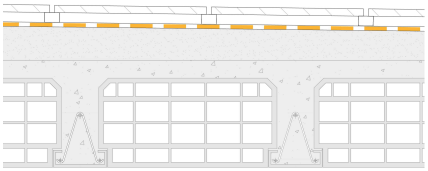
finitura in ghiaia sfusa



Trasmittanza termica	U = 1,403 W/m²K
Trasmittanza termica periodica	Y_{IE} = 0,414 W/m²K
Verifica condensa superficiale	NEGATIVA
Verifica condensa interstiziale	POSITIVA

SF2

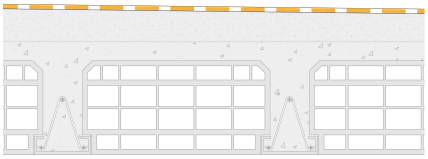
finitura in quadrotti di ghiaino lavato



Trasmittanza termica	U = 1,451 W/m²K
Trasmittanza termica periodica	Y_{IE} = 0,610 W/m²K
Verifica condensa superficiale	NEGATIVA
Verifica condensa interstiziale	POSITIVA

SF3

finitura con guaina impermeabile



Trasmittanza termica	U = 1,589 W/m²K
Trasmittanza termica periodica	Y_{IE} = 0,755 W/m²K
Verifica condensa superficiale	NEGATIVA
Verifica condensa interstiziale	POSITIVA

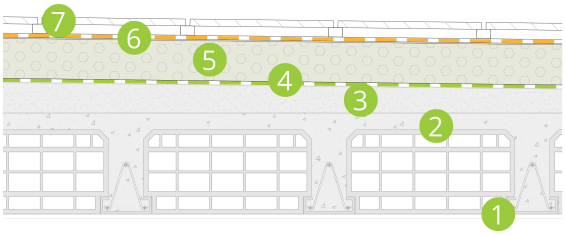
Prospetto 5.2 – Prospetto riassuntivo delle prestazioni energetiche delle soluzioni di progetto.

Si propongono dunque soluzioni tecnologiche per il rifacimento parziale della copertura – con il mantenimento dello strato di supporto strutturale – al fine di incrementarne le prestazioni termiche nell'arco dell'intero anno. Individuata la necessità di intraprendere un intervento di adeguamento tecnologico sulla copertura dello stato di fatto, si fissa l'obiettivo preliminare di garantire i livelli prestazionali prescritti dal D.P.R. 59/2009 per gli interventi di riqualificazione energetica degli elementi d'involucro; avendo però intrapreso un percorso di riqualificazione energetica dell'elemento tecnico di chiusura, si ritiene interessante riferirsi alle prestazioni minime di isolamento termico per accedere alle detrazioni fiscali introdotte dalla L.N. 296/2006, attualmente regolamentate dall'art. 1, comma 47 della L.N. 190/2014. Tali requisiti minimi sono stati inizialmente fissati dal D.M. 19/02/2007 e successivamente resi più restrittivi dal D.M. 26/01/2010.

ZONA CLIMATICA	STRUTTURE OPACHE VERTICALI	STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI O INCLINATE		CHIUSURE APRIBILI O ASSIMILABILI
		COPERTURE	PAVIMENTI	
A	0,54	0,32	0,60	3,7
B	0,41	0,32	0,46	2,4
C	0,34	0,32	0,40	2,1
D	0,29	0,26	0,34	2,0
E	0,27	0,24	0,30	1,8
F	0,26	0,23	0,28	1,6

Tabella 5.1 – Valori di trasmittanza termica, espressi in [W/(m²·K)], applicabili a partire dal 1° gennaio 2010 per elementi opachi e trasparenti d'involucro ai sensi del D.M. 26 gennaio 2010, All. B.

Il valore individuato per l'accesso alle detrazioni fiscali per interventi sulla copertura in un edificio sito a Trieste è dunque pari a 0,24 W/(m^2 K). Le due soluzioni di progetto prospettate consentono entrambe la riqualificazione energetica della copertura ipotizzata nello stato di fatto con accesso al regime di agevolazione.

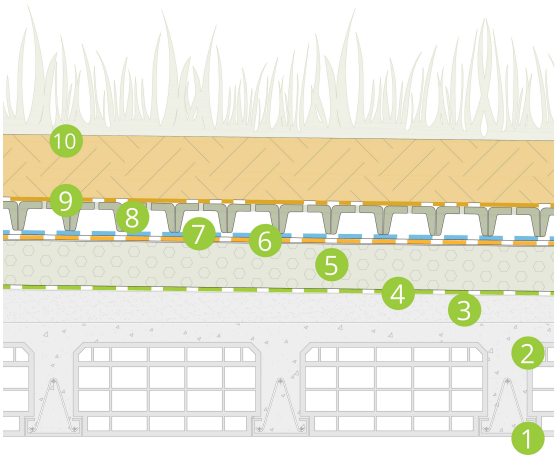


1. Strato di finitura interno
2. Strato portante
3. Strato di pendenza
4. Strato di impermeabilizzazione
5. Strato di isolamento termico
6. Strato di impermeabilizzazione
7. Strato di finitura esterno

Descrizione	Spessore [m]
intonaco	0,020
solaio strutturale	0,250
massetto alleggerito	0,050
guaina di impermeabilizzazione	0,004
isolamento termico	0,140
guaina di impermeabilizzazione	0,004
totale	0,468

Figura 5.2 – Rappresentazione e definizione degli strati funzionali costituenti la soluzione SP1.

La soluzione di progetto SP1, come visto, consiste in una copertura coibentata, non ventilata, in cui l'elemento termoisolante è protetto dagli agenti atmosferici. Per quanto concerne, invece, le tipologie di coperture verdi, si considera una soluzione tecnologica di progetto SP2 a verde estensivo, poiché quella a verde intensivo, come illustrato nel capitolo precedente, risulta difficilmente applicabile ad un edificio esistente.



1	Strato di finitura interno
2	Strato portante
3	Strato di pendenza
4	Strato di impermeabilizzazione
5	Strato di isolamento termico
6	Strato di impermeabilizzazione
7	Strato antiradice
8	Strato di dreanaggio
9	Strato di separazione
10	Strato colturale

Descrizione	Spessore [m]
intonaco	0,020
solaio strutturale	0,250
massetto alleggerito	0,050
guaina di impermeabilizzazione	0,004
isolamento termico	0,100
guaina di impermeabilizzazione	0,004
elemento di stoccaggio e drenaggio	0,005
acqua di accumulo	0,025
geotessile	0,001
strato colturale	0,100
essenze vegetali	/
totale	0,559
intonaco	**0,020**

Figura 5.3 – Rappresentazione e definizione degli strati funzionali costituenti la soluzione SP2.

Con le soluzioni tecnologiche di progetto SP1 (intervento “tradizionale” di riqualificazione energetica) e SP2 (riqualificazione con copertura verde estensiva) è possibile effettuare un confronto di tipo economico che includa le agevolazioni fiscali e permetta di verificare la convenienza economica della soluzione a verde pensile rispetto ad una soluzione più tradizionale.

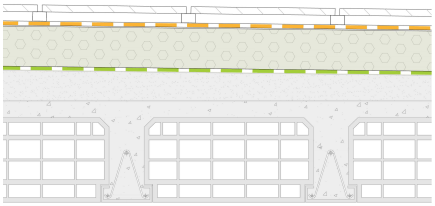
Per quanto concerne la soluzione SP2, la valutazione delle prestazioni energetiche offerte deve tener conto di tre diverse possibili condizioni dello strato colturale in riferimento al suo grado di saturazione dei vuoti:

- terreno saturo (S=80%), condizione individuata con il codice SP2.1;
- terreno umido (S=50%), individuata con SP2.2;
- terreno secco (S=20%), individuata con SP2.3.

In ciascuna delle situazioni prospettate si è considerata la presenza di parziale accumulo idrico nello strato drenante solo in condizione di terreno saturo; nella condizione di terreno umido, invece, si è ipotizzata la presenza di un semplice ‘velo’ d’acqua.

SP1

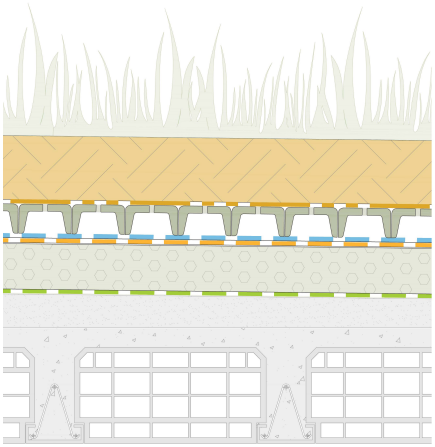
copertura coibentata



Trasmittanza termica	U = 0,231 W/m²K
Trasmittanza termica periodica	Y_{IE} = 0,029 W/m²K
Verifica condensa superficiale	POSITIVA
Verifica condensa interstiziale	POSITIVA

SP2

copertura a verde estensivo



Trasmittanza termica	$U_{S=80\%}$ = 0,264 W/m²K
Trasmittanza termica	$U_{S=20\%}$ = 0,236 W/m²K
Trasmittanza termica periodica	$Y_{IE,S=80\%}$ = 0,012 W/m²K
Trasmittanza termica periodica	$Y_{IE,S=20\%}$ = 0,006 W/m²K
Verifica condensa superficiale	POSITIVA
Verifica condensa interstiziale	POSITIVA

Prospetto 5.3 – Prospetto riassuntivo delle prestazioni energetiche delle soluzioni di progetto.

In tutte le condizioni prospettate, la verifica a condensazione superficiale ed interstiziale ed i valori di trasmittanza termica U e trasmittanza termica periodica Y_{IE} soddisfano i livelli prestazionali minimi imposti dalla normativa vigente. Con specifico riferimento alla soluzione SP2, al relativo calcolo delle prestazioni energetiche ed alla valutazione economica dei costi di gestione, la valutazione nell'arco dell'intero anno delle prestazioni energetiche è stata effettuata tenendo conto di tre diversi gradi di saturazione dello strato colturale relazionando le condizioni di saturazione alle condizioni meteorologiche nelle diverse stagioni.

Dall'analisi effettuata si evince come il contributo offerto dalla copertura verde (soluzione SP2) sia principalmente riferibile alle prestazioni in regime dinamico caratterizzanti la stagione estiva. La massa di terreno incrementa notevolmente l'inerzia termica della copertura (elemento tecnico sensibile al carico termico estivo di origine solare a causa del rapporto tra la sua giacitura e l'altezza solare media nei mesi più caldi) e garantisce uno sfasamento dell'onda termica classificabile come ottimo ai sensi della normativa vigente[2] indipendentemente dalla condizione di saturazione dello strato colturale.

5.2. Definizione dei parametri dell'analisi economica

Ci si propone ora di valutare economicamente l'intervento di installazione di un tetto verde in sostituzione della copertura di un edificio esistente a destinazione d'uso produttiva, quale alternativa all'efficientamento energetico secondo una soluzione tecnologica energeticamente efficiente di tipo 'tradizionale'. Lo scopo finale dell'analisi economica è individuare forme incentivanti per incrementare la diffusione delle coperture verdi.

Si intende determinare l'entità dei costi correlati alla dismissione della copertura esistente ed alla sua sostituzione con una energeticamente efficiente fino alla sua avvenuta obsolescenza: al termine di questo periodo, stimato in circa 40 anni, si procederà alla sostituzione con analogo elemento tecnico.

L'analisi economica è condotta sulla base delle soluzioni tecnologiche già introdotte in precedenza, considerando un edificio il cui stato di fatto sia rappresentato dalle tre soluzioni tecnologiche SF1, SF2 e SF3, con le relative spese di gestione tecnica (oneri manutentivi della copertura) e di gestione energetica della zona termica sottostante la copertura stessa (quantitativi di combustibili necessari a mantenere una temperatura di comfort all'interno della zona termica nel corso dell'intero anno).

Si valuta successivamente l'intervento di ristrutturazione di tale elemento, ricorrendo alle due soluzioni tecnologiche di progetto indicate con SP1 e SP2 e considerando, in particolare, i costi di rimozione di alcuni strati funzionali della copertura esistente, l'intervento di coibentazione e impermeabilizzazione della copertura esistente (SP1) o, in alternativa, l'installazione di una copertura verde (SP2) comprensiva di idonei strati funzionali. Per ciascuno scenario sarà valutato il momento economicamente ottimale per la sostituzione della copertura.

Gli scenari ipotizzati sono dunque sei, individuati da due cifre, la prima delle quali identifica la soluzione tecnologica dello stato di fatto (1, 2, 3) e la seconda quella dello stato di progetto (1, 2). Così, lo scenario $S_{3\text{-}2}$ identificherà la sostituzione della guaina di impermeabilizzazione in copertura con un elemento tecnico a inverdimento estensivo.

5.2.1. *Definizione dell'orizzonte temporale dell'analisi economica*

I momenti progressivi della timeline di analisi sono esplicitabili come segue:

- momento 0 decisionale, in cui si valutano le opportunità di intervento sulla copertura ed in cui si effettua l'analisi economica;
- momento M, al quale si effettua l'intervento di sostituzione degli strati funzionali della copertura esistente e di installazione della nuova copertura;
- momento *i* generico impiegato per definire i diversi costi;
- momento D, termine del periodo di agevolazione fiscale nazionale – in funzione della collocazione temporale del momento M – eventualmente associata all'installazione di una copertura ad elevate prestazioni (copertura verde o copertura tradizionale energeticamente più efficiente);
- momento F, tempo finale in cui si provvede alla sostituzione della nuova copertura ad elevate prestazioni per sua raggiunta obsolescenza.

Al tempo M si collocano di costi $C_{RIM,P}$ relativi alle azioni di rimozione e smontaggio dei componenti della copertura esistente ed i costi $C_{INST,P}$ relativi all'installazione della nuova copertura ad elevate prestazioni.

Nei diversi anni si collocano i costi di manutenzione della copertura $C_{op,i}$ ed i costi di gestione energetica legati alla copertura $C_{gen,i}$, ossia i costi del combustibile primario necessario a mantenere la temperatura indoor prefissata nei vani afferenti alla copertura sia nella stagione invernale (20 °C) che in quella estiva (26 °C). Entrambi i termini $C_{op,i}$ e $C_{gen,i}$ devono essere definiti per lo stato di fatto e per lo stato di progetto.

Il costo $C_{REF,P}$ si colloca al tempo F e considera i costi di sostituzione della copertura nuova per raggiunta obsolescenza funzionale.

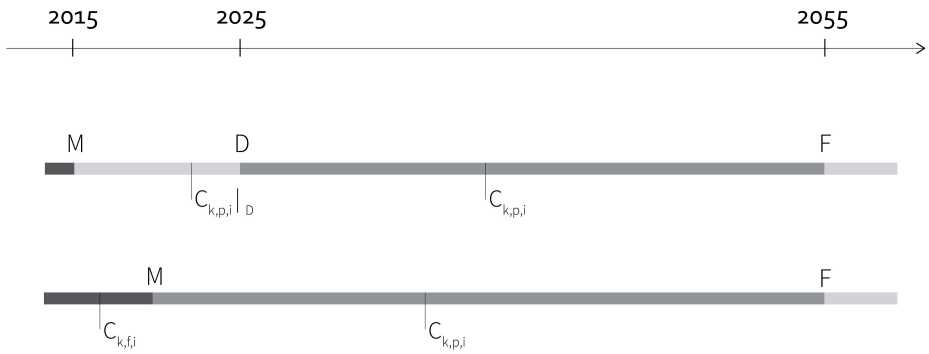


Figura 5.4 – Schema riassuntivo dell'orizzonte temporale dell'analisi, in cui sono indicate la timeline per interventi in regime di detrazioni fiscali (sopra) e in assenza di agevolazioni (sotto). I costi annuali, indicati genericamente con C_k, sono assunti costanti in ciascuna annualità i; con i pedici f e p si identificano, rispettivamente, lo stato di fatto e lo stato di progetto.

5.2.2. *Determinazione del saggio di sconto*

Il saggio di sconto si assume pari al costo medio ponderato del capitale WACC (dalla letteratura anglosassone, *weighted average cost of capital*), pari alla media ponderata tra il costo del capitale proprio ed il costo del capitale di debito.

Il WACC è il valore minimo del tasso che un'azienda deve assumere come rendimento dei propri investimenti per la remunerazione degli attori che concorrono alla formazione del capitale; alle diverse fonti di capitale corrispondono diversi ritorni attesi, a seconda del peso di ciascuna fonte nella struttura del capitale. Il WACC applicato ad un'azienda consiste nel ritorno complessivo atteso, ed è quindi utilizzabile per determinare la fattibilità economica degli interventi; inoltre, è utilizzabile come tasso di attualizzazione per i flussi di cassa aventi un rischio simile a quello a cui è soggetta l'azienda nel suo complesso.

Il costo medio ponderato del capitale è definito secondo la formula seguente:

$$WACC = \frac{C_E}{C_E + C_D} \cdot K_E + \frac{C_D}{C_E + C_D} \cdot K_D \cdot (1 - t)$$

in cui con K_E e K_D sono indicati i tassi di rendimento attesi del capitale proprio e del capitale di debito, rispettivamente, e t è l'aliquota fiscale applicata al reddito d'azienda. Il termine C_D rappresenta il capitale a debito, C_E il valore di mercato del capitale proprio; la somma di questi termini rappresenta il capitale complessivo investito nell'azienda.

Il costo del capitale proprio, pari al suo rendimento atteso, si determina con la formula seguente, secondo il modello CAPM (dalla letteratura anglosassone *Capital Asset Pricing Model*) che stima il premio per il rischio di un investimento in capitale confrontandone il rendimento atteso con quello dell'intero mercato azionario:

$$K_E = K_{RF} + \beta \cdot (K_M - K_{RF})$$

in cui K_{RF} è il rendimento dei titoli a rischionullo (risk free), β è il coefficiente di rischio sistemico, K_M il rendimento medio sul mercato. La differenza (K_M - K_{RF}) è detta, per l'appunto, *Market Risk Premium* (MRP), ossia l'incremento atteso rispetto ad attività prive di rischio.

Il rendimento risk free K_{RF} relativo alle attività prive di rischio si assume pari al rendimento medio annuo composto dei Buoni Poliennali del Tesoro rilevati dalla Banca d'Italia[3], valutato sul periodo 1984-2014. Si assume dunque che K_{RF} = 7,6 %.

La determinazione del MRP avviene sulla base dei rendimenti storici del mercato azionario, rapportato ai Titoli di Stato, considerati privi di rischio. Il rendimento di mercato medio annuo composto dei titoli azionari, valutato sul periodo 1984-2014 (oppure a partire dalla data di prima quotazione di un titolo alla Borsa Italiana, se successiva al 02701/1984), è pari a K_M = 16,1 % [4].

Il Market Risk Premium è quindi pari a:

$$MRP = (K_M - K_{RF}) = 8{,}5\%$$

Il coefficiente β definisce il rischio sistematico secondo il principio per cui il premio di rischio di un'attività è proporzionale al premio di rischio di mercato, misurando la reattività del rendimento dell'attività nei confronti del mercato stesso. Al crescere di β cresce il rendimento atteso dell'attività, in quanto presenta un maggior grado di rischio non diversificabile, implicito in un investimento nell'attività finanziaria in oggetto. La determinazione di β è cruciale per l'individuazione di un saggio di sconto corretto per la determinazione del valore attuale netto (VAN) di un'attività.

La determinazione del coefficiente β, e quindi la definizione di una misura significativa di rischio, dipende:

- dall'avvenuta quotazione della società in borsa; la determinazione di β è di maggiore complessità per le società non quotate, per le quali non è ricavabile un β derivante dal mercato azionario;
- dalla dimensione della società; il coefficiente β sarà più alto per piccole e medie società;
- dal livello concorrenziale del settore di riferimento nel mercato, da cui la distinzione in aziende leader e follower, con queste ultime caratterizzate da un β maggiorato di 0,1÷0,2 punti rispetto alle prime;
- dal livello di indebitamento, a cui il coefficiente β risulta direttamente legato.

Considerando un livello di leva finanziaria medio per settore, si assume un valore del coefficiente β stimato pari a 1,30 per aziende follower operanti nel settore dei media[5].

Volendo operare con un valore del coefficiente β più basso, esso è stato ricavato da database relativi al mercato azionario europeo relativi al settore Computer Services, valore pari a 0,83 [[6]].

Si ipotizzano dunque due valori del tasso di rendimento atteso del capitale proprio, derivanti dall'assunzione di β_1 = 0,83 (rischio dell'azienda inferiore al rischio medio del mercato azionario) e di β_2 = 1,3 (rischio superiore):

$$K_{E,1} = K_{RF} + \beta_1 \cdot (K_M - K_{RF}) = 7{,}6 + 0{,}83 \cdot (8{,}5) = 14{,}65\ \%$$

$$K_{E,2} = K_{RF} + \beta_2 \cdot (K_M - K_{RF}) = 7{,}6 + 1{,}30 \cdot (8{,}5) = 18{,}65\ \%$$

Con riferimento al tasso di rendimento del capitale a debito K_D, si assume il tasso d'interesse praticato alle imprese appartenenti al settore di mercato già individuato.

Il valore del tasso è stato desunto con le seguenti assunzioni[7]:

- tasso attivo sui finanziamenti per cassa al settore produttivo;
- tipologia di operazione a scadenza;
- durata originaria del tasso pari a 5 anni o superiore;
- localizzazione in Italia Nord-Orientale;
- classe di grandezza del finanziamento inferiore a 250.000 €, stimata in base all'onerosità degli scenari di intervento prospettati.

Su queste basi, si ricava un tasso d'interesse praticato all'impresa pari al 5,19%.

Considerando, invece, l'attività economica dell'azienda, senza considerare la localizzazione geografica, ad una durata superiore a 5 anni corrisponde, per le operazioni

in scadenza, un tasso per le attività di commercio ancora pari al 5,19%. Tale valore viene dunque assunto quale tasso d'interesse applicato ai finanziamenti.

L'aliquota fiscale t è assunta pari all'attuale aliquota dell'Imposta sul reddito delle società (IRES), attualmente pari al 27,50% [8].

Si riporta in seguito l'andamento del WACC in base ai parametri già determinati e tenendo conto della variazione del coefficiente β, variando il rapporto tra capitale proprio della società e capitale totale da 0 a 1.

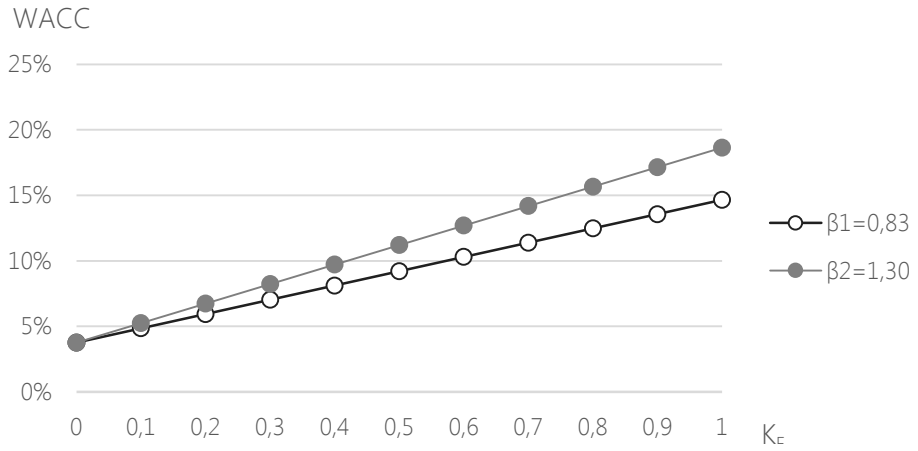


Figura 5.5 – Valori assunti dal Weighted Average Capital Cost al variare del rapporto tra il capitale proprio ed il costo totale dell'investimento.

Per la determinazione del WACC si assume che il capitale proprio eguagli il capitale a debito, ossia che l'intervento sia finanziato per il 50% con il capitale dell'azienda e per il rimanente 50% con capitale a debito:

$$C_E = C_D \rightarrow \frac{C_E}{C_E + C_D} = \frac{C_D}{C_E + C_D} = 0{,}5$$

da cui si desumono per le successive analisi i valori:

$$WACC_{\beta 1} = 8{,}21\ \%$$

$$WACC_{\beta 2} = 10{,}21\ \%$$

Poiché l'analisi economica verrà svolta a prezzo costante, si compensa l'effetto dell'inflazione riducendo i saggi di una quota che ne tenga conto: vista l'attuale situazione economica, si assume un tasso di inflazione pari all' 1% medio annuo. I valori sopra indicati riportano il costo medio ponderato del capitale già ridotto della percentuale di inflazione. L'analisi economica proposta in seguito considererà entrambi i valori del costo medio del capitale pesato in funzione del profilo di rischio dell'azienda.

5.2.3. *Valutazione dei costi*

5.2.3.1. Costo di rimozione delle soluzioni dello stato di fatto

I costi di rimozione degli strati funzionali di finitura delle soluzioni tecnologiche definite per lo stato di fatto sono stati determinati in base al prezziario della Regione Friuli Venezia Giulia per l'anno 2013:

- il costo per la rimozione di guaina di impermeabilizzazione, pari a 12,55 €/m^2, riferibile a tutte le tre soluzioni;
- il costo per la rimozione di strato di ghiaia in quota, pari a 15,50 €/m^2, pertinente alla soluzione SF1;
- il costo per la rimozione di quadrotti in ghiaino lavato, 18,13 €/m^2, riferibili alla soluzione SF2.

SOLUZIONE DI STATO DI FATTO	*COSTO UNITARIO DI RIMOZIONE [€/m²]*	***COSTO DI RIMOZIONE $C_{RIM,\,F}$ [€]***
SF1	28,05	**21.888,26**
SF2	30,68	**23.940,52**
SF3	12,55	**9.793,14**

Tabella 5.2 – Costi di rimozione degli strati funzionali di finitura per ciascuna soluzione tecnologica di stato di fatto.

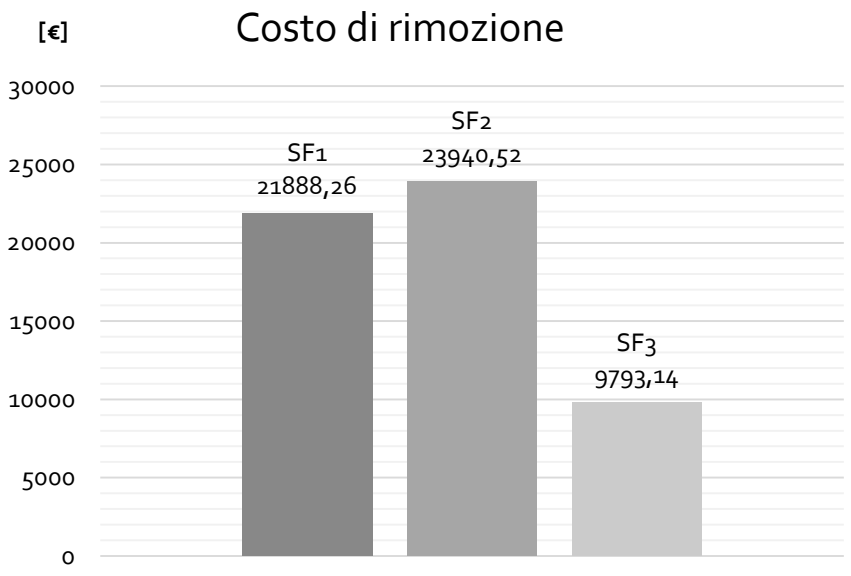


Figura 5.6 – Costi di rimozione degli strati funzionali di finitura per le soluzioni di stato di fatto.

5.2.3.2. Costo di installazione delle soluzioni dello stato di progetto

La determinazione del costo di installazione della copertura 'tradizionale' isolata è stata effettuata in base al prezzario della Regione Friuli Venezia Giulia per l'anno 2013. Si sono assunti i seguenti costi:

- fornitura e posa in opera di una prima guaina di impermeabilizzazione a protezione dello strato strutturale, pari a 14,08 €/m^2;
- fornitura e posa in opera di isolamento termico in polistirene in due stati di spessore 8 cm e 6 cm, pari complessivamente a 56,83 €/m^2;
- fornitura e posa in opera della guaina di impermeabilizzazione di finitura per coperture a vista, esposta agli agenti atmosferici, a protezione dello strato coibente, pari a 31,86 €/m^2.

Il costo di installazione della soluzione di copertura verde è stato invece determinato in base ad una valutazione di mercato che ha considerato i prezzi di alcune aziende operanti nel settore della realizzazione, della manutenzione e della consulenza progettuale delle coperture verdi.

Si sono considerati i seguenti costi relativi alla fornitura e posa in opera degli strati funzionali primari e secondari di una copertura verde di tipo estensivo a sedum, partendo dallo strato di supporto strutturale:

1. strato di barriera al vapore in polietilene a bassa densità, realizzato su strato di compensazione in geotessile, di costo unitario pari a 4,20 €/m^2;
2. strato di isolamento termico in polistirene espanso sinterizzato di spessore pari a 10 cm, con protezione superiore in feltro tessuto non tessuto, per un costo unitario di 10,40 €/m^2;
3. membrana di impermeabilizzazione con funzione antiradice in PVC rinforzata con fibra di vetro, avente costo unitario di 32,00 €/m^2;
4. elemento di accumulo e protezione meccanica in feltro;
5. elemento di drenaggio ed aerazione munito di telo filtrante, per un volume di accumulo pari a circa 30 l/m^2;
6. strato colturale per installazioni di tipo estensivo, il cui costo unitario, comprendente anche i punti 4 e 5, è valutato in 50,20 €/m^2;
7. vegetazione a sedum, costo unitario pari a 7,00 €/m^2.

A questi strati funzionali si aggiungono elementi tecnici accessori per garantire il sostentamento delle specie vegetali ed un'efficace impermeabilizzazione dell'elemento tecnico di copertura:

8. raccordi a parete dello strato di impermeabilizzazione con contestuale fissaggio, di costo unitario pari a 40,30 €/ml;
9. raccordi perimetrali per il drenaggio dell'acqua meteorica, di costo pari a 75,50 €/ml;
10. elementi profilari per il contenimento e la protezione meccanica dello strato di impermeabilizzazione, costo 52,00 €/ml;
11. pozzetti di controllo per gli scarichi in copertura, da installarsi ogni 100 m^2 di copertura, di costo pari a 190 € cadauno;

12. impianto di irrigazione a collettori e tubazioni di alimentazione ai diversi erogatori di settore, dotato di impianto di scarico – operativo nella stagione invernale – a disattivazione elettronica in periodi di elevata piovosità, per un costo pari a 12,00 €/m^2.

Si riassumono nella Tabella 5.3 i costi unitari e totali considerati nell'analisi.

SOLUZIONE DI STATO DI PROGETTO	*COSTO UNITARIO DI INSTALLAZIONE [€/m²]*	***COSTO DI INSTALLAZIONE*** $C_{INST,\,P}$ ***[€]***
SP1	102,77	**80.194,51**
SP2	141,83	**110.675,81**

Tabella 5.3 – Costi di installazione degli elementi tecnici di copertura riferiti alle soluzioni di progetto SP1 e SP2.

La differenza di costo per l'installazione delle due diverse soluzioni è dunque di poco superiore ai 30.000 €, con l'attesa maggiore onerosità della copertura verde.

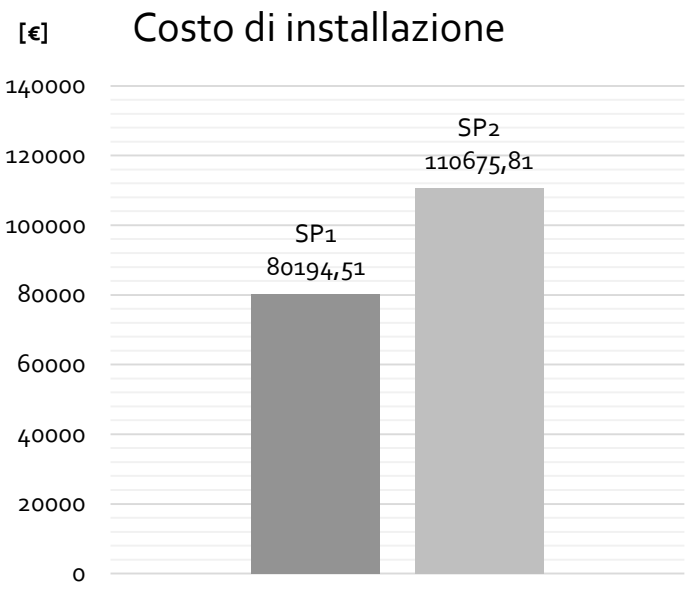


Figura 5.7 – Costi di installazione degli elementi tecnici di copertura riferiti alle soluzioni di progetto SP1 e SP2.

5.2.3.3. Costi relativi ai consumi energetici C_{EN}

I costi annui inerenti ai consumi energetici sono stati valutati secondo un modello di calcolo stazionario, considerando i servizi di riscaldamento e raffrescamento sui quali incide la riqualificazione energetica della copertura: in particolare, gli effetti della soluzione di progetto concernente la copertura verde si manifestano nella stagione estiva.

I consumi energetici sono stati valutati per la zona dell'edificio di riferimento posta al di sotto della copertura, variando esclusivamente la stratigrafia di tale elemento tecnico. In ciascuno degli scenari di riferimento, inoltre, sono ipotizzate le medesime caratteristiche dell'impianto di condizionamento dell'aria, come descritto nel paragrafo introduttivo al caso studio.

Le prestazioni della copertura verde in termini di isolamento termico ed inerzia termica, nello scenario SP2, tengono conto delle proprietà termofisiche dello strato vegetativo e dello strato colturale in funzione della stagione e, in particolare, del grado di saturazione dello strato di terreno; la piovosità nei diversi mesi ha influito, inoltre, sul riempimento dello strato con funzione drenante e di accumulo idrico, ed è stata considerata nei limiti operativi di una valutazione con calcolo stazionario.

Considerando le serie storiche delle precipitazione rilevate a Trieste[9] nel periodo 1994-2014, si è rilevato come i giorni con precipitazioni superiori a 5 mm si concentrino negli ultimi quattro mesi dell'anno, con valori minimi a febbraio ed all'inizio dell'estate. Inoltre, i valori relativi alle piogge cumulate evidenziano come, negli ultimi vent'anni, i mesi di settembre e novembre risultino caratterizzati dalle precipitazioni più intense e prolungate. Sulla base di questi dati, si è ipotizzato che la copertura verde individuata con SP2 presenti le prestazioni diversificate in funzione dell'acqua meteorica caduta con le seguenti scansioni temporali.

SOLUZIONE DI PROGETTO SP2	*MESI DI APPLICAZIONE*
SP2.1 – Grado di saturazione 20%	feb, giu, lug
SP2.2 – Grado di saturazione 50%	gen, mar, apr, mag, ago
SP2.3 – Grado di saturazione 80%	set, ott, nov, dic

Tabella 5.4 – Mesi di applicazione delle varianti della soluzione SP2 in funzione del grado di saturazione dello strato colturale ai fini della modellazione dell'edificio in regime stazionario.

Per quanto concerne i consumi invernali, sono stati considerate le quote di gas e di energia elettrica consumate nella zona termica in oggetto al variare dello scenario e secondo una ripartizione basata sull'energia utile richiesta; per la copertura verde, si sono considerate le prestazioni energetiche delle tre diverse varianti per i mesi in cui se ne è ipotizzata l'applicazione. L'energia elettrica consumata è riportata nella Tabella 5.5, relativa ai consumi energetici della stagione estiva.

Per la stagione estiva sono considerate le quote di energia elettrica necessarie al funzionamento dell'impianto di condizionamento alimentato dalla pompa di calore. La ripartizione dei consumi avviene in base alle quote millesimali relative al fabbisogno energetico d'involucro; in analogia a quanto svolto per la stagione invernale, per la copertura verde sono considerate le prestazioni delle tre diverse varianti.

Nella Tabella 5.6 sono riportati anche i consumi di energia elettrica relativi alla stagione invernale, necessari all'azionamento dei dispositivi ausiliari dell'impianto termico.

SOLUZIONE TECNOLOGICA	*MILLESIMI*	*CONSUMO TOTALE GAS [m³]*	*CONSUMO GAS ZONA [m³]*
SF1	590	13664	8065
SF2	616	14507	8941
SF3	611	14320	8749
SP1	370	9297	3444
SP2	382	9466	3612

Tabella 5.5 – Consumi di gas metano per il servizio di riscaldamento nell'edificio oggetto di studio e nella zona termica sottostante la copertura. Le quote millesimali sono riferite all'energia termica utile delle tre zone termiche dell'edificio.

SOLUZIONE TECNOLOGICA	*MILLESIMI*	*CONSUMO TOTALE ENERGIA ELETTRICA [kWh]*	*CONSUMO DI ZONA ENERGIA ELETTRICA [kWh]*	*CONSUMO INVERNALE AUSILIARI [kWh]*
SF1	270	37044	10002	1923
SF2	232	35940	8338	2134
SF3	278	37283	10365	2087
SP1	370	35782	8123	813
SP2	213	32898	7007	855

Tabella 5.6 – Consumi di energia elettrica per il servizio di raffrescamento e di riscaldamento (funzionamento degli ausiliari elettrici) nell'edificio oggetto di studio e nella zona termica sottostante la copertura. Le quote millesimali sono riferite al fabbisogno energetico estivo d'involucro.

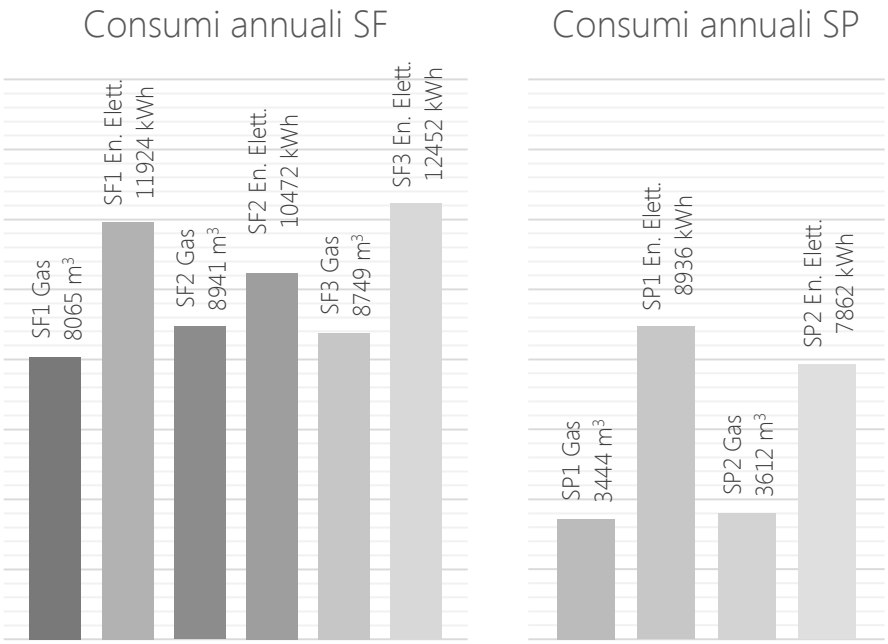


Figura 5.8 – Riassunto dei consumi energetici della zona termica in funzione della soluzione tecnologica di copertura.

Determinati i consumi energetici della zona termica sottostante l'elemento tecnico di copertura, si individuano i costi dei combustibili, determinati in base alle diverse soglie di costo riferite ai consumi stessi; i costi delle forniture si riferiscono all'area di Trieste per utenze non domestiche, con erogazione di energia elettrica in bassa tensione.

COMBUSTIBILE	*UNITÀ DI MISURA U.D.M.*	*COSTO COMBUSTIBILE [€ / U.D.M.]*	
GAS METANO	m^3	C < 120 m^3	0,381360
		120 m^3 < C < 360 m^3	0,480381
		360 m^3 < C < 1080 m^3	0,459277
		1080 m^3 < C < 3440 m^3	0,455114
		C < 3440 m^3	0,435542
ENERGIA ELETTRICA	kWh	0,193882	

Tabella 5.7 – Costi dei combustibili impiegati nell'analisi; il costo del gas metano dipende dalle soglie di consumo.

Si perviene quindi alla determinazione dei costi di gestione energetica della zona termica sottostante la copertura verde, differenziati per gli stati di fatto e di progetto.

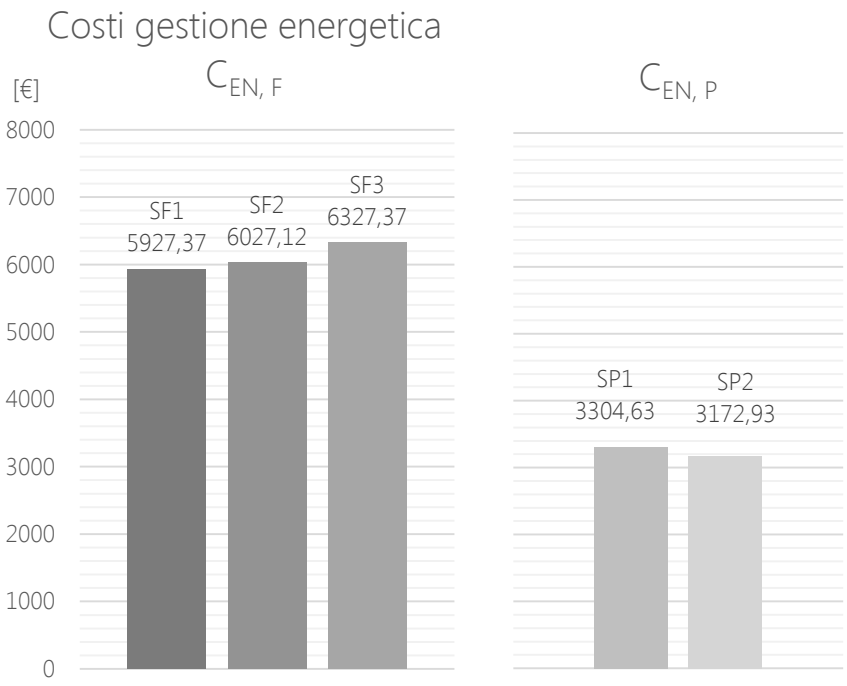


Figura 5.9 – Costi di gestione energetica della zona termica afferente all'elemento tecnico di copertura al variare della soluzione tecnologica della copertura stessa.

La gestione energetica della zona termica sottostante la copertura risulta così praticamente dimezzata (si ricorda che sono stati mantenute le caratteristiche energetiche degli altri elementi d'involucro, la configurazione dell'impianto di condizionamento e le specifiche di utilizzo da parte degli utenti). La copertura verde risulta più efficiente nella misura del 4%, in virtù di una migliore prestazione energetica nella stagione estiva. Va evidenziato, comunque, che al fine di garantire l'accesso al regime delle detrazioni fiscali vigente a livello nazionale per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, è stato necessario prevedere nella copertura verde un congruo strato di isolamento termico.

5.2.3.4. Costi di manutenzione

I costi di manutenzione delle soluzioni tecnologiche di copertura dello stato di fatto e della soluzione tecnologica di progetto SP1 sono stati determinati in base ai costi della manodopera per operaio specializzato previsti dal prezziario 2013 della Regione Friuli Venezia Giulia, pari a 32,10 €/ora. Si ipotizza, in particolare, che:

- la soluzione SF1 richieda l'opera di due tecnici specializzati per 10 ore annuali ciascuno, per complessive 20 ore all'anno;
- la soluzione SF2 richieda l'opera di tecnici specializzati per complessive 35 ore annuali;
- la soluzione SF3, per 16 ore annuali;
- la soluzione di progetto SP1 richieda complessivamente 24 ore annuali.

I costi di manutenzione della soluzione con inverdimento estensivo SP2 sono stati determinati utilizzando la classificazione UNI 11235 relativa agli interventi in fase operativa, utilizzando un rapporto tra il costo totale annuo della manutenzione ordinaria ed il costo di costruzione della copertura verde pari all' 1,2 %.

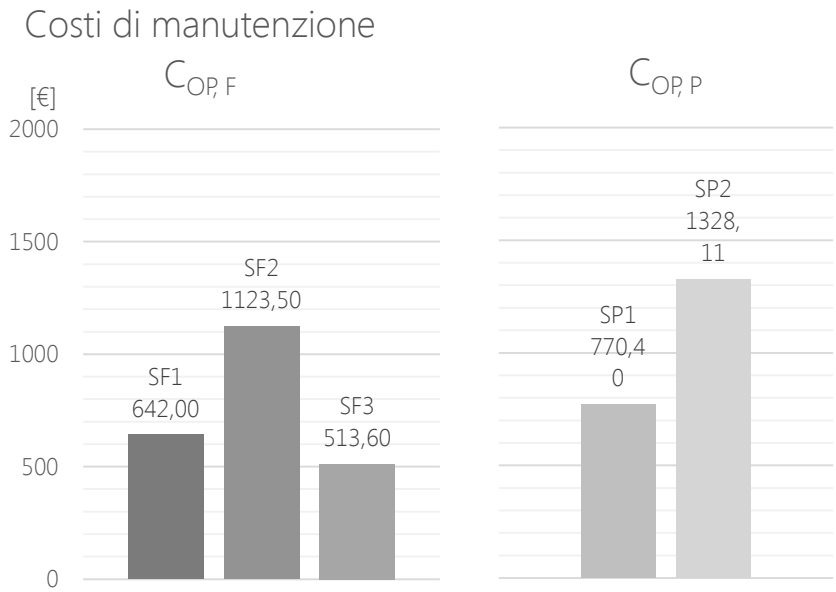


Figura 5.10 – Costi di manutenzione ordinaria delle diverse soluzioni tecnologiche di copertura.

5.2.3.5. Detrazioni fiscali previste a livello nazionale

L'ammontare delle detrazioni fiscali inerenti gli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente[10] sono state determinate sulla base degli importi complessivi dei lavori di sostituzione della copertura verde, sommando il costo delle rimozioni ed il costo delle nuove installazioni. L'importo delle detrazioni fiscali, calcolato in ragione del 65% della spesa complessivamente sostenuta, è stato ripartito in 10 rate annuali di pari importo come previsto dalla normativa vigente.

È importante evidenziare come tale incentivo, di segno discorde rispetto agli altri in quanto comporta una riduzione del costo complessivo da valutare, è considerato effettivo solo nel caso in cui l'intervento di sostituzione della copertura avvenga nell'anno 2015. Poiché la recente Legge di Stabilità ha prorogato fino al 31 dicembre 2015 questa

forma incentivante, si assume che gli interventi effettuati in seguito a questa data non godano di tale beneficio fiscale. Le analisi del costo totale della copertura si riferiranno dunque a due situazioni con riferimento a questo contributo:

- intervento di sostituzione nell'anno 2015, accesso alle detrazioni fiscali per le soluzioni tecnologiche dello stato di progetto;
- intervento di sostituzione nell'anno 2016, senza alcuna detrazione fiscale riconosciuta.

IMPORTO ANNUALE ONERI DEDUCIBILI $C_{INST,\,P}$ [€]

SOLUZIONE DI STATO DI PROGETTO	*SOLUZIONE DI STATO DI FATTO*		
	SF1	SF2	SF3
SP1	**-1.824,73**	**-1.861,41**	**-1.608,53**
SP2	**-2.369,58**	**-2.406,27**	**-2.153,38**

Tabella 5.8 – Quota annuale dell'importo degli oneri deducibili per l'anno 2015 relativa agli interventi di rimozione delle soluzioni dello stato di fatto SF e nuova installazione della copertura per le soluzioni di progetto SP1 e SP2.

5.2.4. *Costo globale attualizzato negli scenari prospettati*

Nelle pagine successive sono illustrati, anche attraverso opportuni ingrandimenti, gli andamenti del costo globale attualizzato per ciascuno degli scenari prospettati, secondo una scala logaritmica, al variare di:

- costo medio ponderato del capitale WACC, variabile in funzione di β e ridotto di un punto percentuale per tener conto dell'inflazione;
- periodo in cui si colloca l'intervento sulla copertura, variabile che permette di considerare l'incidenza della deducibilità degli oneri per la riqualificazione energetica previste a livello nazionale (considerate per la sostituzione della copertura nel 2015 ed escluse per la sostituzione nel 2016).

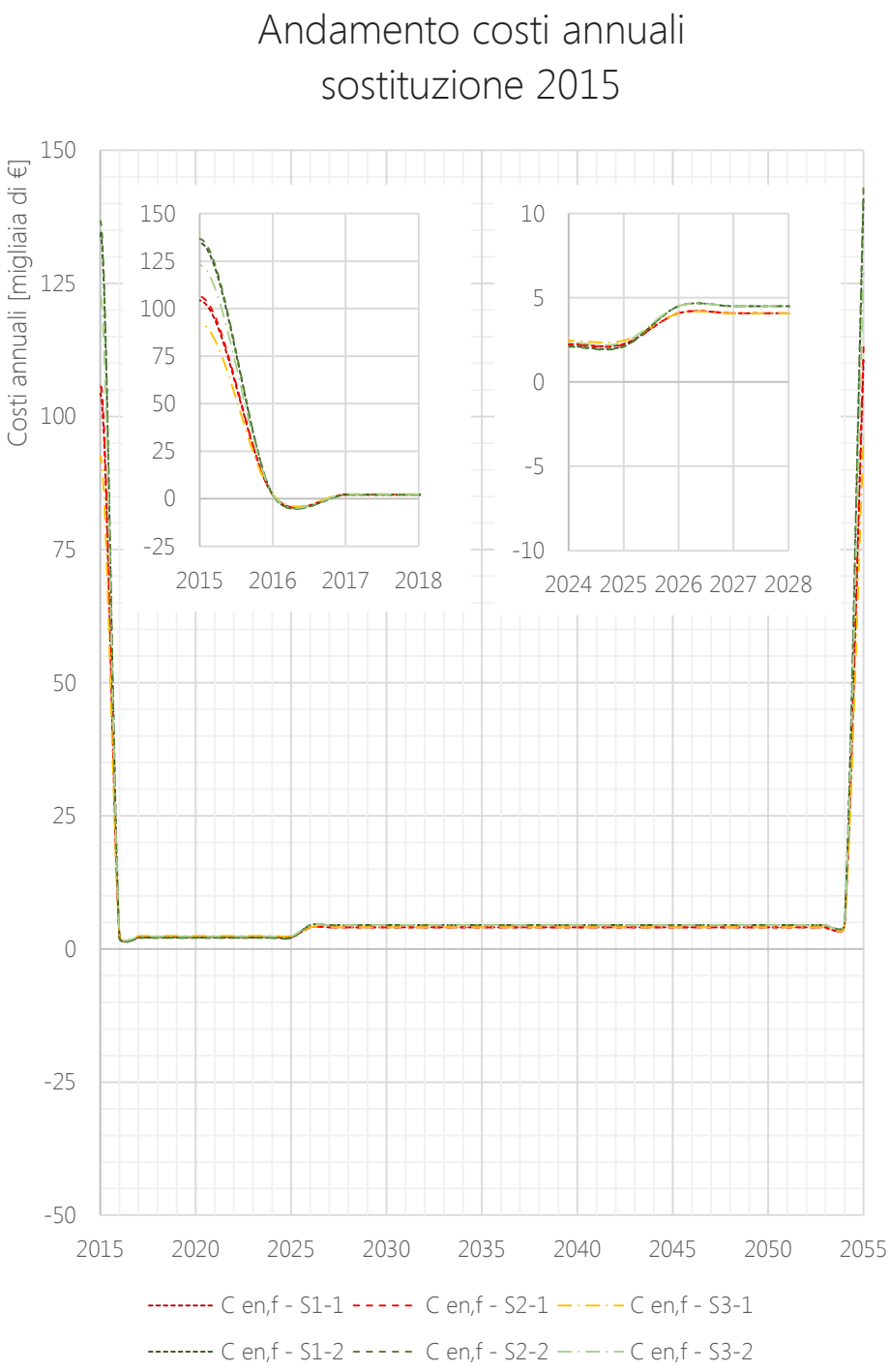


Figura 5.11 – Andamento dei costi annuali nel periodo 2015-2055 per ciascuno scenario, con le ipotesi: WACC=9,21% ridotto di un punto percentuale per inflazione, sostituzione della copertura nel 2015 e conseguente accesso alle agevolazioni fiscali nazionali.

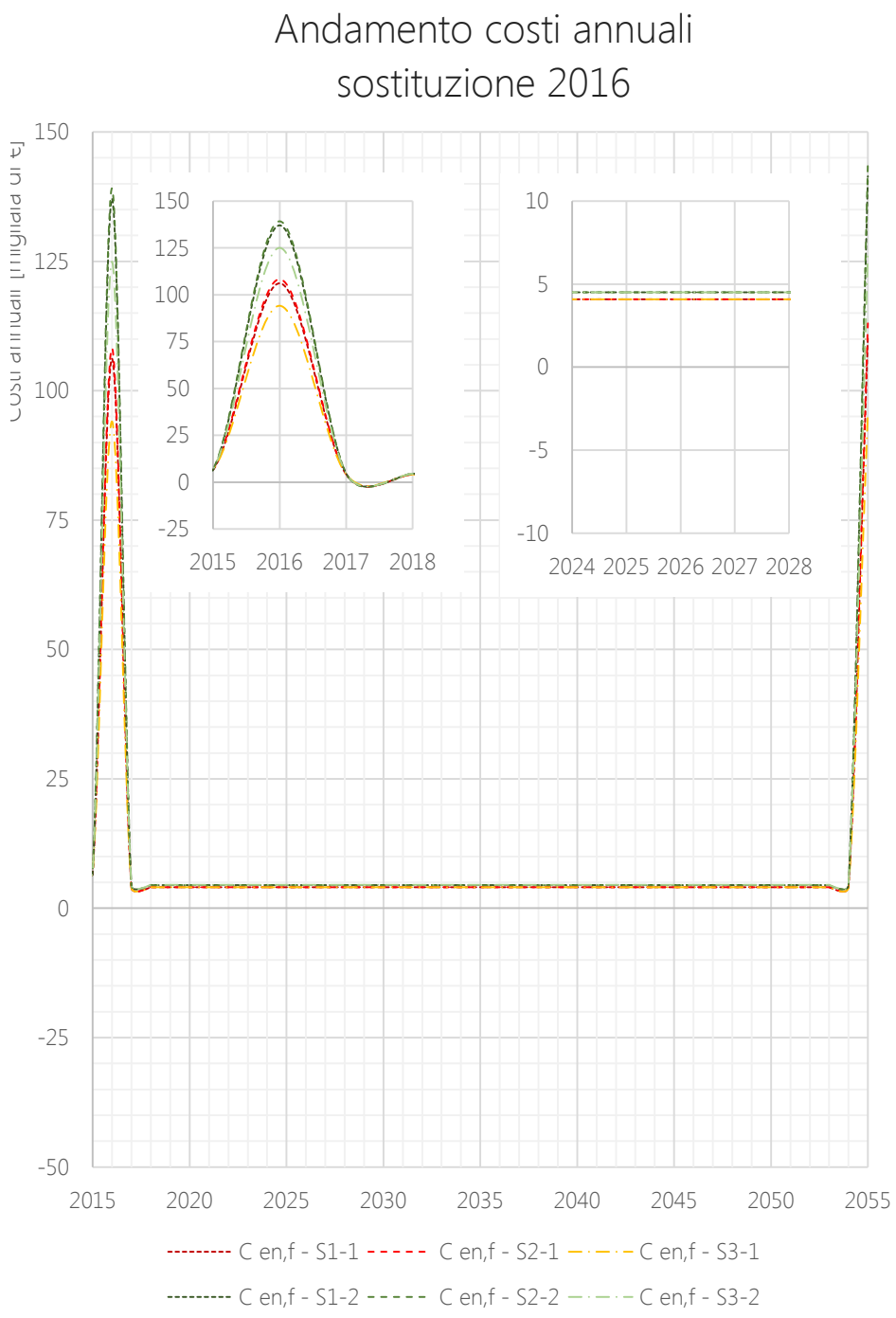


Figura 5.12 – Andamento dei costi annuali nel periodo 2015-2055 per ciascuno scenario, con le ipotesi: WACC=9,21% ridotto di un punto percentuale per inflazione, sostituzione della copertura nel 2016 senza accesso alle agevolazioni fiscali nazionali.

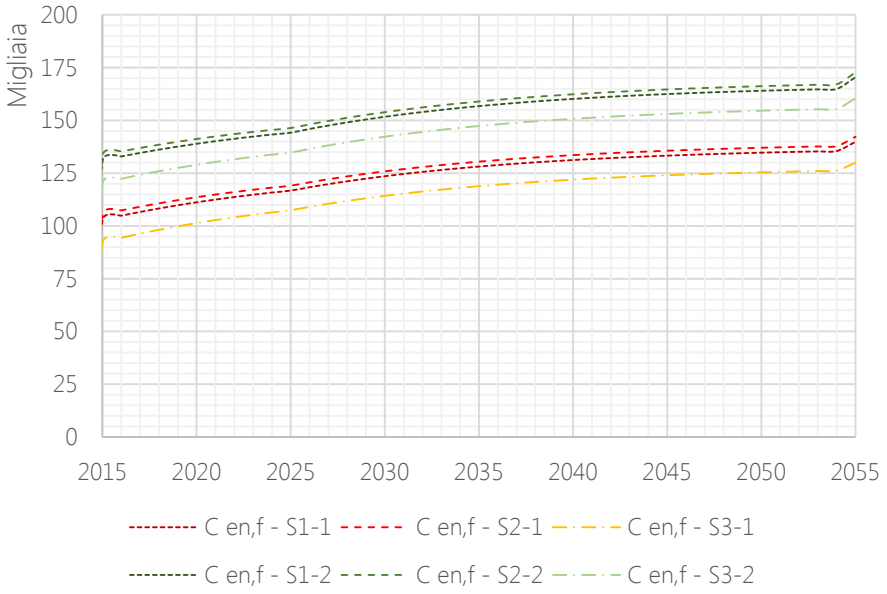


Figura 5.13: Esposizione finanziaria per la sola componente dei costi nel periodo 2015-2055 per ciascuno scenario, con WACC=9,21% ridotto di un punto percentuale per inflazione, sostituzione della copertura nel 2015 e conseguente accesso alle agevolazioni fiscali nazionali.

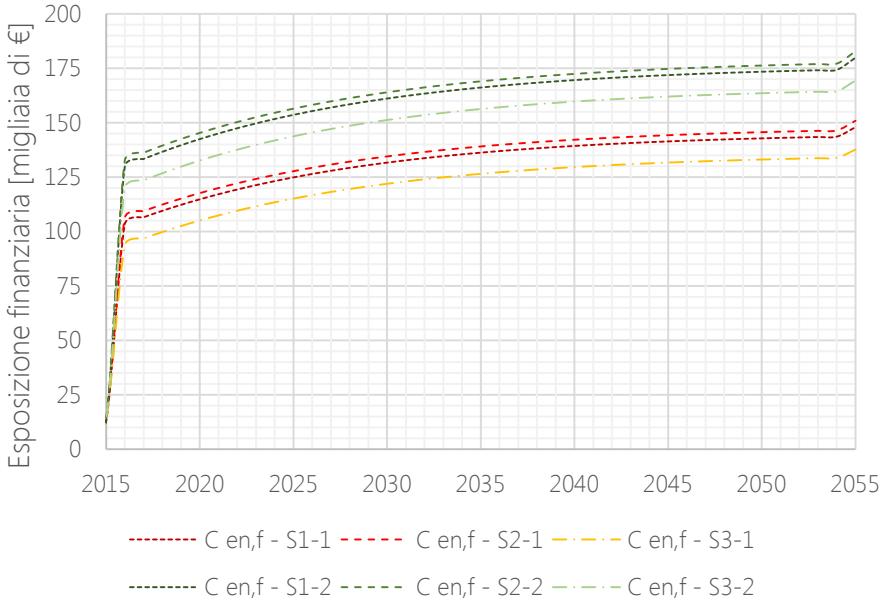


Figura 5.14 – Esposizione finanziaria per la sola componente dei costi nel periodo 2015-2055 per ciascuno scenario, con WACC=9,21% ridotto di un punto percentuale per inflazione, sostituzione della copertura nel 2016 senza accesso alle agevolazioni fiscali nazionali.

Dall'analisi dei costi globali attualizzati si evince innanzitutto che l'accesso alle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica rappresenta un indubbio incentivo per il contenimento dei costi totali dell'intervento di rifacimento della copertura: la sostituzione con accesso alle agevolazioni – da effettuarsi nel 2015, stanti le vigenti leggi – permette una riduzione media del costo che si attesta al 4,75% al variare degli scenari. In particolare:

- la sostituzione con copertura isolata 'tradizionale' comporta una riduzione media del 4,91%;
- la sostituzione con copertura verde, invece, porta ad una riduzione media del 4,56%.

Al variare del coefficiente **β**, rapportando due situazioni di rendimento atteso dell'attività, il costo globale attualizzato risulta mediamente maggiore per condizioni di basso rendimento (**β** = 0,83) con un valore del 8,60%, con leggera variazione tra elemento tecnico rinnovato di tipo tradizionale (8,80%) e copertura verde (8,40%).

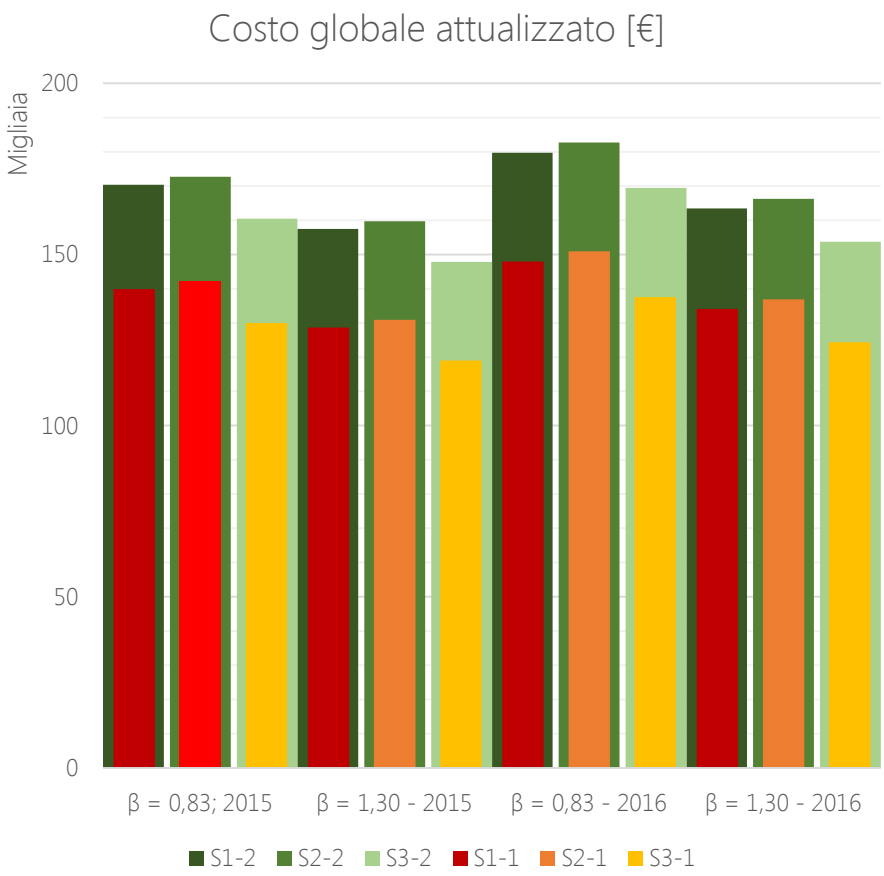


Figura 5.15 – Costo globale attualizzato dei diversi scenari di intervento, al variare del coefficiente β e dell'eventuale accesso alle detrazioni fiscali.

La combinazione dei due parametri determina quattro possibili differenze di costo globale attualizzato tra la soluzione tecnologica di progetto a copertura verde e quella "tradizionale".

ANNO INTERVENTO	*COEFFICIENTE β*	***DIFFERENZA DI COSTO GLOBALE ATTUALIZZATO [€]***
2015	0,83	**+ 30.504**
	1,30	**+ 28.816**
2016	0,83	**+ 31.824**
	1,30	**+ 29.374**

Tabella 5.9 – Differenza di costo globale attualizzato, al variare del coefficiente β e dell'eventuale accesso alle detrazioni fiscali, tra gli scenari di installazione della copertura verde e quelli relativi alla copertura isolata 'tradizionale'.

Questo consente di valutare l'entità del contributo che rende l'intervento di installazione della copertura verde economicamente indifferente rispetto alla nuova copertura isolata di tipo tradizionale.

Ipotizzando dunque che la committenza ammetta quale unico criterio di scelta la convenienza economica privata, ci si propone di valutare natura e congruità di un possibile meccanismo di agevolazione a scala locale, ipotizzando che esso si sommi alle eventuali agevolazioni già in vigore a livello nazionale.

5.3. Le coperture verdi nei regolamenti locali italiani: norme prescrittive e meccanismi incentivanti

L'approccio normativo al tema dell'integrazione delle coperture a verdi negli edifici è diverso alla scala locale rispetto a quella nazionale: questa situazione deriva dall'attuale mancanza di una normativa tecnica di respiro europeo che definisca gli standard generali di progettazione, realizzazione e manutenzione delle coperture verdi nei singoli Stati membri.

La Legge 14 gennaio 2013, n. 10 "*Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani*" si propone, tra gli altri obiettivi, di incentivare la realizzazione di infrastrutture verdi in ambito urbano.

In particolare, l'art. 6 disciplina le iniziative locali per lo sviluppo di spazi verdi in ambito urbano, riconoscendone la promozione a regioni, province e comuni, nell'ottica di perseguire i seguenti obiettivi generali:

- risparmio ed efficienza energetica;
- abbattimento delle polveri sottili presenti in atmosfera;

- riduzione dell'effetto “isola di calore” nella stagione calda;
- controllo e raccolta delle acque meteoriche.

Questi obiettivi si esplicitano, tra le altre, con azioni di inverdimento delle coperture, delle quali si evidenziano le prestazioni in materia di contenimento dei consumi energetici e si suggerisce l'applicazione a lastrici solari per la loro trasformazione (ed inoltre l’applicazione del verde verticale alle pareti degli edifici): in questo modo, il verde in copertura permette di restituire, almeno parzialmente, al suolo già impiegato nuove, diverse, funzioni.

In Italia alcune pubbliche amministrazioni hanno quindi riconosciuto che tali tecnologie possono essere positivamente impiegate per mitigare gli impatti dei processi di trasformazione edilizia che interessano sia i contesti non costruiti, sia edifici esistenti da riqualificare, in un ambito pluridisciplinare che coinvolge aspetti giuridici, la regolamentazione energetica, la disciplina urbanistica e la normativa inerente la salvaguardia ambientale

È stata dunque considerata la necessità di rendere disponibili strumenti economici ed urbanistici che favoriscano ed incentivino la realizzazione di queste misure di compensazione architettonica; in alcuni contesti, invece, la previsione in progetto di quote di copertura destinate a verde avviene in forma obbligatoria o vincolante.

5.3.1. *Regolamenti locali prescrittivi*

5.3.1.1. L’esperienza di Berlino

A partire dal 1994, a seguito di una prima fase di sperimentazione, le attività edilizie a Berlino sono regolamentate – a scala di quartiere – dall’indice BFF (*Biotopflaechenfaktor*, traducibile dal tedesco come fattore biotopico dell’area, Biotope Area Factor – BAF – nella letteratura anglosassone) che prelude al raggiungimento di specifiche soglie di compatibilità ambientale, espresso dal rapporto tra il valore ecologico delle superfici e la superficie totale dell’area[11].

A ciascuna tipologia di superficie è assegnato un valore compreso tra 0 e 1, che vi assegna diversa importanza in funzione della permeabilità e dell’implementazione di tecnologie “verdi”. Gli estremi sono infatti rappresentati da una superficie sigillata in asfalto o cemento (valore 0) e da una superficie non edificata con vegetazione su suolo naturale (valore 1).

Gli obiettivi minimi da raggiungere sono distinti in base a:

- tipologia di intervento (nuova costruzione o ristrutturazione);
- destinazione d’uso. Ad esempio, la realizzazione di nuovi edifici residenziali e pubblici devono soddisfare la condizione BFF > 0,60, il valore limite più restrittivo tra quelli previsti;
- indice edificatorio permesso nella zona (residenziale, commerciale, terziario, pubblico, scolastico), in caso di intervento di ristrutturazione.

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE	*VALORE PONDERALE ATTRIBUITO*
Superfici sigillate	0,0
Superfici non inverdite parzialmente sigillate	0,3
Vegetazione discontinua rispetto al terreno	0,5
Vegetazione continua al terreno	1,0
Facciate a verde verticale di altezza < 10 ml	0,5
Coperture verdi	0,7

Tabella 5.10 – Valori del coefficiente attribuito, nella città di Berlino, alle diverse tipologie di superficie in funzione del loro valore ecologico e del contributo al ripristino del ciclo idrologico.

Con il BFF si è inteso fissare, in modo vincolante, la superficie minima del lotto che debba fornire prestazioni ecologiche e, in genere, essere destinata a verde.

5.3.1.2. L'esperienza di Bolzano

L'introduzione dell'indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio (R.I.E.) nel territorio comunale di Bolzano parte dalla necessità di ridurre gli effetti negativi sul microclima urbano derivanti dall'impermeabilizzazione dei suoli, che causa un innalzamento della temperatura delle superfici antropizzate – riconducibile alla rimozione dei processi di evapotraspirazione tipici del suolo naturale – ed un più rapido deflusso delle acque meteoriche verso i corpi recettori.

Proprio con questo obiettivo, il Comune di Bolzano ha commissionato nel 2002 uno studio volto a determinare possibili misure di compensazione ambientale da inserire nel regolamento edilizio comunale. Tale studio ha predisposto l'indice R.I.E. quale modello per valutare la riduzione degli impatti di origine antropica, parametro di facile applicazione ed elevata versatilità, per poi applicarlo su 24 aree campione e prevederne un'applicazione sperimentale su alcune richieste di rilascio di concessione edilizia. L'approvazione del Consiglio Comunale ed il relativo inserimento della procedura definitiva negli strumenti urbanistici sono stati conclusi nel febbraio 2004 [12]; le aree campione sono state utilizzate dall'amministrazione comunale per definire, nelle singole zone del territorio comunale:

- gli obiettivi da raggiungere con gli interventi di modifica del tessuto urbano esistente, per i quali (ristrutturazione parziale o totale) l'indice R.I.E. ottenuto allo stato di progetto deve essere superiore al valore preesistente allo stato di fatto;
- le prestazioni minime da garantire nelle zone di nuova edificazione, pari a 1,5 per le zone del Piano Urbano Comunale a destinazione d'uso produttiva e a 4,0 per le zone residenziali. Nel caso in cui l'indice R.I.E. allo stato di fatto sia

maggiore dell'indice previsto per una specifica zona del PUC, il primo non deve ridursi.

Con tale procedura, divenuta esecutiva con deliberazione della Giunta Provinciale del 12 febbraio 2007, si è inteso individuare interventi da incentivare o penalizzare in funzione della prestazione parametrica offerta.

L'indice R.I.E. è definito in prima approssimazione come rapporto tra l'area di superfici trattate a verde S_V e l'area di superfici non trattate a verde S_I. Nella definizione entrambi i termini sono comprese le superfici permeabili, impermeabili e sigillate:

$$R.I.E. = \frac{S_V}{S_I} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(S_{v,i} \cdot \frac{1}{\psi_i}\right) + S_e}{\sum_{i=1}^{n} S_{v,i} + \sum_{j=1}^{m}\left(S_{j,i} \cdot \psi_j\right)}$$

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE	*COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Ψ*	
Coperture tradizionali	0,90 ÷ 1,00 per inclinazione ≥ 3° 0,80 per inclinazione < 3° 0,70 se presente uno strato di finitura in ghiaia	
Coperture verdi con inclinazione < 15°	spessore strato colturale	Ψ
	> 50 cm	0,10
	> 25 cm	0,20
	> 15 cm	0,30
	> 10 cm	0,40
	< 10 cm	0,50
Coperture verdi con inclinazione ≥ 15°	spessore strato colturale	Ψ
	> 10 cm	0,50
	< 10 cm	0,60

Tabella 5.11 – Valori del coefficiente di deflusso ψ assunti per diverse tipologie di copertura nell'ambito del calcolo dell'indice R.I.E. nel Comune di Bolzano.

Nella formula, sono considerati i coefficienti di deflusso ψ_i e ψ_j delle superfici trattate a verde e non trattate a verde e le superfici S_e equivalenti delle essenze arboree[13], in funzione dell'appartenenza alle tre classi di grandezza individuate dalla norma tecnica UNI11235; i coefficienti ψ assumono dunque la funzione di ponderazione delle diverse categorie di superficie.

Al crescere del parametro R.I.E. corrisponde una migliore gestione del territorio nell'ambito della regimazione delle acque meteoriche e del reintegro delle falde acquifere sottosuolo.

Ad esempio:

- R.I.E. = 0 fa riferimento a superfici totalmente impermeabilizzate e prive di aree verdi;
- R.I.E. = 4 è un valore intermedio che si riferisce ad aree mediamente urbanizzate;
- R.I.E. = 10 è un valore caratterizzante aree non urbanizzate e prive di superfici impermeabili, tipicamente aree agricole, corsi d'acqua e bacini idrici naturali.

In seguito al primo periodo di applicazione della procedura R.I.E. (18 mesi), tra i diversi risultati, si è ottenuto un notevolissimo incremento delle coperture verdi installate: se la superficie complessiva allo stato di fatto era pari a circa 7500 m^2, dopo questo primo periodo era circa decuplicata (72500 m^2 di coperture verdi installate).

5.3.2. *Misure locali di incentivo per le coperture verdi*

5.3.2.1. Comune di Torino

Nell'ambito della salvaguardia del patrimonio vegetale, il Regolamento Edilizio del Comune di Torino considera le coperture verdi sia come strategia progettuale che concorre alla definizione di prestazioni minime di tipo prescrittivo[14], sia come soluzione da incentivare per perseguire obiettivi di qualità energetica ed ambientale negli edifici[15].

È previsto infatti che in ogni intervento edilizio sull'esistente che comporti una variazione volumetrica debba essere previsto un inverdimento in piena terra, con alberi a medio o alto fusto, per almeno il 20% della superficie del lotto non interessata da costruzioni di altezza superiore a 1,50 ml. Se metà di tale quota non può essere garantita, devono essere adottate soluzioni compensative contemplanti la realizzazione di facciate verdi o l'incremento delle superfici minime stabilite dal Piano Regolatore Generale da destinare a verde pensile; le superfici di compensazione devono avere area doppia rispetto a quella in piena terra non realizzata.

Le coperture verdi, inoltre, sono esplicitamente considerate quale requisito connotante per il contenimento dei consumi energetici, e quindi oggetto di riduzione percentuale del contributo commisurato all'incidenza delle opere di urbanizzazione[16]. Il requisito richiede che:

- sia presente una copertura verde conforme ai criteri della norma tecnica UNI 11235;
- la sua superficie sia superiore a quella minima prevista dal P.R.G.;
- la copertura sia posta in diretta corrispondenza degli ambienti riscaldati.

Se tali condizioni sono soddisfatte, all'intervento sono attribuiti 5 punti.

L'agevolazione derivante dall'installazione di una copertura verde è determinata assegnando una riduzione del 5% del contributo richiesto; l'agevolazione massima

prevista dal Regolamento per l'applicazione dei requisiti volontari incentivanti (riduzione dell'1% per ciascun punto ottenuto) è fissata al 50%.

5.3.2.2. Comune di Collegno (TO)

Per la salvaguardia del verde nel territorio comunale, è previsto che in ogni intervento che comporti una significativa variazione volumetrica deve essere prevista una sistemazione a verde del tipo a piena terra con alberature, corrispondente almeno al 50% della superficie permeabile; se tale percentuale non può essere garantita, le soluzioni compensative da adottare devono essere del tipo a verde pensile[17].

L'incentivo comunale nell'ambito delle prestazioni dell'involucro edilizio non evidenzia esplicitamente il ruolo delle coperture verdi: analogamente alle coperture di tipo tradizionale, il maggiore spessore degli orizzontamenti ed i maggiori volumi e superfici necessari all'incremento delle prestazioni di isolamento termico e acustico ed inerzia termica non sono computati nella determinazione di volumi e superfici, per la quota eccedente i 30 cm di spessore e fino ad un massimo di 25 cm. Per scomputare tali volumi, superfici, rapporti di copertura, l'intervento deve possedere un indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale inferiore del 10% al limite previsto dal D. Lgs. 311/2006 e s.m.i.

5.3.2.3. Comune di Bereguardo (PV)

Nel Comune di Bereguardo (PV), riconosciuta l'incidenza delle aree urbane pavimentate sigillate sull'incremento della temperatura all'interno della "chioma urbana" e sul regime di deflusso superficiale, si è ritenuto di rivedere il modello di sviluppo urbano nelle aree ad elevata densità abitativa agevolando l'inserimento di elementi tecnologici 'verdi' sia su terrazze e coperture, sia sulle facciate[18]. La Commissione per il Paesaggio si riserva la possibilità di decidere per l'adozione di elementi tecnologici a verde al fine di incrementare la qualità ed il pregio estetico dei progetti.

Negli edifici a copertura piana, in particolare, vige la prescrizione di prevedere coperture verdi corredate da impianto di irrigazione, siano esse praticabili o meno. Tali opere, ivi comprese i volumi delle comunicazioni verticali di accesso alla copertura stessa, non sono conteggiate ai fini delle verifiche urbanistiche; inoltre, la superficie inverdita in copertura non è considerata nel conteggio del contributo al costo di costruzione.

5.3.2.4. Comune di Venezia

Il Comune di Venezia, a seguito dell'individuazione di interventi e tecnologie costruttive che permettono l'incremento della qualità ambientale e del comfort delle utenze, sia afferenti ad opere di urbanizzazione primaria e secondaria che a opere edili propriamente intese, promuove e incentiva tali accorgimenti progettuali corredandoli a specifici parametri e punteggi.

Sono dunque promosse le riduzioni della quota di contributo agli oneri di urbanizzazione – con un massimo del 30% – e della quota di contributo al costo di costruzione – nella misura massima del 50% [19], previa verifica positiva a due prerequisiti cogenti inerenti il consumo energetico unitario (definito da una Commissione Scientifica per la Riduzione degli Oneri) e l'utilizzo prevalente di prodotti con certificazione di ecocompatibilità, in base al loro valore economico.

INTERVENTO	*CARATTERISTICHE SINTETICHE*	*PUNTI (su 100)*
Soleggiamento lotto	accesso solare non ostruito per gli edifici retrostanti al solstizio invernale	5
Esposizione a Sud	± 30° rispetto al Sud, superfici vetrate irraggiate almeno al 50% al solstizio invernale	10
Configurazione passante	possibilità di ventilazione trasversale	5
Conformazione edificato	controllo dei flussi d'aria	5
Strutture di ventilazione	sfruttamento dell' 'effetto camino'	10
Solai in legno	ad esclusione del piano terra	5
Esclusione di specifici materiali	legno tropicale salvo certificazione FSC	5
Tetto verde	per almeno 80% delle coperture di progetto	20
Microclimi esterni al lotto	strategie di comfort termico delle aree esterne	10
Recupero acque meteoriche	Impianto di raccolta (min 50 l/m² copertura) per usi idrici compatibili con acqua non potabile	25

Tabella 5.12 – Quote assegnate alle diverse 'azioni' per l'architettura sostenibile al fine della riduzione degli oneri d urbanizzazione (fonte Delibera n. 64/2006 del Consiglio Comunale di Venezia).

Il 'tetto verde', che contribuisce con 20 punti ai 100 totali relativi alla riduzione massima ammessa degli oneri di urbanizzazione, è definito come un elemento tecnico installato su coperture piane orizzontali o sub-orizzontali, anche di piani interrati o coperture di corpi di fabbrica separati, per una quota non inferiore all'80% delle coperture in progetto.

La riduzione dei contributi al costo di costruzione fa invece riferimento a strategie progettuali che comprovino l'efficienza energetica del sistema edificio-impianto.

5.3.2.5. Comune di Pordenone

Il Comune di Pordenone, nel proprio Regolamento Edilizio[20], prevede alcuni incentivi nell'ambito della realizzazione di interventi di risparmio energetico con utilizzo di fonti

rinnovabili. Con riferimento alla coibentazione dell'involucro edilizio e ai valori limite di trasmittanza termica previsti dal D. Lgs. 311/2006 e s.m.i., sono individuate due tipologie di incentivazione:

- di tipo urbanistico, che prevede la riduzione del contributo di costruzione;
- in termini volumetrici e di deroga ai parametri edilizi.

Nella prima tipologia è richiesto il rispetto dei valori limite di trasmittanza termica previsti a livello nazionale ridotti del 10%; la prestazione conforme della copertura deve necessariamente essere associata ad una prestazione analoga da parte delle pareti perimetrali[21]. La riduzione del contributo di costruzione è stabilita annualmente in misura non inferiore al 5% dell'importo dovuto.

Nella seconda tipologia sono previste deroghe a distanze e altezze ed uno sconto di tipo volumetrico nella realizzazione di edifici a basso consumo energetico: tra gli interventi sono espressamente citati i 'tetti verdi'. Le disposizioni su deroghe e sconti volumetrici fanno riferimento a valori limite desunti dall'All. C. al D. Lgs. 311/2006 ridotti del 20%.

5.3.2.6. Comune di Reggio Emilia

Il Comune di Reggio Emilia prevede un Allegato al Regolamento Edilizio inerente l'architettura sostenibile[22], che definisce requisiti volontari e forme di incentivazione per contenere l'uso delle risorse idriche ed energetiche negli interventi di nuova costruzione, demolizione con ricostruzione, ampliamento, ristrutturazione edilizia.

Per gli interventi di nuova costruzione l'accesso agli incentivi è vincolato al raggiungimento di requisiti prestazionali (compresi nella certificazione comunale "ECO") inerenti l'inerzia termica complessiva, l'applicazione di strategie per il risparmio idrico e il fabbisogno complessivo di energia primaria: il raggiungimento di prestazioni via via migliori quest'ultimo requisito permette di ottenere lo scorporo delle murature perimetrali nel calcolo della superficie utile e successivamente un bonus della stessa superficie fino ad un massimo del 5%.

Soddisfatti i requisiti della certificazione "ECO", è possibile ottenere i bonus della più restrittiva certificazione comunale "BIO" se è previsto l'impiego di materiali bioecologici (isolamenti, elementi lignei, malte ed impregnanti) ed è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni:

- installazione di impianto solare termico;
- installazione di impianto solare fotovoltaico;
- realizzazione di coperture verdi per almeno il 50% della superficie lorda di copertura dell'edificio;
- installazione sistema di recupero delle acque meteoriche.

A seconda del numero di requisiti soddisfatti, si ottiene uno scomputo degli oneri di urbanizzazione variabile dal 20 al 50%.

L'inserimento delle coperture verdi quale parte del meccanismo incentivante non è prevista per gli interventi di ristrutturazione e manutenzione ordinaria, per i quali è invece presente un contributo percentuale ai costi di costruzione.

CERTIFICAZIONE	*NUOVA COSTRUZIONE AMPLIAMENTO*	*RISTRUTTURAZIONE MANUTENZIONE STRAORDINARIA*
ECO	scorporo pareti perimetrali + bonus superficie utile	contributo costi di costruzione ristrutturazione (0÷4%) manut. straordinaria (8÷14%)
BIO	scomputo oneri urbanizzaz.	(non prevista)

Tabella 5.13 – Struttura dei meccanismi incentivanti per interventi energeticamente efficienti e sostenibili nel Comune di Reggio Emilia (fonte Regolamento Edilizio Comunale, dicembre 2006).

5.3.2.7. Comune di Faenza (RA)

Il Consiglio Comunale di Faenza, tra il 1999 ed il 2008, ha approvato una serie di atti volti ad integrare nel Regolamento Edilizio prescrizioni ed incentivi per la promozione di strategie di architettura sostenibile[23]. È stata dedicata specifica attenzione agli edifici con destinazione d'uso produttiva, individuando strategie agevolmente applicabili atte ad incrementare il benessere ambientale nei luoghi di lavoro, compatibilmente con le prestazioni garantite dal subsistema strutturale.

Nel caso di realizzazione di tetti giardino[24] in edifici industriali di nuova costruzione, i vani di accesso al tetto giardino ed i locali connessi alla fruizione della copertura verde – non autonomi funzionalmente, non eccedenti in superficie il 50% della copertura e dotati di chiusure trasparenti per almeno il 75% del proprio perimetro, non sono computati ai fini della cubatura, della superficie utile lorda e delle altezze massime regolamentate dalle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Regolatore Generale.

5.3.2.8. Comune di Catania

Il vigente Regolamento Edilizio prevede attualmente, quale misura di deroga, lo scomputo dai volumi i maggiori spessori, fino ad un massimo di 40 cm in aggiunta ad altre eventuali deroghe, necessari alla realizzazione di coperture verdi, anche se non poste in sommità all'edificio[25]. In merito all'obiettivo di tutela dell'ambiente, le coperture verdi sono richiamate quale strumento per perseguire l'invarianza idraulica del territorio, prevedendo specie vegetali capaci di sostenersi esclusivamente con l'apporto idrico delle acque meteoriche[26].

Nell'aprile 2014 il Consiglio Comunale di Catania ha approvato una nuova versione del Regolamento edilizio contenente Linee Guida per l'Efficienza Energetica e la Bioedilizia. Queste Linee Guida definiscono i requisiti prescrittivi e le forme incentivanti previste per la promozione della sostenibilità ambientale nel settore edilizio[27]. Sono quindi previste delle riduzioni degli oneri concessori dovuti (in termini di riduzione percentuale alle quote di incremento dei costi di costruzione), a somma con gli eventuali incentivi economici previsti dalla vigente legislazione, in proporzione al punteggio totale risultante dal conseguimento di uno, o più, requisiti volontari. Le coperture verdi, inserite

nell'Area Tematica 1 "Prestazioni dell'involucro", sono premiate con il punteggio massimo previsto per i singoli requisiti volontari, ossia 15 punti. La sola adozione di una copertura verde, associata al requisito obbligatorio di prestazione energetica di classe A, consente una riduzione dell'incremento delle aliquote del costo di costruzione pari al 5% per interventi di nuova costruzione e del 10% per interventi di ristrutturazione e manutenzione straordinaria. Il bonus è elevato al 40% in concomitanza con interventi di messa in sicurezza sismica dell'edificio.

5.4. Possibili incentivi supplementari a livello locale

Dopo aver determinato la differenza di costo globale attualizzato della riqualificazione energetica con la soluzione tradizionale e con quella a verde estensivo, si indagano i possibili strumenti per incentivare l'installazione della soluzione della copertura verde. Si suppone, quindi, che non siano valutati dalla committenza i vantaggi pubblici (compensazione architettonica, riduzione della portata di deflusso delle acque meteoriche, incremento della qualità visiva, etc.) portati dall'inverdimento in copertura. Per tale ragione la differenza di costo globale dovrà essere bilanciata da adeguate agevolazioni a livello locale che privilegino questa soluzione, poiché le agevolazioni fiscali per la riqualificazione energetica del patrimonio esistente si applicano ad entrambe le soluzioni tecnologiche dello stato di progetto.

Si valuteranno due possibili forme di incentivo supplementari da prevedere a livello locale:

- la riduzione delle imposte locali sugli immobili;
- la concessione di bonus volumetrici.

5.4.1. *Riduzione dell'imposizione locale sugli immobili*

Dal 2014 è in vigore l'imposta unica comunale (IUC) basati sui presupposti impositivi del possesso dell'immobile e alla fruizione di specifici servizi comunali: l'imposta si determina sulla base di due componenti:

- la prima relativa ai servizi, articolata in tassa sui rifiuti (TARI) e tributo per i servizi indivisibili (TASI);
- la seconda di natura patrimoniale dovuta dal proprietario, detta imposta municipale propria (IMU) che sarà oggetto della valutazione.

La determinazione dell'importo dell'IMU avviene innanzitutto determinandone la base imponibile, moltiplicando la rendita catastale rivalutata del 5% per un preciso coefficiente dipendente dalla classificazione catastale dell'immobile. Tale coefficiente, nel Comune di Trieste, è stabilito pari a 65 per i fabbricati a destinazione d'uso produttiva. Per la stessa categoria nel comune di Trieste è stata fissata, per l'anno 2014, l'aliquota definitiva del 7,6 ‰ [28].

Ipotizzando una rendita catastale pari a 6100 €, si determina l'importo annuale dell'IMU:

$$I_{IMU} = (1{,}05 \cdot 6100) \cdot 65 \cdot\ 0{,}0076 = 3164\ €$$

Per determinare la quota di riduzione dell'IMU volta ad annullare la differenza di costo globale attualizzato, si suppone che l'imposta sia vigente annualmente sull'immobile per l'intero periodo di valutazione (fino al 2055). L'IMU viene assunta quale ulteriore voce di costo I_{IMU} gravante sull'immobile, computata annualmente e soggetta ad attualizzazione in funzione del saggio di sconto sia negli scenari che prevedono l'installazione della copertura verde, sia negli scenari che contemplano un intervento di sostituzione con la copertura isolata 'tradizionale'.

Indicando con i gli scenari relativi allo stato di fatto e con 1, 2 la soluzione tecnologica isolata 'tradizionale' e la soluzione a copertura verde, rispettivamente, si impone dunque la relazione

$$C_{GL,S(i;2)} + \sum\nolimits_{ATT} I_{IMU} = C_{GL,S(i;1)} + \sum\nolimits_{ATT} (\kappa \cdot I_{IMU})$$

dove si è indicata con κ100% l'aliquota annuale di riduzione dell'IMU che eguaglia i membri dell'equazione. Perciò:

$$\kappa = 1 - \frac{C_{GL,S(i;2)} - C_{GL,S(i;1)}}{\sum_{ATT} I_{IMU}}$$

Si riportano nella Tabella 5.14 i valori assunti da κ al variare del coefficiente β e dell'eventuale accesso alle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica previste a livello nazionale.

ANNO INTERVENTO	*COEFFICIENTE β*	$\sum_{ATT} I_{IMU}$ *[€]*	*K [%]*
2015	0,83	40.190	**24,10**
	1,30	33.590	**14,21**
2016	0,83	40.190	**20,82**
	1,30	33.590	**12,55**

Tabella 5.14 – Determinazione dell'aliquota κ di riduzione annuale dell'imposta municipale unica (IMU) in presenza o meno di detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica e al variare del coefficiente β.

Come si evince dai risultati, l'aliquota annuale di riduzione dell'IMU richiesta per rendere economicamente indifferente le opzioni tecnologiche di intervento è influenzata

soprattutto dal coefficiente β e, in misura meno significativa, dall'anno di installazione della nuova copertura: il coefficiente κ presenta valori maggiori per l'anno 2015 (con deducibilità degli oneri) in quanto, a parità di denominatore $\sum_{ATT} I_{IMU}$ è maggiore la differenza dei costi globali attualizzati tra gli scenari S_{i-2} e S_{i-1}.

La riduzione dell'Imposta Municipale Unica per favorire l'installazione di coperture verdi è dunque una soluzione di non semplice attuazione, anche a causa del fatto che l'IMU rappresenta un importante finanziamento per le amministrazioni comunali.

5.4.2. *Concessione di bonus volumetrici*

Il secondo strumento incentivante analizzato riguarda il bonus volumetrico premiante l'intervento di riqualificazione energetica ottenibile con l'inverdimento estensivo della copertura.

Per valutare economicamente il bonus, si attribuisce un valore unitario al volume oggetto dell'ampliamento del fabbricato. Il valore di mercato di riferimento per edifici siti in aree a destinazione d'uso produttiva, per il comune di Trieste, è stimato in 700 €/m^2, per immobili in condizioni normali di manutenzione[29]; dato che si considera un intervento di nuova costruzione, tale valore è incrementato del 30%, ed assunto pari a 910 €/m^2.

Il costo di costruzione di un nuovo fabbricato ad uso produttivo nella medesima zona è assunto pari 500 €/m^2 [30]; si considera inoltre l'incidenza degli oneri concessori (+10%), delle spese tecniche (+5%), delle spese generali ed imprevisti (+3%). Si assume, dunque, un valore del costo pari a 590 €/m^2.

Si impone dunque che la differenza di costo globale attualizzato tra gli scenari S_{i-2} e S_{i-1} sia bilanciata dalla possibilità di disporre di un bonus volumetrico determinato attribuendo ad 1 m^3 di ampliamento il valore unitario di

$$C_{AMP} = \frac{(910 - 590)\ {}^{€}/_{m^2}}{5{,}00\ m} = 36{,}20\ {}^{€}/_{m^3}$$

dove è indicata in 5,00 ml l'altezza indicativa di un possibile ampliamento dell'edificio.

Il volume da assoggettare a bonus, indicati rispettivamente con $C_{GL,\,S(i:2)}$ e $C_{GL,\,S(i:2)}$ i costi globali attualizzati relativi all'installazione di una copertura verde e di una copertura 'tradizionale' isolata, sarà quindi pari a

$$V_{BONUS} = \frac{C_{GL,S(i;2)} - C_{GL,S(i;1)}}{C_{AMP}}$$

che, rapportato al volume esistente dell'edificio, fornisce il valore percentuale di bonus volumetrico w_{BONUS} da concedere.

Anche in questo caso i valori del parametro incentivante sono determinati in caso di accesso (o mancato accesso) alle detrazioni fiscali nazionali per la riqualificazione energetica e in funzione del coefficiente β.

ANNO INTERVENTO	*COEFFICIENTE β*	V_{BONUS} *[m³]*	W_{BONUS} *[%]*
2015	0,83	477	**5,09**
	1,30	450	**4,81**
2016	0,83	497	**5,31**
	1,30	459	**4,90**

Tabella 5.15 – Determinazione del bonus volumetrico per premiare l'installazione di una copertura verde in fase di riqualificazione energetica di un fabbricato ad uso produttivo, rispetto ad una soluzione che contempli una nuova copertura 'tradizionale' isolata, in presenza o meno di detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica e al variare del coefficiente β.

Come si evince dall'analisi, questo strumento incentivante è maggiormente praticabile rispetto alla riduzione percentuale dell'IMU. Negli scenari in cui è garantito l'accesso alle detrazioni fiscali nazionali, il bonus volumetrico calcolato sull'edificio esistente oscilla al 4÷5%, valore prossimo a quello impiegato in alcuni regolamenti locali (es. Reggio Emilia). Si sottolinea inoltre che il valore unitario medio dei fabbricati produttivi può essere considerato uno dei più contenuti, rapportato a quelli associati alle altre destinazioni d'uso: per gli edifici a destinazione d'uso residenziale o direzionale, a titolo d'esempio, si stima che i bonus volumetrici precedentemente individuati potrebbero essere ridotti del 50÷60% circa.

È possibile, infine, sviluppare una proposta di applicazione per associare l'installazione di una copertura verde ad un sistema di crediti edilizi eventualmente previsti dall'amministrazione comunale nell'ambito di un piano di perequazione[31] e compensazione urbanistica. Per la realizzazione di tale strategia devono innanzitutto essere individuate delle aree di trasformazione urbanistica. L'individuazione dei comparti può avvenire in due modalità:

- definizione di comparti continui, nei quali la capacità edificatoria del comparto è concentrata su una specifica area individuata dal piano. Sono quindi individuate, nel medesimo comparto, un'area di compensazione urbanistica ed una di concentrazioni delle volumetrie secondo i criteri individuati dal piano stesso;
- individuazione di comparti discontinui, applicabile qualora alcune aree non possano ricevere nuove edificazioni. In questo caso il valore economico della potenziale edificazione avviene con il trasferimento del diritto su un'altra area, in cui la trasformazione urbanistica è possibile. L'opzione è attivabile anche nel caso in cui l'amministrazione non ritenga opportuno lo sviluppo edificatorio in una determinata area.

Per instaurare un mercato di crediti edilizi è necessario che sia effettivamente possibile impiegare i crediti nelle aree a trasformazione urbanistica, ossia che ad un'area

che fornisce crediti corrisponda una capace di riceverli. Il valore attribuito ai crediti, in quanto liberamente commerciabili, deve essere commisurato al valore del suolo dell'area che li riceve.

L'effetto dei crediti edilizi sugli interventi di riqualificazione energetica è la riduzione del tempo in cui il risparmio energetico ripaga l'investimento: si riducono infatti i costi a carico dei proprietari nella realizzazione dell'intervento, che sono parzialmente coperti dalla cessione dei crediti in base al loro valore di mercato, e al contempo si genera un nuovo mercato per imprese edili e aziende operanti nei servizi energetici. Nelle aree di 'atterraggio' dei crediti edilizi, invece, si realizza uno strumento di controllo delle nuove edificazioni, consentendo interventi di ampliamento a costi comunque accettabili.

Volendo esplicitare una condizione incentivante per l'installazione di una copertura verde a sostituzione di un elemento tecnico energeticamente non efficiente, in luogo di una tradizionale isolata, la condizione da porre alla base della modulazione dei crediti deve evidenziare un contributo specifico della soluzione tecnologica SP2 rispetto a quella SP1, o una combinazione di contributi.

Ad una condizione di base che preveda, a titolo di esempio, il miglioramento della prestazione energetica globale del volume edificato (riferita a indici di prestazione quali la riduzione di una classe energetica, una riduzione percentuale del fabbisogno di energia primaria, etc.), dovrebbe essere evidenziata una prestazione peculiare della copertura verde. Si esaminano quindi tecnicamente le possibili prestazioni da analizzare per l'attribuzione dei crediti edilizi e i relativi indicatori di prestazione:

- incremento dell'inerzia termica, indicando quale indicatore di prestazione la trasmittanza termica periodica Y_{IE}. È opportuno evidenziare però che valori efficaci di tale indicatore possono essere raggiunti sia dotando l'elemento tecnico di elevata massa termica, sia incrementandone la resistenza termica; perciò la trasmittanza Y_{IE} può in alcuni casi risultare un indicatore inefficace al fine della diffusione delle soluzioni di copertura verde, a maggior ragione in presenza chiusure superiori caratterizzate da strati portanti pesanti, tipici degli edifici realizzati negli Anni '60 – '70;
- incremento dell'albedo rispetto alla copertura originaria. Tale indicatore risulta di difficile applicazione in quanto le coperture verdi, caratterizzate da valori di albedo intermedi tra le superfici massive di colore scuro e le superfici chiare, premierebbe proprio soluzioni di copertura 'tradizionali';
- temperatura superficiale della copertura nel mese di massima irradianza media giornaliera. L'indicatore, sempre riferibile all'esigenza di mitigazione dell'effetto isola di calore, risulta più efficace rispetto all'albedo, ma necessita di un metodo di calcolo univoco che contempli condizioni al contorno univocamente determinate;
- riduzione delle emissioni di anidride carbonica. L'indicatore potrebbe includere l'effetto relativo all'assorbimento del carbonio che alimenta il processo di fotosintesi, contributo che eleva la prestazione di una copertura verde rispetto a quella offerta da una copertura tradizionale isolata. È

necessario, però, circoscrivere alla superficie dell'elemento tecnico di copertura il contributo alla riduzione del gas climalterante;

- la riduzione del coefficiente di deflusso delle acque meteoriche in copertura. Tale prestazione evidenzia le maggiori prestazioni di controllo del ciclo idrico da parte di una copertura verde rispetto ad una soluzione tradizionale, in quanto capace di garantire un effetto di ritenzione ben superiore a quello di uno strato di finitura di copertura che, per il requisito di tenuta all'acqua ed agli agenti atmosferici, dovrà presentare congrue caratteristiche di impermeabilità.

SPECIFICA	*INDICATORI DI PRESTAZIONE*				
	Y_{IE}	*albedo*	$t_{sup,\ luglio}$	$\Delta kg_{CO_2,\ eq}$	ψ
peculiarità	2	1	2	2	4
efficacia	2	2	3	3	3
facilità di calcolo	3	4	1	3	3

GIUDIZIO QUALITATIVO NELL'OTTICA DI DIFFUSIONE DELLE COPERTURE VERDI:
4 = ELEVATO / FACILE
3 = BUONO
2 = DISCRETO / MEDIO
1 = INDIFFERENTE O PENALIZZANTE / COMPLESSO

Tabella 5.16 – Giudizio qualitativo su possibili indicatori di prestazione per la definizione di un meccanismo incentivante basato sui crediti edilizi che premi le coperture verdi.

Dall'analisi effettuata, si ritiene che la trattazione del coefficiente di deflusso ψ, peraltro già impiegato nel Comune di Bolzano per la determinazione della riduzione dell'impatto edilizio, risulta la modalità tecnica più efficace per la definizione di un meccanismo di crediti edilizi volto a favorire la diffusione delle coperture verdi.

5.5. Bibliografia

Borsa Italiana - London Stock Exchange Group, *Guida alla valutazione*, luglio 2014. Documento disponibile all'indirizzo www.borsaitaliana.it.

Comune di Bereguardo, Regolamento Edilizio, approvato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 17/2006, art. 40.

Comune di Bolzano, Regolamento Edilizio, Deliberazione del Consiglio Comunale n. 11 del 10 febbraio 2004.

Comune di Catania, Regolamento Edilizio.

Comune di Catania, Regolamento Edilizio 2014, atto di pianificazione non ancora vigente, disponibile all'indirizzo http://www.comune.catania.it/amministrazione-trasparente/pianificazione-e-governo-del-territorio/

Comune di Collegno (TO), Regolamento Edilizio ed Allegato Energetico - Ambientale, Delibere del Consiglio comunale n. 33/2003 (approvazione) e n. 87/2009 (modifiche).

Comune di Faenza, Norme per l'applicazione degli incentivi per interventi di bioedilizia e di qualità ambientale, testo coordinato degli Atti n. 4602/300 del 28/07/1999, n. 3485/264 del 12/07/2001, n. 1659/150 del 03/04/2003, n. 3329/184 del 01/07/2005 e n. 1706/90 del 23/04/2008 ad integrazione del Regolamento Edilizio.

Comune di Pordenone, Regolamento Edilizio, Deliberazione del Consiglio Comunale n. 7/2011, in vigore dal 19/03/2011.

Comune di Reggio Emilia, Regolamento Edilizio Comunale, approvato dal Consiglio Comunale in data 21/04/1970 e modificato con le deliberazioni consiliare n. 13927/124 del 03/10/2003 e n. 23690/280 del 15/12/2006.

Comune di Torino, Regolamento Edilizio, Delibera del Consiglio comunale n. 302/2004 di data 20/12/2004 e s.m.i.

Comune di Torino, Allegato energetico-ambientale al Regolamento Edilizio, Deliberazione del Consiglio comunale n. 2010-08963/38.

Comune di Torino, Regolamento in materia di disciplina del contributo di costruzione, Delibera del Consiglio Comunale 2005-02356/038 approvato il 13/02/2006.

Comune di Trieste, Deliberazione consiliare n. 32 del 29/07/2014.

Comune di Venezia, Delibera n. 64, seduta del 02/05/2006, P.D. 2005.3576.

Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 26 giugno 2009 *Linee Guida per la certificazione energetica degli edifici*.

Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59, *Regolamento di attuazione dell'art. 4, comma 1, lettere a) e b) del Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*.

Decreto del Presidente della Regione Friuli Venezia Giulia 20 gennaio 2012, n. 018/Pres *Regolamento di attuazione della legge regionale 11 novembre 2009, n. 19 "Codice regionale dell'edilizia"*.

Ufficio Studi Mediobanca s.p.a., *Indici e dati relativi ad investimenti in titoli quotati*. ISSN: 1722-4543, disponibile all'indirizzo www.mbres.it

NOTE AL CAPITOLO 5

[1] D.P.R. 59/2009, art. 4, comma 18.

[2] D.M. 26/06/2009, Allegato A, par. 6.

[3] Fonte Ufficio Studi Mediobanca s.p.a.

[4] *Ibidem*.

[5] Fonte J. P. Morgan M&A Research, dicembre 2003, in Borsa Italiana, 2014.

[6] Fonte: http://people.stern.nyu.edu/adamodar/, topic *Discount Rate Estimation*, European Regional Datasets for "levered, unlevered and pure play betas by industry", a cura del prof. A. Damodaran.

[7] Banca d'Italia, Bollettino statistico III trimestre 2014, ISSN 2281-3977, disponibile all'indirizzo www.bancaditalia.it.

[8] Legge 24 dicembre 2007, n. 244, art. 1, comma 33, lettera e).

[9] Fonte ARPA FVG, struttura OSMER, stazione di rilevamento di Trieste Molo Bandiera.

[10] Introdotte dalla L. N. 244/2007, art. 1, comma 344, come recentemente integrata dalla L.N. 190/2014.

[11] Fonte http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/.

[12] Regolamento Edilizio del Comune di Bolzano, art. 19 bis.

[13] A titolo di esempio:
- per un albero di I grandezza (altezza superiore a 16 ml), $S_e = 115\ m^2$;
- per un albero di II grandezza (altezza compresa tra 10 ml e 16 ml), $S_e = 65\ m^2$;
- per un albero di III grandezza (altezza inferiore a 10 ml), $S_e = 20\ m^2$.

[14] Città di Torino, Regolamento Edilizio, art. 30.

[15] Città di Torino, Allegato energetico-ambientale al Regolamento Edilizio.

[16] Città di Torino, Regolamento in materia di disciplina del contributo di costruzione.

[17] Città di Collegno (TO), Regolamento Edilizio e Allegato Energetico - Ambientale, art. 30.

[18] Comune di Bereguardo, Regolamento Edilizio, art. 40.

[19] Comune di Venezia, Delibera n. 64/2006.

[20] Comune di Pordenone, Regolamento Edilizio.

[21] Il Regolamento Edilizio del Comune di Pordenone individua quattro tipologie di edifici:
- Edificio Sostenibile, in cui la riduzione del 10% dei valori limite di cui all'All. C al D. Lgs. 311/2006 e s.m.i., inerenti pareti perimetrali, coperture, divisori tra unità abitative, solai verso vani non riscaldati o terreno, infine chiusure trasparenti, è accompagnata da ulteriori criteri di sostenibilità quali l'assenza di impianti alimentati a fonti energetiche fossili, assenza di coibentazioni di tipo sintetico, assenza di impregnanti chimici per gli elementi lignei, assenza di vernici contenenti solventi sintetici, impianti per il recupero di acqua piovana. Per questa tipologia è previsto anche un bonus volumetrico del 5% nel

caso di nuova costruzione e di 50 m^3 per interventi di ampliamento con adeguamento igienico - funzionale.

- Edificio di Tipologia 1 in cui, rispetto al punto precedenti, non sono previsti ulteriori criteri;
- Edificio di Tipologia 2, in cui è richiesta la verifica della trasmittanza solo per le pareti perimetrali e per le coperture;
- Edificio di Tipologia 3, in cui è richiesta la verifica della trasmittanza per le sole pareti perimetrali.

Come si evince dal prospetto, la coibentazione della copertura per la riduzione del contributo di costruzione deve essere concomitante ad analoga coibentazione delle pareti perimetrali.

[22] Comune di Reggio Emilia, Regolamento Edilizio Comunale.

[23] Comune di Faenza, Norme per l'applicazione degli incentivi per interventi di bioedilizia e di qualità ambientale.

[24] Il documento di cui alla nota precedente definisce 'tetto giardino' una copertura a giardino pensile praticabile e fruibile, visibile dal prospetto stradale, caratterizzata da una fascia perimetrale per il possibile inserimento di specie arbustive e da una quota rimanente centrale a inverdimento estensivo o destinata ad accogliere percorsi pedonali.

[25] Comune di Catania, Regolamento Edilizio, art. 59.

[26] *Ivi*, art. 85.

[27] Comune di Catania, Regolamento Edilizio 2014.

[28] Comune di Trieste, Deliberazione consiliare n. 32/2014.

[29] Fonte: Osservatorio del Mercato Immobiliare a cura dell'Agenzia delle Entrate, http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/content/Nsilib/Nsi/Documentazione/omi/Banche+dati/Quotazioni+immobiliari/

[30] DEI Tipografia del Genio Civile, Prezzi informativi dell'edilizia - Nuove Costruzioni – Agosto 2014. ISBN: 884969408.

[31] Si intende per perequazione urbanistica l'equa ripartizione dei diritti edificatori e dei relativi oneri tra tutti i proprietari delle aree ed edifici interessati da un intervento da realizzare unitariamente.