



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

RAPPORTO SULLA DEFINIZIONE FINALE DELLE ATTIVITÀ DELL'ANNEX 56 E SULL'AVVIO DEL PROGETTO (Attività A.1)

S. Ferrari

RAPPORTO SUI DATI DI BENCHMARK DEFINITI ATTRAVERSO IL SET DI SIMULAZIONI DINAMICHE CUI RIFERIRE IL POTENZIALE DATO DAGLI INTERVENTI DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI (Attività A.2)

S. Ferrari, V. Zanotto



RAPPORTO SULLA DEFINIZIONE FINALE DELLE ATTIVITÀ DELL'ANNEX 56 E SULL'AVVIO DEL PROGETTO (ATTIVITÀ A.1)

S. Ferrari (Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito – BEST, Politecnico di Milano)

RAPPORTO SUI DATI DI BENCHMARK DEFINITI ATTRAVERSO IL SET DI SIMULAZIONI DINAMICHE CUI RIFERIRE IL POTENZIALE DATO DAGLI INTERVENTI DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI (ATTIVITÀ A.2)

S. Ferrari, V. Zanotto (Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito – BEST, Politecnico di Milano)

Settembre 2011

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Tema: Tecnologie per il risparmio elettrico nel settore civile

Responsabile Tema: Gaetano Fasano, ENEA

Indice

RAPPORTO SULLA DEFINIZIONE FINALE DELLE ATTIVITÀ DELL'ANNEX 56 E SULL'AVVIO DEL PROGETTO (Attività A.1)	5
RAPPORTO SUI DATI DI BENCHMARK DEFINITI ATTRAVERSO IL SET DI SIMULAZIONI DINAMICHE CUI RIFERIRE IL POTENZIALE DATO DAGLI INTERVENTI DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI (Attività A.2)	6
Introduzione	6
1. Dati climatici.....	6
2. Impostazione del modello	10
2.1. Piani adibiti ad uffici – Sede centrale	12
2.1.1. Caratteristiche costruttive	12
<i>Edifici di nuova costruzione: convenzionale</i>	13
<i>Edifici di nuova costruzione: vetrato</i>	14
<i>Edifici risalenti agli anni 1960/80: convenzionale</i>	16
<i>Edifici risalenti agli anni 1960/80: sandwich</i>	16
<i>Edifici tradizionali</i>	17
2.1.2. Apporti termici interni	18
2.1.3. Flussi d'aria.....	19
2.2. Piano adibito ad agenzia – Agenzia	21
2.2.1. Caratteristiche costruttive	22
<i>Edifici di nuova costruzione</i>	22
<i>Edifici risalenti agli anni 1960/80</i>	22
<i>Edifici tradizionali</i>	23
2.2.2. Apporti termici interni	23
2.2.3. Flussi d'aria.....	24
2.3. Caratteristiche costruttive combinate – Filiale.....	25
3. Impostazione degli impianti.....	25
4. Valutazioni energetiche.....	27
4.1. Domanda di energia	27
4.1.1. Effetti dell'ombreggiamento	29
4.1.2. Risultati relativi al piano adibito ad agenzia – Agenzia.....	29
4.1.3. Risultati relativi all'edificio completo – Filiale	30
4.2. Dimensionamento degli impianti	32
4.3. Consumo di energia	35
4.3.1. Risultati relativi ai piani adibiti ad uffici – Sede centrale.....	35
<i>Milano</i>	35
<i>Roma</i>	37
<i>Palermo</i>	39
4.3.2. Risultati relativi al piano adibito ad agenzia – Agenzia.....	42
<i>Milano</i>	42
<i>Roma</i>	43
<i>Palermo</i>	45
4.3.3. Risultati relativi all'edificio completo – Filiale	48
<i>Milano</i>	48
<i>Roma</i>	50

<i>Palermo</i>	52
5. Conclusioni	54
Allegato A	55
Fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento	57
Consumo di energia per riscaldamento	59
Consumo di energia per raffrescamento	61
Consumo di energia primaria per riscaldamento e raffrescamento	62
Allegato B	64
Domanda di energia – Piani adibiti ad uffici/Sede centrale	64
Domanda di energia – Piano adibito ad agenzia/Agenzia	66
Domanda di energia – Edificio completo/Filiale	68
Dimensionamento degli impianti – Piani adibiti ad uffici/Sede centrale	70
Dimensionamento degli impianti – Piano adibito ad agenzia/Agenzia	72
Dimensionamento degli impianti – Edificio completo/Filiale	74
Consumo di energia – Piani adibiti ad uffici/Sede centrale	76
Consumo di energia – Piano adibito ad agenzia/Agenzia	79
Consumo di energia – Edificio completo/Filiale	83
Bibliografia	87

RAPPORTO SULLA DEFINIZIONE FINALE DELLE ATTIVITÀ DELL'ANNEX 56 E SULL'AVVIO DEL PROGETTO (Attività A.1)

Il Dipartimento ha avviato la propria partecipazione attiva ai lavori preparatori dell'Annex 56 "Energy and GHG Optimized Building Renovation", approvato dall'Executive Committee nel giugno 2010.

Lo scopo dell'Annex 56 è quello di minimizzare i consumi di energia primaria non-rinnovabile e le emissioni di gas serra, promuovendo la generazione energetica da fonte rinnovabile a scala locale e/o di distretto.

Il 2° meeting relativo alla *preparation phase*, inizialmente previsto nel mese di febbraio, è stato posticipato al mese di maggio.

Il gruppo di lavoro del Dip.to Best ha inviato un documento preparatorio al meeting, preannunciando al gruppo di lavoro IEA di voler proporre i seguenti contributi:

- Providing data on heating and cooling energy demand referred to several building typologies in different Italian climatic conditions. The data will results from a set of dynamic simulation models and could be take as a benchmark for the buildings energy performance of the Italian stock.
- Providing a method for estimating the building energy demand at district level, by using statistical data and internet tools (i.e. Google map, Street view)
- Providing simplified methods for assessing the cost-effectiveness of the project choices under the point of view of the life cycle energy consumptions.

Durante il 2° meeting che si è tenuto a Luxembourg il 9-10 maggio, sono stati discussi i diversi contributi proposti dagli aderenti all'Annex.

Il partecipante al meeting in rappresentanza del dip.to BEST del Politecnico di Milano ha prodotto alcune slides di presentazione ed ha raccolto quelle presentate dagli altri partners (vedi file allegato nel sito).

La versione finale della minuta relativa al 2° meeting è allegata al presente rapporto (vedi file allegato nel sito).

Durante il prossimo meeting, che si terrà entro il mese di settembre a Zurich (CH), si potrà calibrare in modo definitivo il programma dei lavori dell'Annex, poiché in quella sede si discuteranno le osservazioni raccolte durante l'EXCO-meeting dello scorso mese di giugno in cui il coordinatore ha presentato un aggiornamento dell'Annex Proposal (vedi file allegato nel sito).

RAPPORTO SUI DATI DI BENCHMARK DEFINITI ATTRAVERSO IL SET DI SIMULAZIONI DINAMICHE CUI RIFERIRE IL POTENZIALE DATO DAGLI INTERVENTI DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI (Attività A.2)

Introduzione

Lo studio riportato nella presente relazione vuole contribuire ad individuare il livello dei consumi energetici di sistemi edificio-impianto rappresentativi del parco nazionale.

A tale scopo sono state svolte diverse simulazioni dinamiche su modelli edilizi ad uso “istituti di credito ed assicurativi” riconducibili a edifici esistenti e a nuovi edifici, al fine di definirne le diverse prestazioni energetiche, confrontarle ed evidenziarne le criticità.

La metodologia utilizzata per svolgere l’analisi, in particolare, può riassumersi nei seguenti punti:

- individuazione dei dati climatici appropriati al fine di ricondurre le analisi alla variabilità delle condizioni nazionali;
- definizione di un edificio-tipo su cui effettuare le analisi al variare dei parametri caratterizzanti;
- definizione di un set di varianti da applicare all’edificio-tipo sulla base di specifiche tecnologie costruttive, assegnate per diversa epoca di costruzione e collocazione sul territorio nazionale;
- valutazione dei fabbisogni per la climatizzazione dei modelli tramite simulazioni dinamiche effettuate con il software TRNSYS;
- valutazione dei consumi energetici riconducibili agli impianti di climatizzazione, facendo riferimento a tipologie impiantistiche ricorrenti, seguendo l’approccio standard riportato nelle specifiche tecniche UNI TS 11300-2 (2008) e UNI TS 11300-3 (2010).

1. Dati climatici

Al fine di considerare un insieme sufficientemente rappresentativo delle condizioni climatiche del territorio italiano, sono stati selezionati sette capoluoghi di provincia che, sulla base della classificazione nazionale di riferimento (D.P.R. 412, 1993), appartengono a diverse zone climatiche, come mostrato nel grafico e nella tabella seguenti.

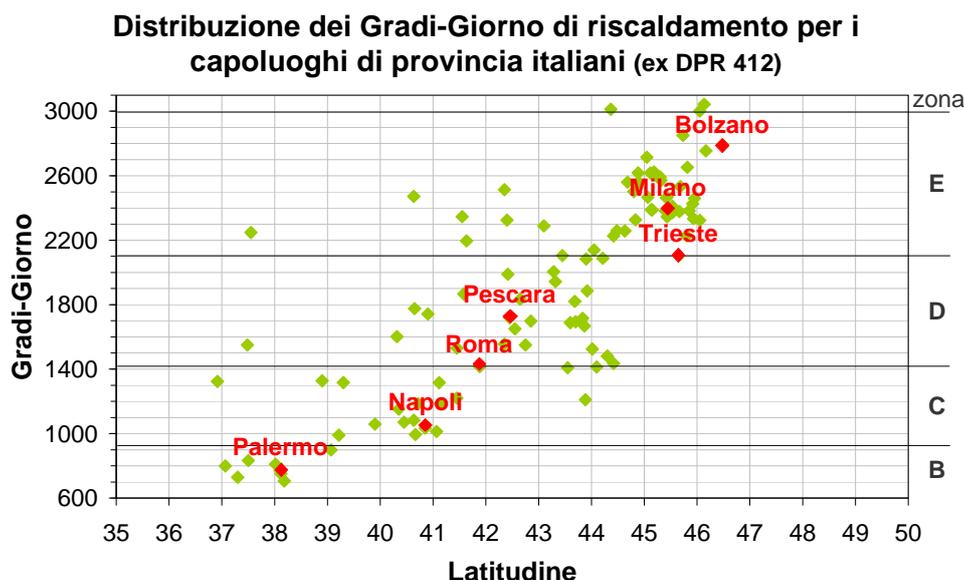


Figura 1: Selezione delle località per il presente studio in base alla classificazione climatica nazionale di riferimento.

Tabella 1: località selezionate in base alla classificazione climatica riportata nel D.P.R. 412 (e ss. mm. e i.).

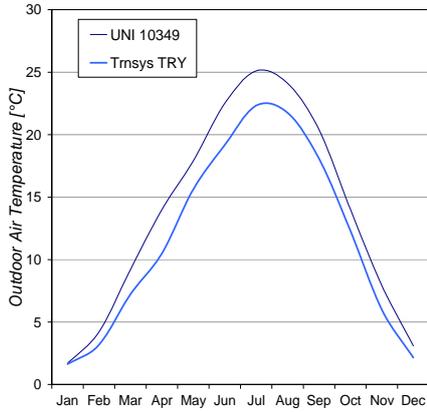
	Bolzano	Milano	Trieste	Pescara	Roma	Napoli	Palermo
Gradi-giorno	2791	2404	2102	1718	1415	1034	751
Zona climatica	E	E	E	D	D	C	B

Per svolgere le simulazioni su base oraria sono stati utilizzati i file climatici TRY (Test Reference Year) disponibili nella banca dati del software TRNSYS.

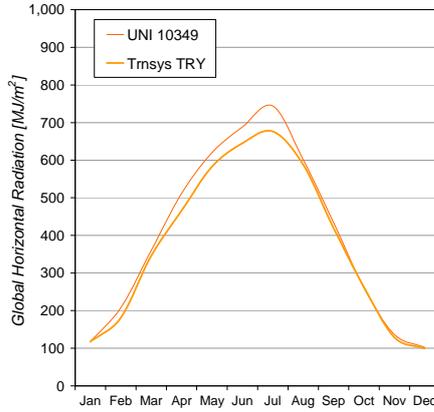
Allo scopo di verificare che le analisi fossero condotte con dati orari coerenti con quelli medi mensili riportati nella norma UNI 10349 (nel caso si vogliano utilizzare i risultati ottenuti con il presente studio per estendere, pur se con interpolazioni di prima analisi, le valutazioni ad altre specifiche realtà climatiche nazionali), i dati climatici di libreria TRNSYS di temperatura dell'aria e di radiazione solare globale incidente sull'orizzontale sono stati elaborati in valori medi mensili e messi a confronto con quelli di norma. Come si può desumere dai grafici che seguono, i dati climatici rivelano in linea di massima andamenti analoghi, con scostamenti medi annuali superiori al 10% solo nel caso della temperatura dell'aria di Milano (15%) e di Napoli (13%) (considerate leggermente più "fredde" dal file climatico rispetto a quanto rilevabile secondo norma).

Milano

Temperatura dell'aria



Radiazione solare globale



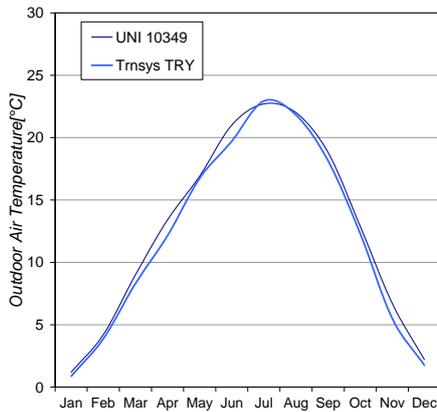
Milano

	Avg. difference
$T_{air,out}$	15%
$I_{gl,hor}$	6%

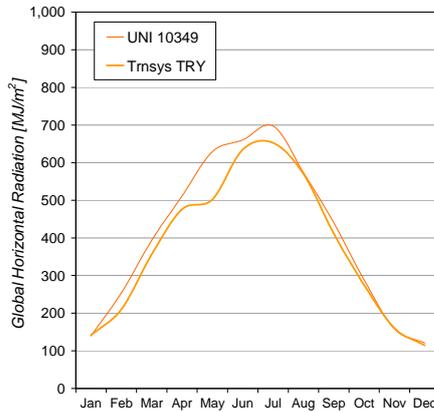
Figura 2. Valori medi mensili di temperatura dell'aria e di radiazione solare globale sull'orizzontale secondo norma UNI 10349 e derivati dal TRY fornito con TRNSYS. Città di Milano.

Bolzano

Temperatura dell'aria



Radiazione solare globale



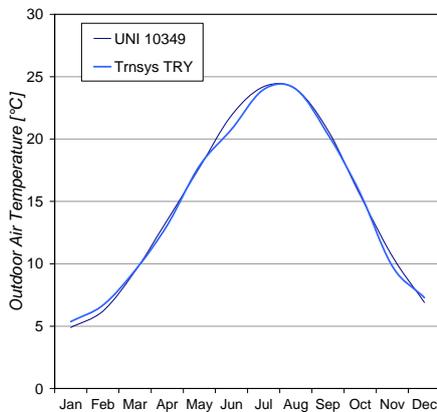
Bolzano

	Avg. difference
$T_{air,out}$	5%
$I_{gl,hor}$	8%

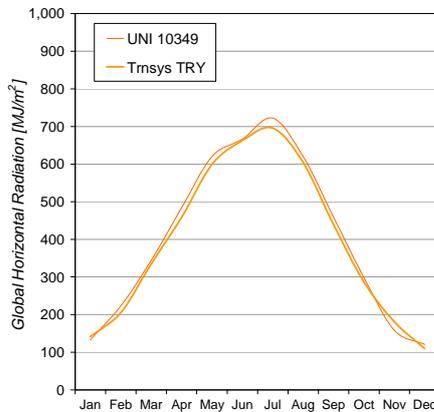
Figura 3. Valori medi mensili di temperatura dell'aria e di radiazione solare globale sull'orizzontale secondo norma UNI 10349 e derivati dal TRY fornito con TRNSYS. Città di Bolzano.

Trieste

Temperatura dell'aria



Radiazione solare globale



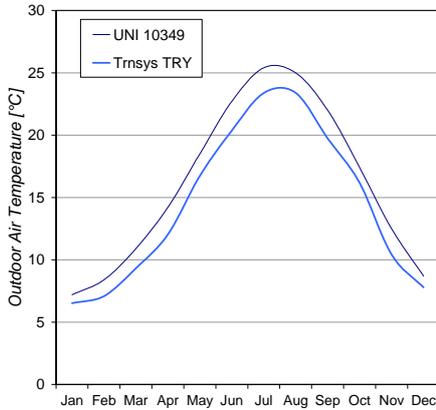
Trieste

	Avg. difference
$T_{air,out}$	3%
$I_{gl,hor}$	4%

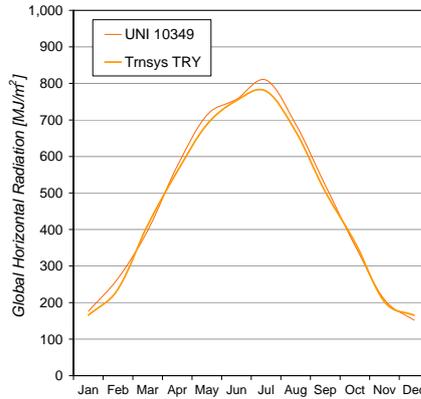
Figura 4. Valori medi mensili di temperatura dell'aria e di radiazione solare globale sull'orizzontale secondo norma UNI 10349 e derivati dal TRY fornito con TRNSYS. Città di Trieste.

Pescara

Temperatura dell'aria



Radiazione solare globale



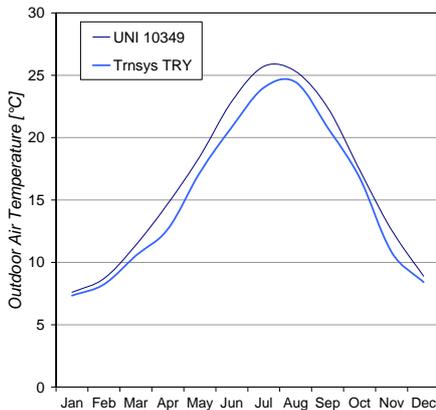
Pescara

	Avg. difference
$T_{air,out}$	10%
$I_{gl,hor}$	3%

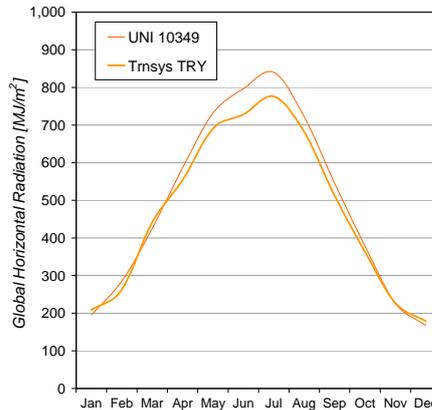
Figura 5. Valori medi mensili di temperatura dell'aria e di radiazione solare globale sull'orizzontale secondo norma UNI 10349 e derivati dal TRY fornito con TRNSYS. Città di Pescara.

Roma

Temperatura dell'aria



Radiazione solare globale



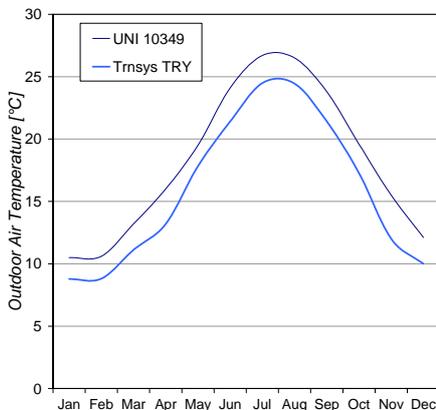
Roma

	Avg. difference
$T_{air,out}$	7%
$I_{gl,hor}$	6%

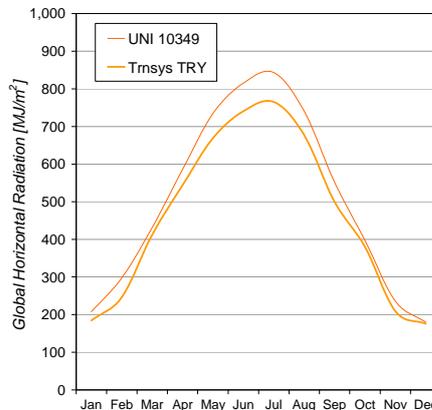
Figura 6. Valori medi mensili di temperatura dell'aria e di radiazione solare globale sull'orizzontale secondo norma UNI 10349 e derivati dal TRY fornito con TRNSYS. Città di Roma.

Napoli

Temperatura dell'aria



Radiazione solare globale



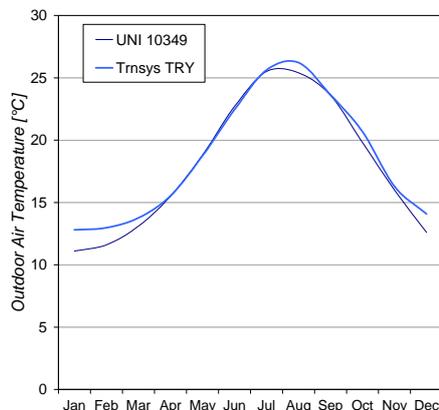
Napoli

	Avg. difference
$T_{air,out}$	13%
$I_{gl,hor}$	9%

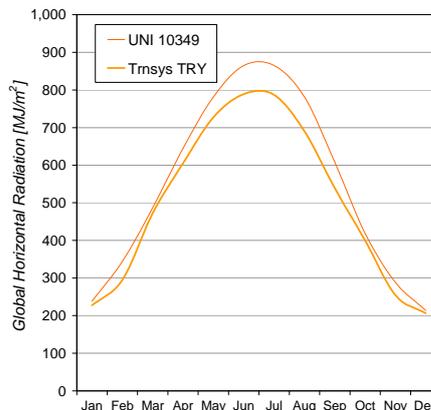
Figura 7. Valori medi mensili di temperatura dell'aria e di radiazione solare globale sull'orizzontale secondo norma UNI 10349 e derivati dal TRY fornito con TRNSYS. Città di Napoli.

Palermo

Temperatura dell'aria



Radiazione solare globale



Palermo

	Avg. difference
$T_{air,out}$	4%
$I_{gl,hor}$	8%

Figura 8. Valori medi mensili di temperatura dell'aria e di radiazione solare globale sull'orizzontale secondo norma UNI 10349 e derivati dal TRY fornito con TRNSYS. Città di Palermo.

2. Impostazione del modello

Per similitudine funzionale, gli *istituti di credito ed assicurativi* sono stati assimilati alla generica tipologia di *istituto bancario*.

Secondo Zevi (2003), gli istituti bancari comprendono caratteristiche relative alle destinazioni d'uso del terziario commerciale per quanto riguarda le aree accessibili al pubblico e caratteristiche relative alle destinazioni d'uso del terziario non commerciale per quanto riguarda i locali destinati alle attività direzionali, gestionali ed amministrative. La specificazione degli spazi interni dipende principalmente dal ruolo di influenza territoriale della sede considerata. Vengono infatti individuati tre livelli "gerarchico-direzionali" principali:

- *sedi centrali*, con raggio d'influenza nazionale e internazionale, sono caratterizzate essenzialmente da locali adibiti ad uffici;
- *filiali*, con raggio di influenza regionale e provinciale, ospitano sia funzioni amministrative e gestionali sia attività d'agenzia;
- *agenzia*, con raggio d'influenza locale, dedicata esclusivamente al contatto e all'erogazione di servizi specifici al pubblico – l'estensione degli spazi è tale da impegnare solo parte di un edificio, generalmente il piano terra (per garantire l'accessibilità).

La ricerca muove perciò da un edificio-tipo con geometria rettangolare (30m x 12m) a doppio affaccio contrapposto, caratterizzato da 6 piani fuori terra e da un piano interrato occupato da ambienti non condizionati (es. parcheggi e locali tecnici).

L'edificio è strutturato come una filiale, con l'intero piano terra occupato da funzioni di agenzia e i cinque piani superiori adibiti alle attività amministrative e gestionali, occupati perciò da locali per uffici. In tal modo si potranno ottenere risultati relativi ai soli uffici (a rappresentare una sede centrale), alla sola agenzia e alla combinazione dei due (filiale).

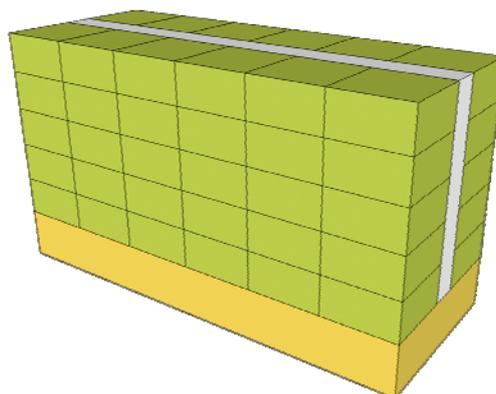


Figura 9: Schema tridimensionale degli ambienti condizionati dell'edificio-tipo. In verde gli uffici singoli dei piani superiori e in giallo il piano dedicato alle attività di agenzia.

Le aperture sono posizionate esclusivamente sulle due facciate principali, per consentire un'analisi di sensitività sugli effetti dovuti ai diversi orientamenti principali.

Le varianti apportate all'edificio-tipo per definire il set di simulazioni sono di tipo tecnologico-costruttivo, e le diverse caratteristiche sono state selezionate al fine di considerare realtà edilizie riconducibili a tre principali epoche costruttive nazionali.

Epoca contemporanea, con edifici di nuova costruzione caratterizzati da requisiti di involucro che rientrano nei limiti del D.Lgs. 195 (2005) e succ. mod. e int. Tali requisiti riguardano in primo luogo il massimo valore di trasmittanza termica degli elementi d'involucro, definiti nell'allegato C del D.Lgs. 311 (2006), come indicato in Tabella 2.

Tabella 2: Limiti di trasmittanza termica in $W/(m^2 K)$ degli elementi tecnici come prescritti dal D.Lgs. 311/06.

	Zona E (MI-BZ-TS)	Zona D (PE-RM)	Zona C (NA)	Zona B (PA)
Strutture opache verticali	0.34	0.36	0.40	0.48
Coperture	0.30	0.32	0.38	0.38
Pavimenti verso locali non riscaldati	0.33	0.36	0.42	0.49
Separazione verso altre unità immobiliari	0.80	0.80	0.80	0.80
Chiusure trasparenti	2.20	2.40	2.60	3.00
Vetri	1.70	1.90	2.10	2.70

In secondo luogo, il D.P.R. 59 (2009) prescrive minimi valori di massa superficiale o massimi valori di trasmittanza periodica per gli elementi opachi d'involucro verticale e di copertura, per le località che non ricadono in zona climatica F e in cui il valore medio mensile di irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione sia maggiore o uguale a $290 W/m^2$. Tra i capoluoghi considerati, Pescara, Roma, Napoli e Palermo rispondono a queste condizioni, ma il rispetto delle prescrizioni, indicate in Tabella 3, è stato garantito anche nel caso delle altre località.

Tabella 3: Limiti di massa superficiale e trasmittanza termica periodica prescritti dal D.P.R. 59/09.

	Massa Superficiale [kg/m^2]	Trasmittanza Termica Periodica [$W/(m^2 K)$]
Strutture opache verticali	230	0.12
Strutture opache orizzontali o inclinate	-	0.20

Gli anni compresi tra il 1960 e il 1980 corrispondono al periodo di più intensa urbanizzazione in Italia, cui risale buona parte degli edifici attualmente utilizzati come uffici (Zuccaro, 2002; CRESME 2009): questi edifici sono caratterizzati da tecnologie pressoché indifferenziate sul territorio¹.

Epoca tradizionale, cui risalgono gli edifici più vecchi, generalmente caratterizzati da murature pesanti in mattoni o pietra.

2.1. Piani adibiti ad uffici – Sede centrale

Il blocco superiore dell’edificio, composto da 5 piani, è destinato alle attività amministrative e gestionali ed è suddiviso in un ambiente di distribuzione centrale e due setti laterali contenenti ciascuno 30 ambienti-ufficio, caratterizzati dalle seguenti dimensioni: 25 m² di superficie utile e 67.50 m³ di volume interno netto. Lo schema planimetrico dei singoli piani è mostrato in Figura 10.

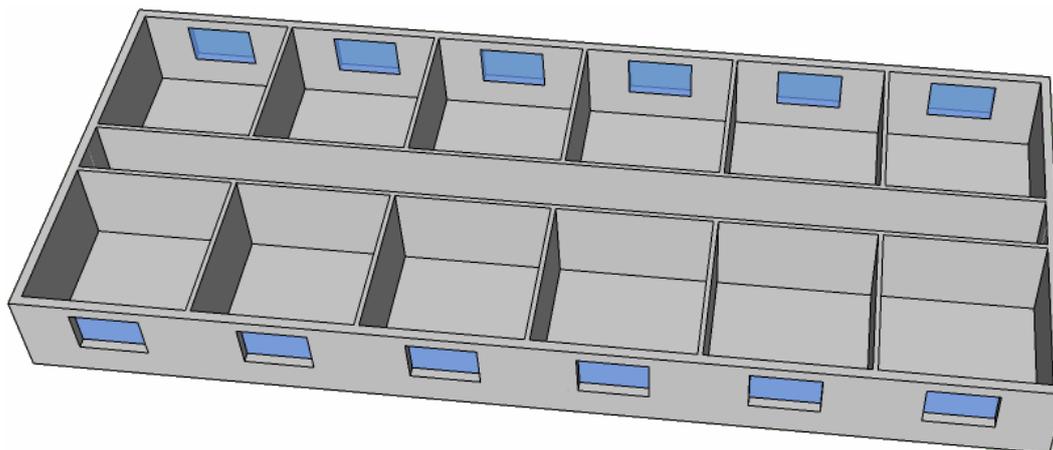


Figura 10: Schema tridimensionale di uno dei piani adibiti ad uffici (porzione finestrata convenzionale).

Poiché il volume edilizio contenente gli uffici è caratterizzato da un doppio affaccio contrapposto e simmetrico, è stato possibile considerare le diverse esposizioni Nord-Sud ed Est-Ovest.

2.1.1. Caratteristiche costruttive

Nel caso dei piani adibiti ad uffici, le opzioni tecnologico-costruttive considerate sono state cinque. Per ciascuna epoca, infatti, sono state considerate soluzioni d’involucro verticale “convenzionali”, realizzate in muratura e con superficie finestrata pari ad 1/8 dell’area di pavimento²,

e nel caso dei periodi *contemporaneo* e *1960/80* è stata contemplata anche una variante più leggera e ampiamente vetrata, in modo tale da contemplare una tipologia alternativa ampiamente diffusasi a partire dal periodo di intensa urbanizzazione.

¹ Le stratigrafie relative a quest’epoca sono derivate da C.N.R. (1982).

² Secondo diffusa pratica riguardo ai rapporti aero-illuminanti.

Edifici di nuova costruzione: convenzionale

Le pareti perimetrali dell'edificio *nuovo convenzionale* risultano caratterizzate da un doppio strato di mattoni semipieni con interposto isolante di spessore variabile a seconda dei limiti di trasmittanza termica previsti per ciascuna località. I tramezzi interni sono costituiti da forati intonacati.

In Tabella 4-7 sono riportate le caratteristiche degli elementi costruttivi per l'edificio *nuovo convenzionale*.

 Tabella 4. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi opachi nell'edificio *nuovo convenzionale* per la zona climatica E (Milano, Bolzano, Trieste).

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	M _s [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]	Y _{ie} [W/(m ² K)]
Pareti perimetrali	35.00	0.33	264	261	0.06
Copertura	53.00	0.30	462	396	0.04
Solaio verso locali non riscaldati	38.50	0.32	309	262	0.10
Solai interni	31.00	0.77	299	257	-
Tramezzi interni	11.00	1.57	92	84	-

 Tabella 5. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi opachi nell'edificio *nuovo convenzionale* per la zona climatica D (Pescara, Roma).

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	M _s [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]	Y _{ie} [W/(m ² K)]
Pareti perimetrali	34.00	0.36	264	260	0.07
Copertura	52.00	0.32	462	395	0.04
Solaio verso locali non riscaldati	37.50	0.35	308	262	0.11
Solai interni	31.00	0.77	299	257	-
Tramezzi interni	11.00	1.57	92	84	-

 Tabella 6. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi opachi nell'edificio *nuovo convenzionale* per la zona climatica C (Napoli).

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	M _s [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]	Y _{ie} [W/(m ² K)]
Pareti perimetrali	33.00	0.40	263	260	0.08
Copertura	50.00	0.38	461	395	0.05
Solaio verso locali non riscaldati	36.00	0.40	308	261	0.13
Solai interni	31.00	0.77	299	257	-
Tramezzi interni	11.00	1.57	92	84	-

 Tabella 7. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi opachi nell'edificio *nuovo convenzionale* per la zona climatica B (Palermo).

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	M _s [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]	Y _{ie} [W/(m ² K)]
Pareti perimetrali	31.50	0.47	262	259	0.10
Copertura	50.00	0.38	461	395	0.05
Solaio verso locali non riscaldati	34.50	0.48	307	261	0.16
Solai interni	31.00	0.77	299	257	-
Tramezzi interni	11.00	1.57	92	84	-

Come spiegato in precedenza, le finestre, anch'essere con trasmittanza variabile secondo i requisiti di legge, coprono una superficie pari a 1/8 dell'area di pavimento, che corrisponde al 23% della facciata al netto delle strutture.

Tabella 8. Caratteristiche degli elementi d'involucro trasparente dei piani ad uso uffici per l'edificio nuovo convenzionale.

Zona	Vetro		g	Telaio	U totale [W/m ² K]
	Tipo	U [W/(m ² K)]			
E	Vetrocamera basso-emissiva, aria	1.68	0.60	Al (a taglio termico)	1.77
D	Vetrocamera basso-emissiva, aria	1.87	0.63	Al (senza taglio termico)	2.14
C	Vetrocamera, aria	2.05	0.63	Al (senza taglio termico)	2.29
B	Vetrocamera, aria	2.70	0.76	Al (senza taglio termico)	2.81

Globalmente, l'involucro della parte adibita ad uffici presenta le seguenti caratteristiche termofisiche.

Tabella 9. Caratteristiche termofisiche complessive dell'involucro del blocco per uffici nel caso dell'edificio nuovo convenzionale.

	Trasmittanza media [W/(m ² K)]	Massa superficiale media [kg/m ²]	Capacità termica media [kJ/(m ² K)]
Zona E	0.47	284	261
Zona D	0.53	284	260
Zona C	0.59	283	260
Zona B	0.69	283	259

Edifici di nuova costruzione: vetrato

Le pareti perimetrali opache dell'edificio *nuovo vetrato* sono caratterizzate da doppio strato di mattoni forati con interposto isolante di spessore variabile secondo i requisiti di trasmittanza termica per la zona climatica: tali murature interessano le sole due teste del corpo di fabbrica. I tramezzi interni sono costituiti da strutture a secco in cartongesso.

In Tabella 10-14 sono riportate le caratteristiche degli elementi costruttivi per l'edificio *nuovo convenzionale*.

Tabella 10. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi opachi nell'edificio nuovo vetrato per la zona climatica E (Milano, Bolzano, Trieste).

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	Ms [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]	Yie [W/(m ² K)]
Pareti perimetrali	35.50	0.33	294	252	0.09
Copertura	53.00	0.30	462	396	0.04
Solaio verso locali non riscaldati	38.50	0.32	309	262	0.10
Solai interni	31.00	0.77	299	257	-
Tramezzi interni	15.00	1.54	45	49	-

Tabella 11. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi opachi nell'edificio nuovo vetrato per la zona climatica D (Pescara, Roma).

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	Ms [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]	Yie [W/(m ² K)]
Pareti perimetrali	34.5	0.36	293	251	0.10
Copertura	52.00	0.32	462	395	0.04
Solaio verso locali non riscaldati	37.50	0.35	308	262	0.11
Solai interni	31.00	0.77	299	257	-
Tramezzi interni	15.00	1.54	45	49	-

Tabella 12. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi opachi nell'edificio nuovo vetrato per la zona climatica C (Napoli).

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	Ms [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]	Yie [W/(m ² K)]
Pareti perimetrali	33.50	0.40	293	251	0.12
Copertura	50.00	0.38	461	395	0.05
Solaio verso locali non riscaldati	36.00	0.40	308	261	0.13
Solai interni	31.00	0.77	299	257	-
Tramezzi interni	15.00	1.54	45	49	-

Tabella 13. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi opachi nell'edificio nuovo vetrato per la zona climatica B (Palermo).

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	Ms [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]	Yie [W/(m ² K)]
Pareti perimetrali	32.00	0.47	292	250	0.14
Copertura	50.00	0.38	461	395	0.05
Solaio verso locali non riscaldati	34.50	0.48	307	261	0.16
Solai interni	31.00	0.77	299	257	-
Tramezzi interni	11.00	1.54	45	49	-

Le finestre coprono l'intera superficie delle facciate principali e, adducendo ad una logica conservativa in vista di una condizione di per sé sfavorevole, contemplanò una tecnologia vetrata più performance rispetto alle soluzioni dell'edificio nuovo convenzionale:

- la trasmittanza termica degli elementi è del 30% inferiore a quanto prescritto per legge;
- il fattore di guadagno solare, che contiene il carico termico dell'edificio dovuto all'ingresso della radiazione solare, è pari 0.40.

Tabella 14. Caratteristiche degli elementi d'involucro trasparente dei piani ad uso uffici per l'edificio nuovo vetrato.

Zona	Vetro Tipo	Vetro		Telaio	U totale [W/m ² K]
		U [W/(m ² K)]	g		
E	Vetrocamera basso-emissiva, aria	1.08	0.39	Al (a taglio termico)	1.28
D	Vetrocamera basso-emissiva, aria	1.30	0.40	Al (a taglio termico)	1.46
C	Vetrocamera basso-emissiva, aria	1.40	0.40	Al (senza taglio termico)	1.77
B	Vetrocamera basso-emissiva, aria	1.89	0.41	Al (senza taglio termico)	2.16

Globalmente, l'involucro presenta le seguenti caratteristiche termofisiche.

Tabella 15. Caratteristiche termofisiche complessive dell'involucro del blocco per uffici nel caso dell'edificio nuovo vetrato.

	Trasmittanza media [W/(m ² K)]	Massa superficiale media [kg/m ²]	Capacità termica media [kJ/(m ² K)]
Zona E	0.74	201	172
Zona D	0.83	201	172
Zona C	0.99	201	171
Zona B	1.19	200	171

Edifici risalenti agli anni 1960/80: convenzionale

Le pareti perimetrali dell'*edificio convenzionale degli anni 1960/80* sono caratterizzate da un doppio strato di mattoni forati a cassa vuota, e i tramezzi interni sono costituiti da forati intonacati.

Tabella 16. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi nell'edificio convenzionale degli anni 1960/80.

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	Ms [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]
Pareti perimetrali	35.00	0.98	305	264
Copertura	36.00	0.91	317	302
Solaio verso locali non riscaldati	28.50	1.66	303	258
Solai interni	28.50	1.63	298	256
Tramezzi interni	11.00	1.57	92	84

Anche in questo caso le finestre coprono una superficie pari ad 1/8 dell'area di pavimento, e sono costituite da doppio vetro³ e telaio in alluminio senza taglio termico, per una trasmittanza termica totale di 2.91 W/(m² K) e un fattore di guadagno solare di 0.755.

Globalmente, l'involucro presenta le seguenti caratteristiche termofisiche: trasmittanza termica media di 1.30 W/(m² K), massa superficiale media di 276 kg/m² e capacità termica media di 243 kJ/(m² K).

Edifici risalenti agli anni 1960/80: sandwich

Le pareti perimetrali dell'*edificio vetrato degli anni 1960/80* sono caratterizzate da una struttura a sandwich di fibrocemento/cartongesso con 14 cm di isolante⁴. I tramezzi interni sono costituiti da una struttura a secco in cartongesso.

Tabella 17. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi nell'edificio sandwich degli anni 1960/80.

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	Ms [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]
Pareti perimetrali	14.00	0.36	56	53
Copertura	36.00	0.91	317	302
Solaio verso locali non riscaldati	28.50	1.66	303	258
Solai interni	28.50	1.63	298	256
Tramezzi interni	15.00	1.54	45	49

³ Pur considerando che finestre di tali prestazioni non erano le più diffuse nel periodo di costruzione considerato, studi recenti sul parco edilizio per uffici in Italia (CRESME, 2009) hanno mostrato che oltre il 50% degli edifici risalenti a prima del 1970 sono stati sottoposti a retrofit, con una conseguente ampia diffusione di doppi vetri anche per quanto riguarda gli edifici esistenti. Questo fatto consente di prevedere un progressivo completamento delle azioni di retrofit per quanto riguarda questa categoria di edifici, anche al fine di rispettare i più recenti requisiti in termini di prestazioni acustiche.

⁴ Cfr. nota 1.

Le facciate principali sono ampiamente vetrate, ad esclusione della porzione sottodavanzale (altezza 1.10 m), per una percentuale trasparente risultante pari al 63% della facciata netta. Come per l'altro edificio degli anni 60/80, le finestre hanno vetro doppio con telaio in alluminio senza taglio termico, per una trasmittanza globale delle finestre di $2.91 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ e un fattore di guadagno solare di 0.755.

Globalmente, l'involucro presenta le seguenti caratteristiche termofisiche: trasmittanza termica media di $1.42 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, massa superficiale media di $139 \text{ kg}/\text{m}^2$ e capacità termica media di $127 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \text{ K})$.

Edifici tradizionali

Le pareti perimetrali dell'*edificio tradizionale* sono state differenziate a seconda della località e delle relative tradizioni costruttive.

In Italia, in linea di massima, le vecchie costruzioni presentano pareti in muratura portante costituite da mattoni pieni o pietra facilmente reperibile nella zona geografica di riferimento (Zuccaro, 2002). Sono state dunque assegnate le seguenti murature da 50 cm di spessore:

- tecnologia a mattoni pieni nelle regioni settentrionali e adriatiche (Milano, Bolzano, Trieste e Pescara);
- tecnologia in tufo nelle regioni meridionali (Napoli e Palermo), assegnata anche alla realtà di Roma al fine di ottenere un caso alternativo a quello ricadente nella medesima zona climatica (Pescara).

Tabella 18. Caratteristiche termofisiche delle pareti perimetrali dell'edificio tradizionale.

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	Ms [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]
Pareti in mattoni	54.00	1.08	965	818
Pareti in tufo	54.00	0.98	815	587

Tabella 19. Caratteristiche termofisiche degli elementi costruttivi (eccetto le pareti perimetrali) nell'edificio tradizionale.

	s [cm]	U [W/(m ² K)]	Ms [kg/m ²]	C [kJ/(m ² K)]
Copertura	36.00	0.91	317	302
Solaio verso locali non riscaldati	28.50	1.66	303	258
Solai interni	28.50	1.63	298	256
Tramezzi interni	11.00	1.57	92	84

Anche in quest'ultimo caso, le finestre coprono una superficie pari a 1/8 dell'area di pavimento dell'ufficio, e sono costituite da doppio vetro⁵ e telaio di legno, che porta ad una trasmittanza termica totale della finestra di $2.73 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ e ad un fattore di guadagno solare di 0.755.

Globalmente, l'involucro presenta le seguenti caratteristiche termofisiche.

⁵ Cfr. nota 3.

Tabella 20. Caratteristiche termofisiche complessive dell'involucro del blocco per uffici nel caso dell'edificio tradizionale.

	Trasmittanza media [W/(m ² K)]	Massa superficiale media [kg/m ²]	Capacità termica media [kJ/(m ² K)]
Mattoni	1.33	612	526
Tufo	1.28	536	408

2.1.2. Apporti termici interni

Nei piani adibiti alle attività amministrative e gestionali, riguardo gli apporti termici interni sono state assunte le indicazioni della specifica tecnica UNI TS 11300-1 (2008) per valutazioni adattate all'utenza, che definiscono i carichi termici complessivi (dovuti alla presenza di persone, all'illuminazione artificiale e alla presenza di apparecchiature) e un profilo base di applicazione di tali carichi (come indicato in Figura 11).

Giorni	Ore	Ambienti ufficio (60% della superficie utile di pavimento) $(\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A})/A_f$ W/m ²	Altre stanze, atri, corridoi (40% della superficie utile di pavimento) $(\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A})/A_f$ W/m ²
Lunedì - Venerdì	07.00 - 17.00	20,0	8,0
	17.00 - 23.00	2,0	1,0
	23.00 - 07.00	2,0	1,0
	Media	9,50	3,92
Sabato - Domenica	07.00 - 17.00	2,0	1,0
	17.00 - 23.00	2,0	1,0
	23.00 - 07.00	2,0	1,0
	Media	2,0	1,0
Media		7,4	3,1

$(\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A})$ è il flusso termico dalle persone e dalle apparecchiature, in W;
 A_f è la superficie utile di pavimento.

Figura 11: Tabella di indicazione dei carichi interni riportata nel Prospetto 10 della UNI TS 11300-1.

Nello studio, poiché richiesto dal software di simulazione al fine di definire le diverse componenti radiative e convettive, i carichi termici sono stati suddivisi tra le diverse fonti (occupanti, luci, apparecchiature elettriche) in base a pesature desunte dal Quaderno Tecnico Svizzero SIA 2024 (1994).

Per quanto riguarda questi locali ad uso uffici, sono stati quindi individuati 8.4 W/m² di apporti dovuti all'illuminazione artificiale, 5.6 W/m² dovuti alle apparecchiature elettriche e 6 W/m² dovuti alla presenza di persone (corrispondenti a due utenti per ufficio in attività sedentaria), applicati secondo i profili riportati nel seguito.

Tabella 21: Profili orari di applicazione dei carichi termici interni per i locali ad uso ufficio.

	Luci		Apparecchiature		Persone	
	Lun-Ven	Sab-Dom	Lun-Ven	Sab-Dom	Lun-Ven	Sab-Dom
00:00-07:00	12%	12%	18%	18%	0%	0%
07:00-17:00	100%		100%			
17:00-24:00	12%		18%			

Carichi termici interni, ambienti adibiti ad ufficio

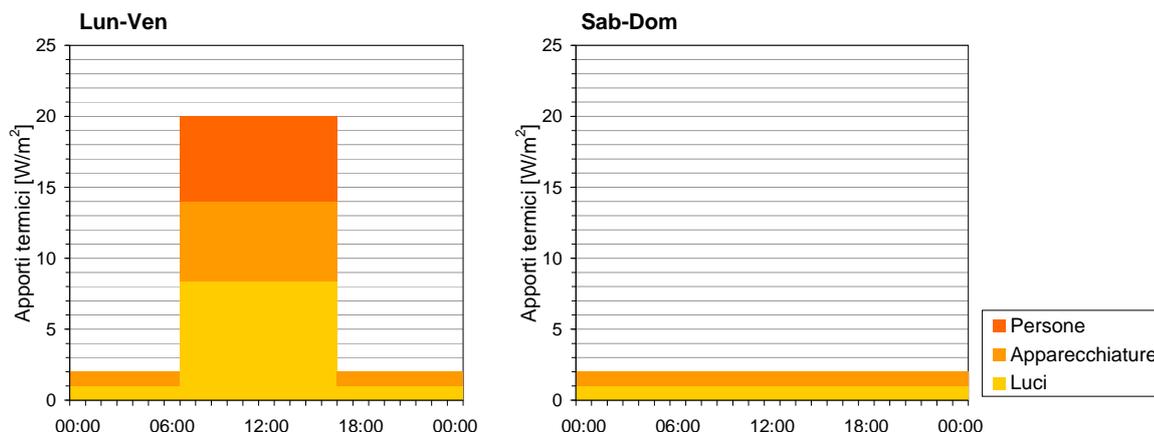


Figura 12: Profili orari dei carichi termici interni complessivi, in W/m^2 , nei locali ad uso ufficio.

Per quanto riguarda la zona di distribuzione, invece, sono stati considerati i soli carichi dovuti all'illuminazione artificiale, sempre secondo UNI TS 11300-1, posti pari a $8 W/m^2$ ed applicati secondo il profilo riportato in Tabella 22.

Tabella 22: Profilo orario di applicazione dei carichi termici dovuti all'illuminazione artificiale per l'ambiente di distribuzione.

	Luci	
	Lun-Ven	Sab-Dom
00:00-07:00	12.5%	12.5%
07:00-17:00	100%	
17:00-24:00	12.5%	

2.1.3. Flussi d'aria

I flussi d'aria impostati nel bilancio termico dell'edificio sono stati considerati con condizioni termoigrometriche corrispondenti a quelle dell'ambiente esterno.

Per quanto riguarda la definizione del tasso di ricambio d'aria, sono state assunte come riferimento le indicazioni della specifica tecnica UNI TS 11300-1 (2008) per valutazioni adattate all'utenza, che, al fine di determinare la portata di ventilazione necessaria per soddisfare l'esigenza di qualità dell'aria interna, richiama la norma UNI EN 15251⁶ (2008) sui criteri di determinazione dei parametri relativi all'ambiente interno da considerare nelle valutazioni delle prestazioni energetiche degli edifici. In particolare, per quanto riguarda il tasso di ricambio d'aria necessario a garantire un adeguato livello di qualità dell'aria interna, viene proposta la tabella riportata in Figura 13.

⁶ UNI EN 15251, determinazione delle portate minime di ventilazione necessarie a garantire un adeguato livello di qualità dell'aria interna;

Type of building or space	Category	Floor area m ² /person	q_p	q_B	q_{tot}	q_B	q_{tot}	q_B	q_{tot}	Add when smoking
			l/s, m ² for occupancy	l/s, m ² for very low-polluted building	l/s, m ² for low-polluted building	l/s, m ² for non-low polluted building	l/s, m ²			
Single office	I	10	1,0	0,5	1,5	1,0	2,0	2,0	3,0	0,7
	II	10	0,7	0,3	1,0	0,7	1,4	1,4	2,1	0,5
	III	10	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	1,2	0,3
Land-scaped office	I	15	0,7	0,5	1,2	1,0	1,7	2,0	2,7	0,7
	II	15	0,5	0,3	0,8	0,7	1,2	1,4	1,9	0,5
	III	15	0,3	0,2	0,5	0,4	0,7	0,8	1,1	0,3

Figura 13: Tassi di ricambio d'aria da prevedere nel caso di locali adibiti ad uffici (appendice B norma UNI EN 15251).

Nel presente studio, è stata selezionata la categoria di qualità dell'ambiente standard (II) di un edificio poco inquinato (funzione della qualità dei materiali di costruzione utilizzati), con un tasso di ricambio d'aria complessivo risultante per gli uffici pari a 1.40 l/(s m²), che corrisponde a 1.90 vol/h.

Per quanto riguarda le ore in cui l'edificio non è occupato, la norma consente di considerare un tasso di ventilazione minimo compreso tra 0.10 e 0.20 l/(s m²) per garantire aria interna sufficientemente fresca all'inizio del periodo di occupazione (in coerenza con i valori convenzionali di infiltrazione naturale dell'aria attraverso l'involucro edilizio). Tali valori sono stati riportati all'interno del modello di simulazione impostando un tasso di infiltrazione costante di 0.15 l/(s m²), pari a 0.20 vol/h.

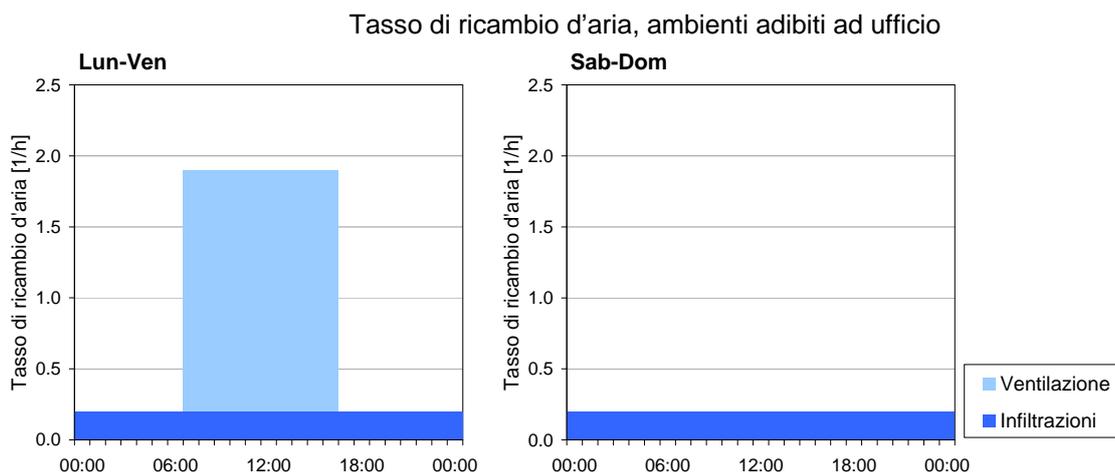


Figura 14: Profili orari del tasso di ricambio d'aria, in l/h, per i locali ad uso ufficio.

Per quanto riguarda i locali non condizionati, sono stati applicati i soli ricambi d'aria dovuti a infiltrazioni (0.20 vol/h).

2.2. Piano adibito ad agenzia – Agenzia

Il piano terra dell'edificio è caratterizzato da una superficie netta di 360 m² e da un volume netto di 1260 m³ (a causa della destinazione d'uso l'altezza è pari a 3.5 m) ed è stato organizzato sulla base di un esempio di distribuzione riportato su Zevi (2003) per un'agenzia bancaria di media importanza (Figura 15).

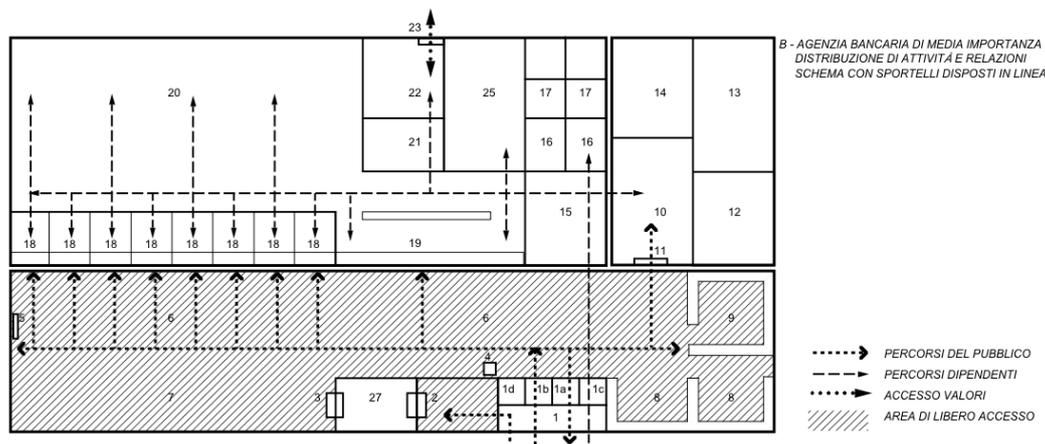


Figura 15: Schema distributivo di un'agenzia bancaria di media importanza (fonte: Zevi, 2003).

In base alle proporzioni suggerite da tale schema, la superficie del locale è stata ripartita in un'area per il pubblico (di 150 m²) e una per gli impiegati (210 m²). Quest'ultima è stata ulteriormente suddivisa in una metà ad open-space (sportelli) e una metà ripartita da tramezzi (uffici dedicati alle operazioni di particolare importanza, delicatezza e/o riservatezza).

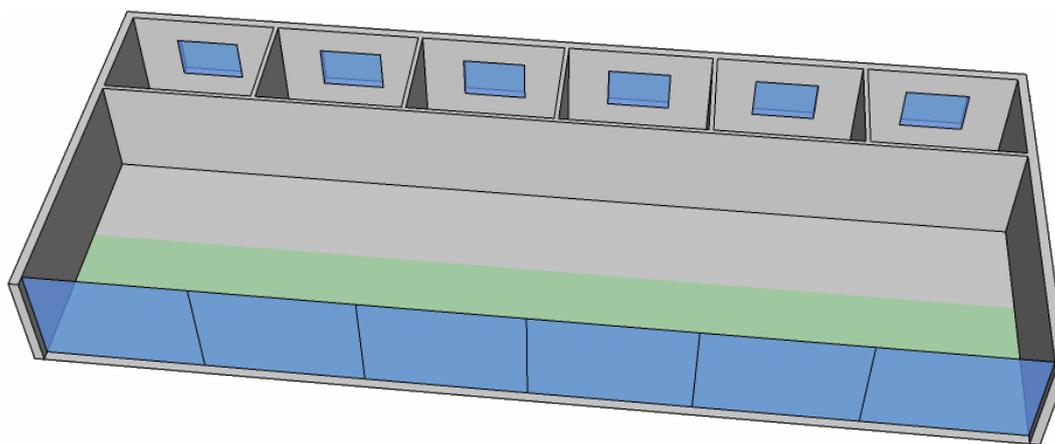


Figura 16: Schema tridimensionale del piano adibito ad agenzia. In verde la porzione di superficie aperta al pubblico.

Per quanto riguarda l'estensione delle superfici vetrate, in tutti i casi considerati l'intera facciata principale a delimitare la zona accessibile al pubblico è coperta da una vetrina, mentre la facciata principale che chiude gli uffici dedicati alle operazioni riservate presenta una singola finestra per ufficio, delle medesime dimensioni di quelle presenti ai piani superiori per le soluzioni convenzionali (per un'estensione totale di 18.9 m²).

Dato che le superfici vetrate non sono distribuite in modo simmetrico tra le due facciate principali, in questo caso le esposizioni considerate sono quattro: Nord, Sud, Est e Ovest.

2.2.1. Caratteristiche costruttive

Nel caso del locale ad uso agenzia le opzioni tecnologico-costruttive sono state ridotte a tre, che corrispondono a quelle di tipo convenzionale riconducibili alle epoche considerate. Tale scelta è dettata principalmente dal fatto che soluzioni estremamente leggere quali quella sandwich e superfici completamente vetrate al di fuori della vetrina, infatti, andrebbero in conflitto con l'esigenza di sicurezza legata alla destinazione d'uso del piano.

In tutti i casi considerati, gli elementi vetrati utilizzati sono composti da una vetrocamera con lastra antisfondamento da 8 mm verso l'esterno e lastra di sicurezza da 6 mm verso l'interno: il trattamento superficiale delle lastre e il gas all'interno del vetrocamera è stato variato per rispettare, nel caso degli edifici di nuova costruzione, i requisiti di trasmittanza di legge. Per ragioni di privacy, inoltre, le superfici vetrate sono sempre schermate tramite tende interne di colore chiaro che, secondo quanto suggerito dalla UNI TS 11300-1 (2008) presentano un fattore di ombreggiamento di 0.2.

Edifici di nuova costruzione

Per gli edifici di nuova costruzione, gli elementi costruttivi opachi sono i medesimi della soluzione nuova convenzionale per i piani dedicati agli uffici (Tabella 4-7), mentre quelli finestrati, definiti in modo da rispettare i limiti di trasmittanza prescritti dal D.Lgs. 311 (2006), sono caratterizzati dalle proprietà riassunte nella tabella seguente.

Tabella 23. Caratteristiche degli elementi d'involucro trasparente dei piani ad uso uffici per l'edificio nuovo vetrato.

Zona	Vetro		Telaio	U totale [W/m ² K]	
	Tipo	U [W/(m ² K)]			g
E	Vetrocamera basso-emissiva, argon	1.65	0.58	Al (a taglio termico)	1.74
D	Vetrocamera basso-emissiva, aria	1.93	0.58	Al	2.19
C	Vetrocamera basso-emissiva, aria	2.07	0.58	Al	2.30
B	Vetrocamera, aria	2.70	0.59	Al	2.81

Globalmente, l'involucro della parte adibita ad agenzia presenta le seguenti caratteristiche termofisiche.

Tabella 24. Caratteristiche termofisiche complessive dell'involucro del piano adibito ad agenzia nel caso dell'edificio di nuova costruzione.

	Trasmittanza media [W/(m ² K)]	Massa superficiale media [kg/m ²]	Capacità termica media [kJ/(m ² K)]
Zona E	0.65	260	228
Zona D	0.73	260	228
Zona C	0.76	260	228
Zona B	0.87	259	227

Edifici risalenti agli anni 1960/80

Anche per gli edifici risalenti agli anni 1960/80 gli elementi opachi sono i medesimi della soluzione convenzionale della stessa epoca già descritti nel caso dei piani dedicati agli uffici (Tabella 16). Gli elementi finestrati, invece, sono costituiti da vetrocamera semplice e da un telaio in alluminio senza

taglio termico, per una trasmittanza totale della finestra di 2.88 W/(m² K) e un fattore di guadagno solare di 0.59.

Tali vetri, molto più performanti di quelli diffusi all'epoca di costruzione, sono stati adottati poiché per una destinazione d'uso quale quella considerata risulta plausibile una costante manutenzione e sostituzione di elementi che determinano le condizioni di sicurezza.

Globalmente, l'involucro della parte di agenzia risalente agli anni 1960/80 presenta le seguenti caratteristiche termofisiche: trasmittanza termica media di 1.68 W/(m² K), massa superficiale media di 265 kg/m² e capacità termica media di 227 kJ/(m² K).

Edifici tradizionali

La parte di agenzia degli edifici tradizionali è caratterizzata da elementi opachi analoghi a quelli visti per la parte ad uffici (Tabella 18-21), quindi differente in base alle tradizioni costruttive locali. Gli elementi finestrati, invece, sono gli stessi utilizzati nel caso dell'agenzia risalente agli anni 1960/80, con una trasmittanza totale di 2.88 W/(m² K) e un fattore solare del vetro di 0.59.

Globalmente, l'involucro tradizionale della parte adibita ad agenzia presenta le seguenti caratteristiche termofisiche.

Tabella 25. Caratteristiche termofisiche complessive dell'involucro del piano adibito ad agenzia nel caso dell'edificio di nuova tradizionale.

	Trasmittanza media [W/(m ² K)]	Massa superficiale media [kg/m ²]	Capacità termica media [kJ/(m ² K)]
Mattoni	1.70	375	320
Tufo	1.68	350	281

2.2.2. Apporti termici interni

La definizione delle caratteristiche di occupazione del locale di agenzia, che è stata modellata come un'unica zona termica, si è basata su valutazioni puntuali riguardo alle diverse componenti dei carichi interni.

I guadagni dovuti alla presenza di persone sono stati stimati sulla base degli indici di affollamento riportati dalla norma UNI 10339 (1995) e ai dati di produzione metabolica derivati dalla UNI EN ISO 7730 (2006). In particolare, l'indice di affollamento è stato calcolato come una combinazione tra quello relativo ad uffici singoli (in riferimento alla zona ripartita da tramezzi) e quello per gli uffici open space, per un totale di 0.1 persone/m². La produzione metabolica assunta è quella per attività leggere condotte in piedi (applicazione tipica ad aree di vendita e banche) e corrisponde a 90 W/persona: il carico termico corrispondente è quindi di 9 W/m², che è stato poi modulato in base alla schedule riportata nella tabella seguente.

Tabella 26: Profili orari di applicazione dei carichi termici interni per occupazione relativa al locali ufficiosi agenzia.

	Zona addetti (58%)		Zona pubblico (42%)		Tot. Agenzia	
	Lun-Ven	Sab-Dom	Lun-Ven	Sab-Dom	Lun-Ven	Sab-Dom
00:00-08:00	0%	0%	0%	0%	0%	0%
08:00-12:00	100%		100%			
12:00-14:00	100%		0%			
14:00-16:00	100%		100%			
16:00-17:00	100%		0%			
17:00-24:00	0%		0%			

I carichi termici dovuti alle luci artificiali sono stati desunti dalla norma svizzera SIA 380/4 (2006) sulla valutazione dei consumi elettrici degli edifici, che determina la potenza installata degli apparecchi d'illuminazione sulla base dei requisiti di illuminamento prescritto per le diverse destinazioni d'uso (ns. rif. UNI EN 12464-1, 2004) e in funzione dell'efficienza luminosa media delle lampade. In particolare, per la zona dedicata al pubblico sono stati considerati i requisiti delle aree di *reception* (200 lx e 8.5 W/m²), mentre per la zona dedicata agli impiegati sono stati considerati quelli relativi alle aree per scrittura, lettura ed elaborazione dati (500 lx e 16 W/m²), per un requisito di illuminamento complessivo di 374 lx e un carico elettrico corrispondente di 12.85 W/m². Considerando la pratica corrente, le luci sono considerate sempre accese durante le ore di occupazione (dalle 8:00 alle 17:00), mentre durante le ore notturne e del weekend è considerato il 10% di accensione dovuto alla presenza di luci di sicurezza.

La presenza delle apparecchiature elettriche è stata applicata secondo la schedule relativa ai locali per uffici, analogamente a quanto già introdotto nel Par. 2.1.2, modulando il carico termico costante indicato all'interno della UNI TS 11300-1 (2008): ne risulta una potenza installata di 7.51 W/m² considerata per la sola zona dedicata agli addetti (che copre il 58% della superficie totale), e una potenza installata complessiva di 4.36 W/m².

I carichi termici globali risultanti sono riportati nei grafici che seguono.

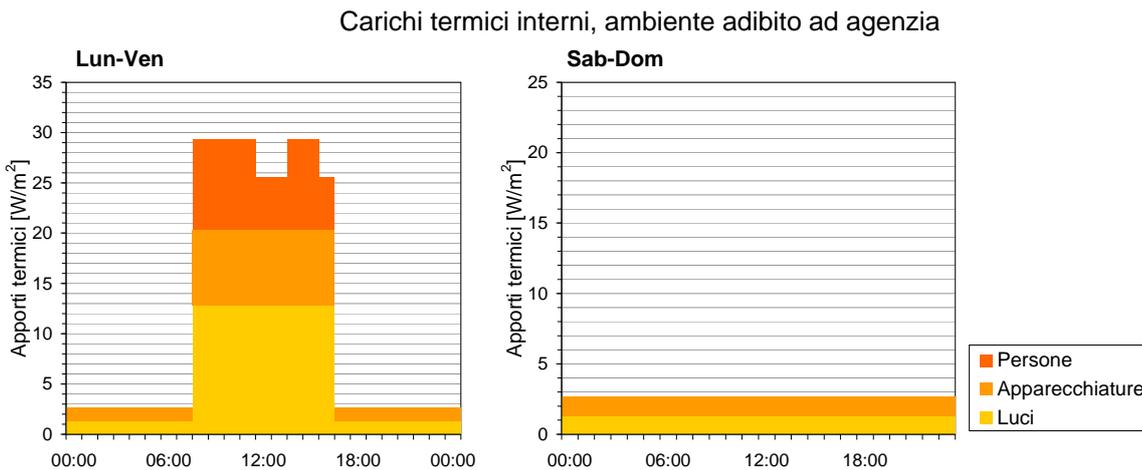


Figura 17: Profili orari dei carichi termici interni complessivi dell'agenzia.

2.2.3. Flussi d'aria

I tassi di ricambio d'aria sono stati valutati, anche in questo caso, sulla base delle indicazioni della norma UNI EN 15251 per qualità dell'ambiente standard (II) ed edificio poco inquinato. Per definire il locale ad uso agenzia sono stati combinati i dati suggeriti per uffici open-space e per uffici singoli analogamente a quanto fatto per il profilo di occupazione, ottenendo così un tasso di ricambio d'aria complessivo pari a 1.33 l/(s m²), che corrisponde a 1.37 vol/h, da garantire secondo il profilo di occupazione dell'edificio.

Anche in questo caso, durante le ore in cui l'edificio non è occupato, è stato considerato un tasso d'infiltrazione costante di 0.15 l/(s m²), pari a 0.20 vol/h.

Tasso di ricambio d'aria, ambiente adibito ad agenzia

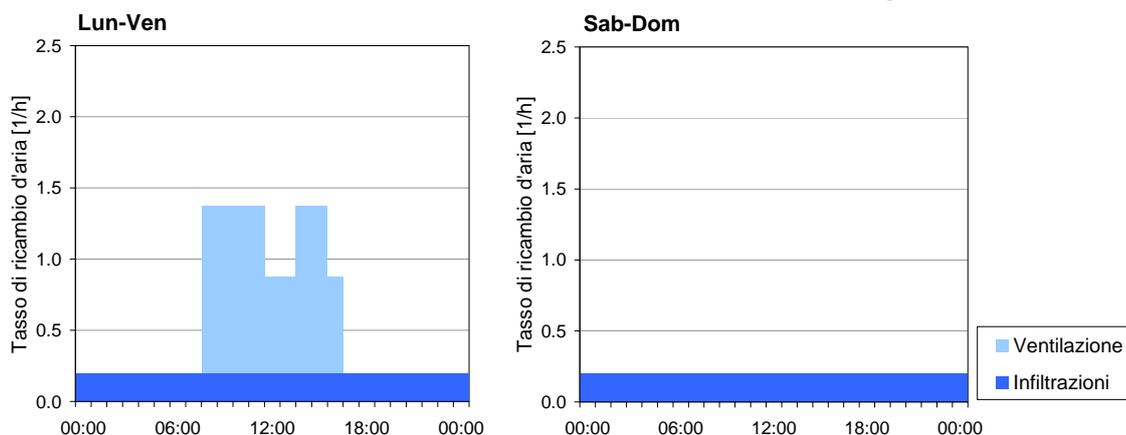


Figura 18: Profili orari del tasso di ricambio d'aria, in l/h, per i locali ad uso ufficio.

2.3. Caratteristiche costruttive combinate – Filiale

Le caratteristiche costruttive degli edifici adibiti a filiale, con entrambe le funzioni di agenzia e amministrative, come combinazione delle parti sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 27. Caratteristiche termofisiche complessive dell'involucro dell'edificio intero adibito a filiale a seconda della località climatica e della soluzione costruttiva considerata.

		MI	BZ	TS	PE	RM	NA	PA
Nuovo Convenzionale	U [W/(m ² K)]	0.53			0.61	0.67	0.80	
	M _s [kg/m ²]	266			266	265	265	
	C [kJ/(m ² K)]	246			245	245	244	
Nuovo Vetrato	U [W/(m ² K)]	0.76			0.87	1.02	1.23	
	M _s [kg/m ²]	194			194	194	194	
	C [kJ/(m ² K)]	169			169	168	168	
60/80 Convenzionale	U [W/(m ² K)]				1.36			
	M _s [kg/m ²]				262			
	C [kJ/(m ² K)]				231			
60/80 Vetrato	U [W/(m ² K)]				1.47			
	M _s [kg/m ²]				144			
	C [kJ/(m ² K)]				130			
Tradizionale	U [W/(m ² K)]	1.40					1.35	
	M _s [kg/m ²]	605					527	
	C [kJ/(m ² K)]	519					399	

3. Impostazione degli impianti

Al fine di considerare una prestazione impiantistica relativa ad una dotazione di larga diffusione, si è fatto riferimento alle modalità di valutazione dei rendimenti delle componenti dell'impianto e dei consumi elettrici dovuti agli ausiliari suggerite dalla specifica tecnica UNI TS 11300.

Come impianto convenzionale è stato considerato un sistema a ventilconvettori a 4 tubi, dedicati a riscaldamento e raffrescamento, alimentati da caldaia a gas e da macchina frigorifera centralizzati e associati ad un sistema di ventilazione/aria primaria.

Per quanto riguarda l'impianto di riscaldamento, sono stati ipotizzati sistemi di generazione e distribuzione diversi a seconda dell'epoca di costruzione dell'edificio, sulla base dei dati di riferimento riportati all'interno della UNI TS 11300-2.

Tabella 28: Caratteristiche generali degli impianti di riscaldamento considerati.

	Nuovo	Anni 60/80	Storico
Generazione (caldaia)	A condensazione	Atmosferico a gas	
Distribuzione	Orizzontale, pompe a velocità variabile	Verticale a montanti (1961-76), pompe a velocità variabile	Verticale a montanti (prima del 1961), pompe a velocità variabile
Emissione	Ventilconvettori		
Regolazione	Climatica (con sonda esterna) e ad ambiente con regolatore on-off		

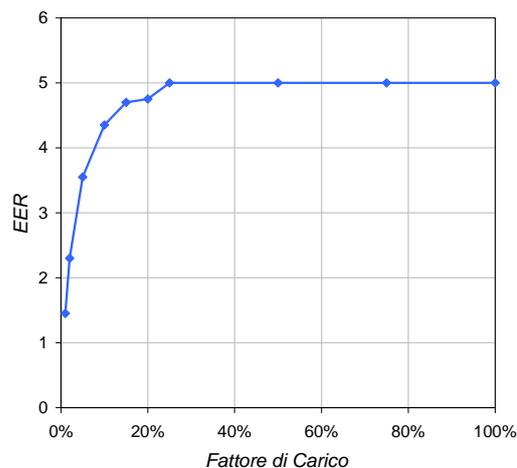
Il rendimento dei generatori, così come i consumi elettrici dovuti agli ausiliari delle caldaie, sono stati valutati sulla base della procedura riportata in Appendice B della UNI TS 11300-2, a partire dalla taglia della macchina e dal fattore di carico orario ottenuti con le simulazioni del presente studio.

Per il raffrescamento è stato ipotizzato l'utilizzo di rete di distribuzione, terminali di emissione e sistema di regolazione analoghi a quanto ipotizzato per il riscaldamento, assumendo quindi i dati di riferimento riportati all'interno della UNI TS 11300-3. Per quanto riguarda la macchina frigorifera la specifica tecnica prevede una valutazione del rendimento mensile basata sul fattore di carico e sulla curva di efficienza del generatore: ai fini del presente studio, due diverse curve di efficienza sono state utilizzate a partire da dati nominali di rendimento differenziati tra gli edifici di nuova costruzione (EER_{nom} pari a 5.0) e quelli più vecchi (EER_{nom} pari a 3.5), come descritto in Figura 19.

Tabella 29: Caratteristiche generali degli impianti di raffrescamento considerati.

	Nuovo	Anni 60/70	Storico
Generazione (macchina frigorifera)	Aria-acqua (EER_{nom} 5.0)	Aria-acqua (EER_{nom} 3.5)	
Distribuzione	Orizzontale, pompe a velocità variabile	Verticale a montanti, pompe a velocità variabile	Verticale a montanti, pompe a velocità variabile
Emissione	Ventilconvettori		
Regolazione	Ad ambiente con regolatore on-off		

Curva di efficienza per la macchina frigorifera Edifici di nuova costruzione



Curva di efficienza per la macchina frigorifera Edifici vecchi

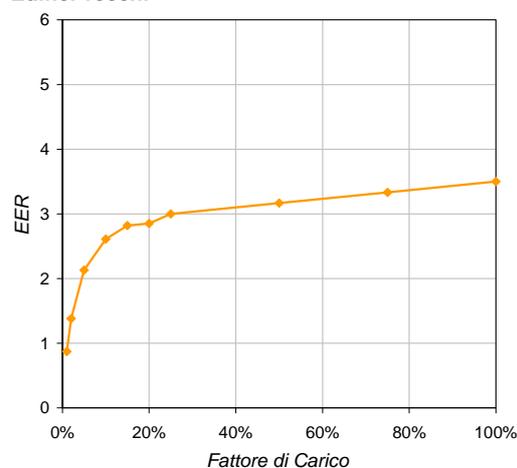


Figura 19. Curve di efficienza delle macchine frigorifere utilizzate nello studio, per gli edifici di nuova costruzione (sx) e per quelli più vecchi (dx).

Per ricondurre ai consumi elettrici dovuti agli ausiliari per emissione e distribuzione sono stati stimati:

- portata d'aria media dei ventilconvettori di 300 m³/h, con 12 terminali installati per piano (sia per gli uffici che per l'agenzia);
- portate di fluido vettore dimensionate per i singoli casi a partire dal carico termico;
- potenza elettrica dei ventilatori del sistema di ventilazione/aria primaria dimensionati sulla base della portata d'aria di rinnovo necessaria a rispettare i requisiti di qualità dell'aria interna.

4. Valutazioni energetiche

Il fabbisogno di climatizzazione della stagione invernale e di quella estiva degli edifici simulati è stato valutato sull'intero arco dell'anno, non vincolando alle limitazioni del periodo di riscaldamento ex D.P.R. 412, in modo analogo a quanto previsto dalla specifica tecnica UNI TS 11300-1 per valutazioni adattate all'utenza.

Riguardo la regolazione delle condizioni termiche interne, nella pratica comune i consumi di energia per condizionamento sono ricondotti a set-point di temperatura dell'aria, generalmente imposti a valori nominali di 20°C per riscaldamento e 26°C per raffrescamento. Ciononostante, nel presente studio l'edificio è stato regolato impostando in TRNSYS la temperatura operativa (parametro di riferimento per determinare le effettive condizioni di comfort) poiché, in caso di temperature superficiali sfavorevoli, è prassi diffusa quella di correggere il set-point di temperatura dell'aria per compensare il parametro radiante.

Le simulazioni del fabbisogno termico dell'edificio, sono state effettuate impostando la domanda termica e frigorifera nei periodi di occupazione dell'edificio (dalle 07:00 alle 17:00), mentre per le restanti ore il sistema edilizio è stato considerato in condizioni di free-floating.

4.1. Domanda di energia

La prima valutazione di confronto tra le soluzioni edilizie considerate è stata effettuata sulla base del fabbisogno di energia termica e frigorifera richiesto dagli edifici per mantenere le condizioni ambientali interne nominali (20°C e 26°C di temperatura operativa rispettivamente per riscaldamento e raffrescamento, durante gli orari di occupazione).

Nei grafici che seguono è riportato il fabbisogno specifico di riscaldamento totale annuale relativo ai soli piani adibiti ad uffici, che potrebbero rappresentare un edificio dedicato ad una sede centrale, valutato per le diverse caratteristiche costruttive considerate, per le tre principali località d'analisi (Milano, Roma, Palermo)⁷ e per le due esposizioni Nord-Sud ed Est-Ovest.

⁷ Nel corpo della presente relazione vengono riportati, per semplicità di trattazione, i risultati relativi alle tre città fondamentali (estreme e media). Per i risultati delle altre località si veda l'appendice.

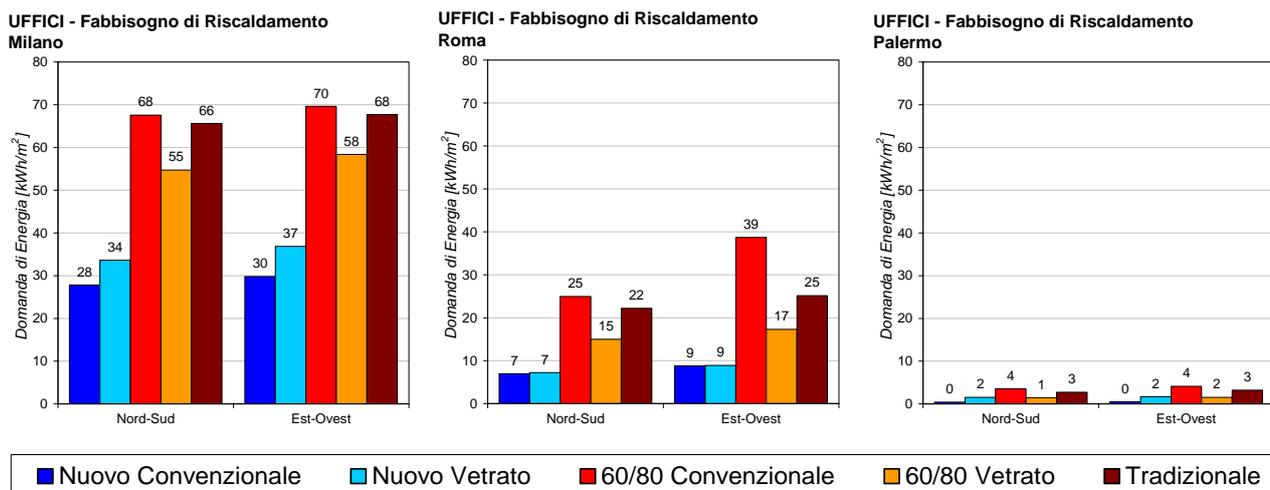


Figura 20. Fabbisogno di riscaldamento specifico relativo ai piani ad uso uffici nelle città di Milano, Roma e Palermo.

Per quanto riguarda la stagione invernale, gli edifici di nuova costruzione, caratterizzati da elementi d’involucro che rispettano i più recenti limiti di trasmittanza, presentano le migliori prestazioni. Tra i due, in particolare, quello convenzionale presenta sempre i minori fabbisogni, dimostrando che i superiori guadagni solari attraverso le superfici vetrate non sono in grado di compensare le maggiori dispersioni per trasmissione attraverso le medesime superfici.

Tra gli edifici risalenti ad epoche precedenti, quelli convenzionali, caratterizzati da elementi opachi con trasmittanza particolarmente alte e superfici vetrate limitate, risultano sempre in fabbisogni molto più alti rispetto a quello vetrato: quest’ultimo, infatti, si avvantaggia sia di maggiore radiazione solare entrante attraverso le vetrate sia di superfici verticali opache con una trasmittanza prossima a quella di legge (0.36 W/(m² K)). In linea generale, l’edificio con esposizione Nord-Sud presenta fabbisogni più bassi di quello con esposizione Est-Ovest, grazie ai maggiori guadagni solari durante i mesi invernali negli uffici rivolti a Sud.

Nei grafici seguenti sono riportati i valori di fabbisogno di raffrescamento per gli edifici considerati.

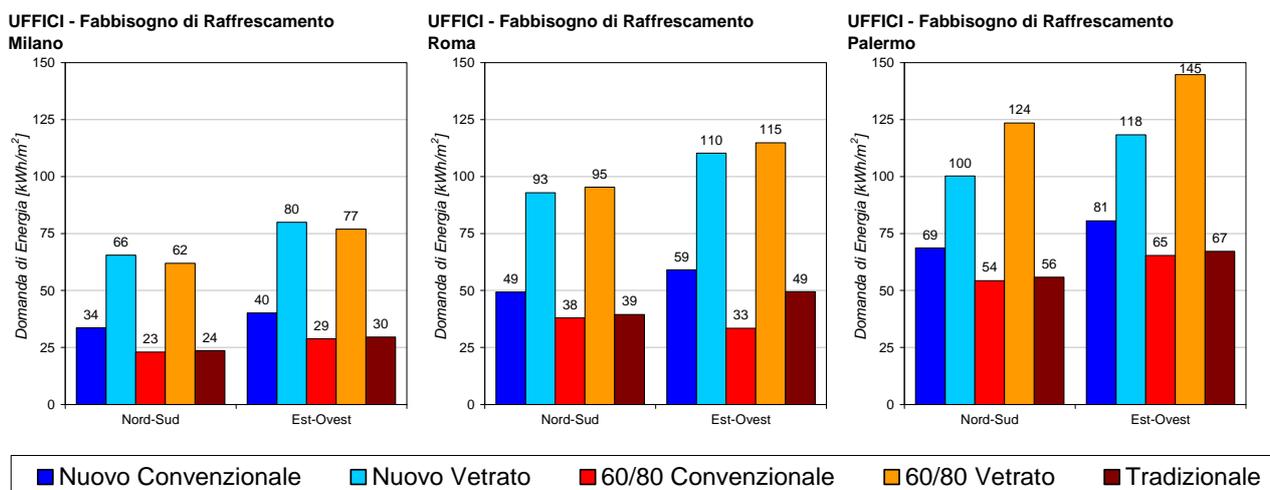


Figura 21. Fabbisogno di raffrescamento specifico relativo ai piani ad uso uffici nelle città di Milano, Roma e Palermo.

Per quanto riguarda la stagione estiva, gli edifici caratterizzati dalle migliori prestazioni sono quelli caratterizzati da minori superfici vetrate (Nuovo Convenzionale, 60/80 Convenzionale e Tradizionale), grazie ai minori carichi termici solari che ne derivano. In particolare, le soluzioni più performanti risultano essere sempre quelle più vecchie, nonostante le trasmittanze di tutti gli elementi d'involucro siano superiori a quelle attualmente prescritte per legge.

L'edificio con le peggiori prestazioni del caso di Milano, la località più settentrionale, è quello nuovo vetrato, mentre a Roma e Palermo, è quello 60/80 vetrato. Il vantaggio della soluzione vetrata di nuova costruzione rispetto a quella risalente agli anni 60/80 cresce nell'andare in località caratterizzate da maggiori fabbisogni di raffrescamento e da maggiore radiazione solare incidente.

Anche per la domanda di raffrescamento gli edifici esposti ad Est e Ovest rivelano fabbisogni maggiori: al contrario della condizione invernale, infatti, la radiazione solare incidente a Sud durante le ore centrali della giornata nella stagione estiva dà uno scarso apporto a causa della maggiore altezza solare.

4.1.1. Effetti dell'ombreggiamento

Allo scopo di valutare quali differenze prestazionali estive possano essere riconducibili all'utilizzo di elementi ombreggianti, è stato effettuato un approfondimento d'analisi prevedendo l'installazione di veneziane mobili esterne per i locali ad uso uffici.

La strategia di ombreggiamento è modellata considerandone l'attivazione su tutti le esposizioni ad eccezione di quella Nord, e con livello di radiazione solare diretta incidente sulla superficie vetrata pari a 100 W/m² (Beccali e Ferrari, 2003).

Nel software di simulazione, la tipologia di ombreggiamento è stata dunque posta come "esterna" e con decremento dei guadagni solari attraverso le finestre dovuto ad un fattore di ombreggiamento del 30% relativo a veneziane di colore chiaro (Butera 1995).

I valori percentuali di riduzione del fabbisogno di raffrescamento in conseguenza all'installazione degli schermi solari per i diversi orientamenti considerati nelle città di Milano, Roma e Palermo sono riportati in Tabella 30.

Tabella 30. Percentuali di riduzione del fabbisogno di raffrescamento dovuti all'ombreggiamento delle superfici vetrate, per le esposizioni considerate nelle città di Milano, Roma e Palermo.

	Esposizione Nord-Sud			Esposizione Est-Ovest		
	Milano	Roma	Palermo	Milano	Roma	Palermo
Nuovo Convenzionale	7%	9%	10%	9%	10%	10%
Nuovo Vetrato	12%	15%	14%	12%	13%	14%
60/80 Convenzionale	9%	9%	8%	11%	11%	10%
60/80 Vetrato	15%	17%	15%	15%	15%	14%
Tradizionale	9%	9%	9%	11%	11%	10%

Si può notare, come prevedibile, che il maggior beneficio ottenibile considerando gli effetti dell'ombreggiamento è riconducibile alle soluzioni vetrate, con valori crescenti al diminuire della latitudine.

4.1.2. Risultati relativi al piano adibito ad agenzia – Agenzia

Nei grafici che seguono è riportato il fabbisogno di riscaldamento e raffrescamento del solo piano adibito ad agenzia, analizzato per le diverse caratteristiche costruttive considerate, per le tre

principali località d’analisi (Milano, Roma, Palermo) e per le diverse esposizioni (l’orientamento è determinato dalla posizione della vetrina che delimita lo spazio aperto al pubblico).

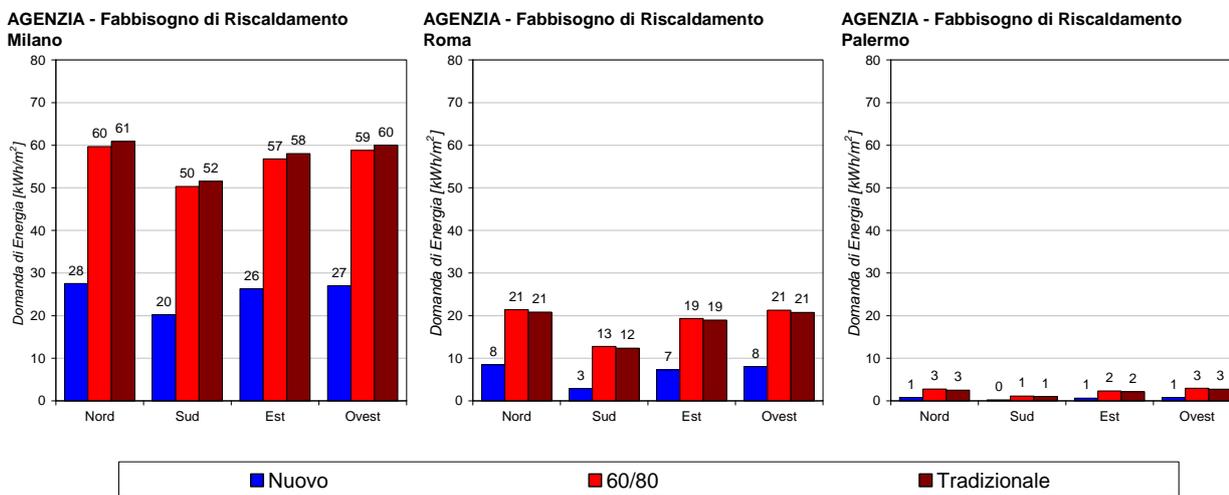


Figura 22. Fabbisogno di riscaldamento specifico relativo al piano agenzia nelle città di Milano, Roma e Palermo.

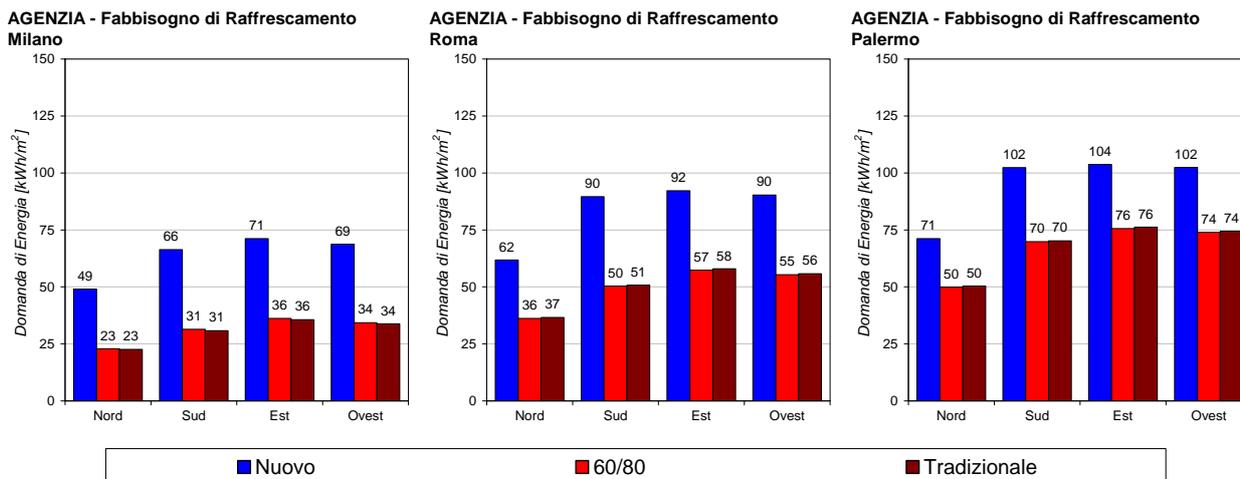


Figura 23. Fabbisogno di raffrescamento specifico relativo al piano agenzia nelle città di Milano, Roma e Palermo.

Analogamente a quanto visto nel caso dei piani adibiti ad uffici, anche nel caso del locale di agenzia la soluzione di nuova costruzione presenta minori fabbisogni di riscaldamento e maggiori fabbisogni di raffrescamento rispetto agli edifici risalenti ad epoche precedenti. Per quanto riguarda la stagione invernale la spiegazione risiede nella minore trasmittanza degli elementi, mentre per la stagione estiva la causa può essere ritrovata nella presenza dello strato isolante all’interno degli elementi d’involucro opaco, che tende a trattenere maggiormente il carico termico interno.

4.1.3. Risultati relativi all’edificio completo – Filiale

Nei grafici che seguono è riportato il fabbisogno di riscaldamento annuale dell’edificio completo dei locali ad uso uffici e del piano adibito ad agenzia, valutato per le diverse caratteristiche costruttive considerate, per le diverse esposizioni (si consideri l’orientamento della vetrina dell’agenzia) e per le tre località principali.

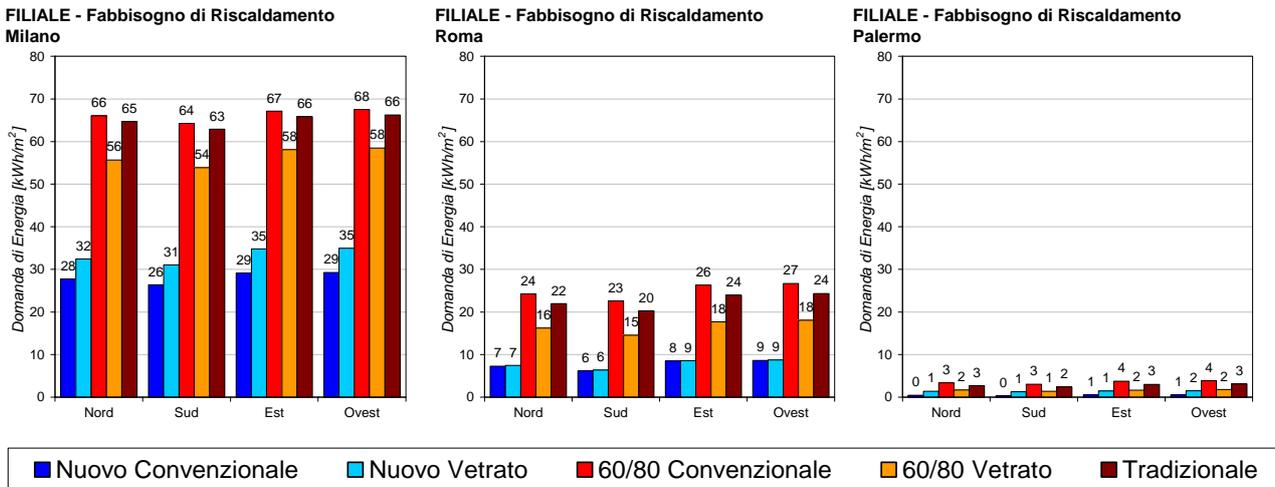


Figura 24. Fabbisogno di riscaldamento specifico relativo all’edificio ad uso filiale nelle città di Milano, Roma e Palermo.

Per quanto riguarda la stagione invernale, appare evidente come le trasmittanze più basse degli elementi d’involucro negli edifici di nuova costruzione siano collegati a domande termiche molto più basse rispetto agli edifici “esistenti” (la differenza si attesta tra il 60% e il 70% nel caso degli edifici convenzionali). Tra gli edifici di epoca precedente, la soluzione sandwich-vestrata attesta le migliori prestazioni: rispetto alle soluzioni convenzionali del passato, la maggiore dispersione termica per trasmissione, dovuta alla trasmittanza media di involucro più elevata, viene in questo caso compensata dai maggiori guadagni solari attraverso le ampie superfici vetrate.

Le maggiori superfici vetrate rivelano invece significativi svantaggi per quanto riguarda la stagione estiva (grafici seguenti), sia considerando l’edificio vetrato degli anni 60/80 sia considerando quello di nuova costruzione.

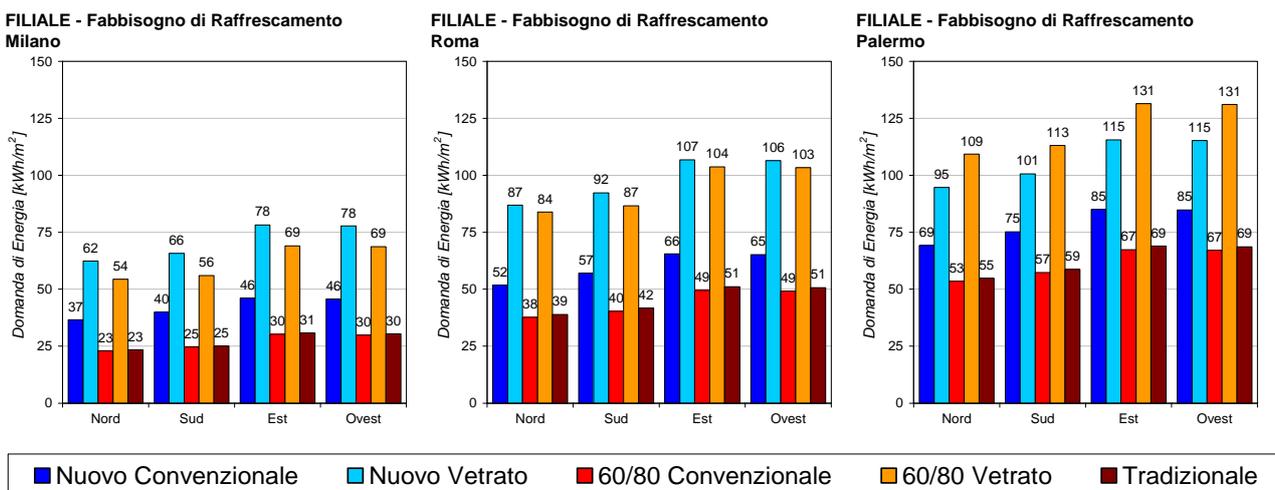


Figura 25. Fabbisogno di raffrescamento specifico relativo all’edificio ad uso filiale nelle città di Milano, Roma e Palermo.

Diversamente da quanto visto per l'inverno, in estate gli edifici caratterizzati dalle migliori prestazioni sono quelli esistenti convenzionali, con superfici finestrate standard ed elementi opachi privi di isolante, mentre quello caratterizzato dai fabbisogni più alti è quello nuovo vetrato: gli scarti tra queste soluzioni si attestano tra il 40% e il 60%, con valori decrescenti andando verso località più calde. La presenza dell'isolante nelle strutture d'involucro, in particolare, è una caratteristica molto importante, poiché questo contribuisce a contenere all'interno dell'edificio il calore prodotto dalle fonti interne durante le ore di occupazione e quindi a mantenere una temperatura interna mediamente più alta.

4.2. Dimensionamento degli impianti

I dimensionamenti del generatore dell'impianto di riscaldamento sono stati effettuati sulla base del picco di domanda rilevato con le simulazioni dinamiche degli edifici, mentre nel caso dell'impianto di raffrescamento il picco di domanda sensibile è stato sommato al picco di domanda latente valutato sulla base dell'entalpia massima dell'aria esterna per le diverse località, come da indicazioni della specifica tecnica UNI TS 11300-3.

Le Figure 26-28 mostrano i dimensionamenti relativi alla caldaia di generazione per il riscaldamento invernale per le diverse destinazioni d'uso considerate.

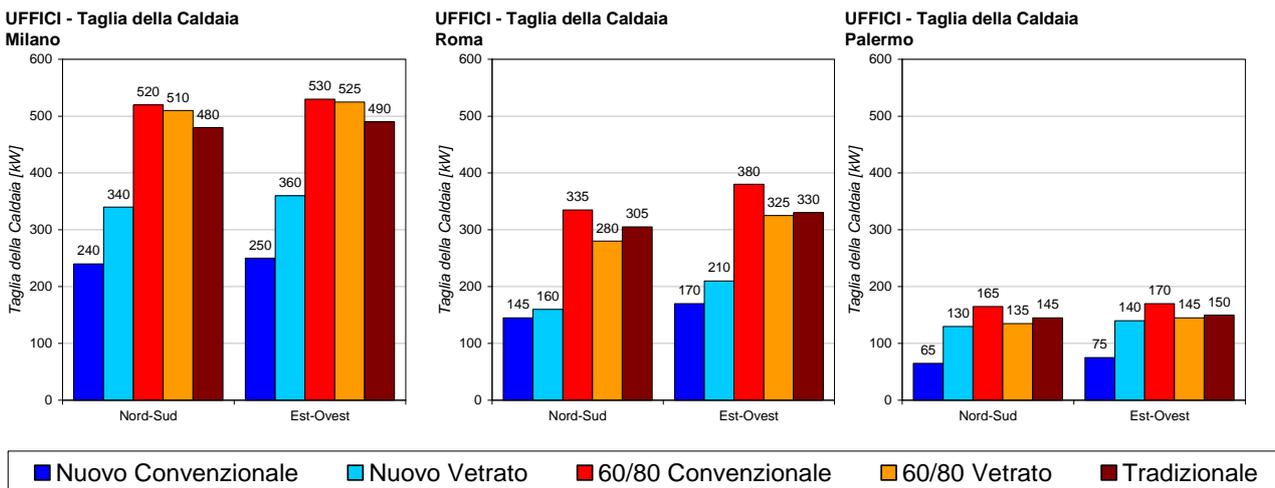


Figura 26. Taglia della caldaia per i piani ad uso ufficio nelle città di Milano, Roma e Palermo.

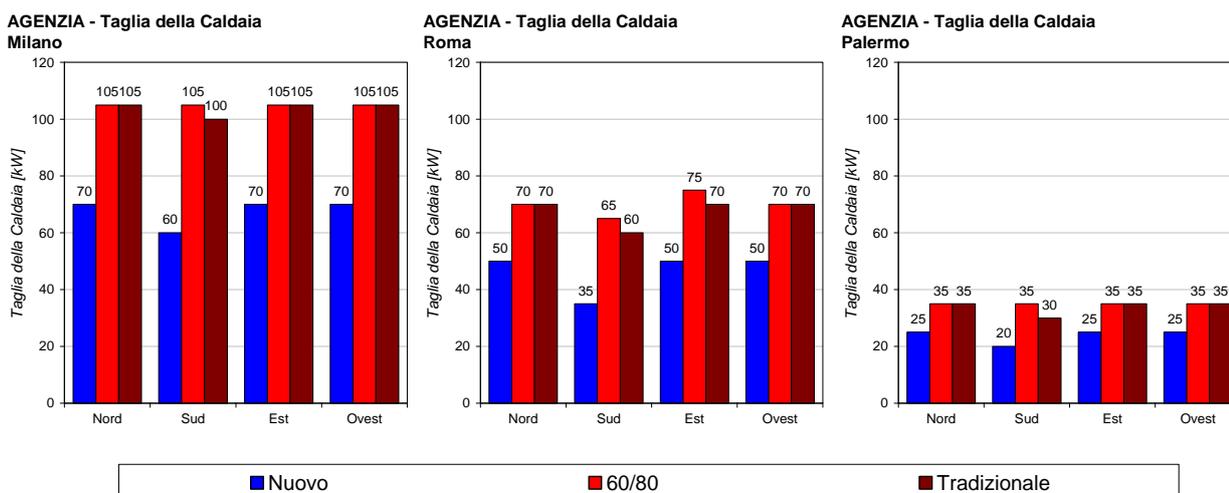


Figura 27. Taglia della caldaia per il piano agenzia nelle città di Milano, Roma e Palermo.

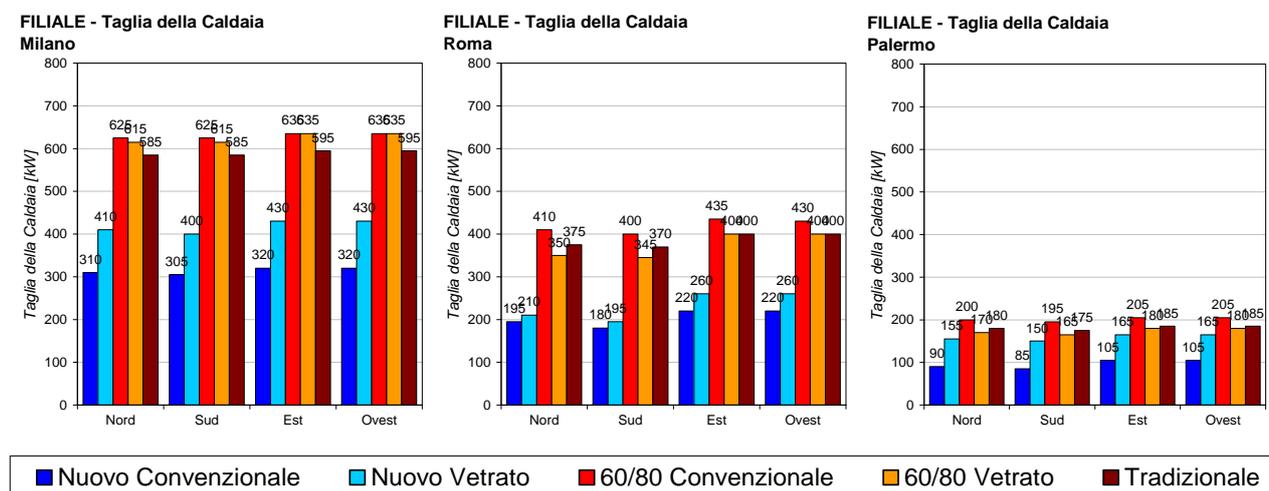


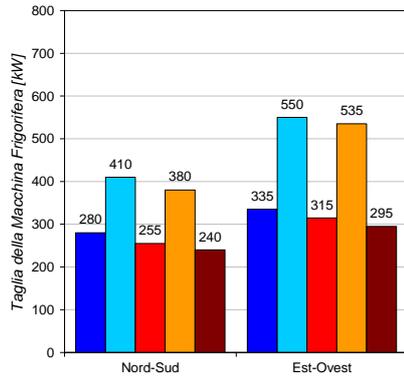
Figura 28. Taglia della caldaia per l'edificio ad uso filiale nelle città di Milano, Roma e Palermo.

Il grafico mostra come la taglia dell'impianto tenda ad assecondare le prestazioni medie relative al periodo di costruzione dell'edificio: la taglia richiesta dagli edifici nuovi, infatti, è sempre inferiore a quella richiesta dagli edifici esistenti, coerentemente con i più recenti limiti prestazionali.

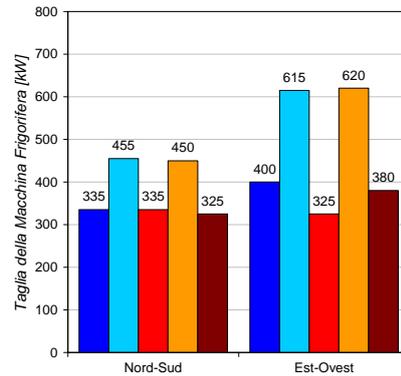
Si può notare, inoltre, come per gli edifici nuovi vetrati sia richiesta una taglia superiore rispetto a quella necessaria per i corrispondenti edifici convenzionali. Questo può essere in parte dovuto alla maggiore trasmittanza media delle superfici d'involucro, ma soprattutto dal minore livello di inerzia termica, che influenza la capacità di attenuazione delle oscillazioni di carico dovute alla variazione delle condizioni climatiche esterne.

Nelle Figure 29-31 sono invece rappresentati i dimensionamenti relativi ai gruppi frigoriferi per il raffrescamento estivo.

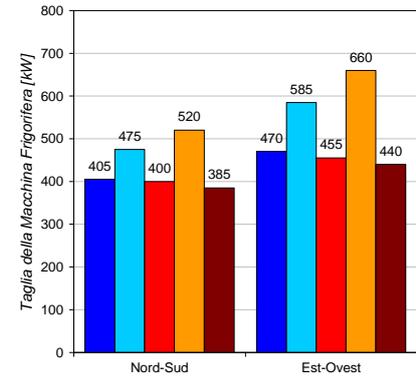
**UFFICI - Taglia della Macchina Frigorifera
Milano**



**UFFICI - Taglia della Macchina Frigorifera
Roma**



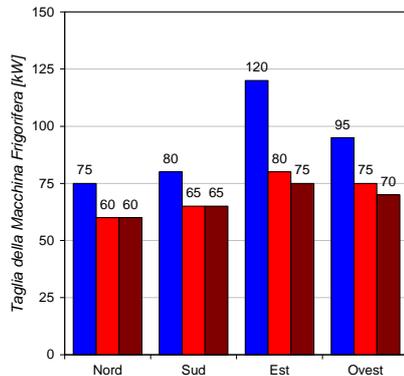
**UFFICI - Taglia della Macchina Frigorifera
Palermo**



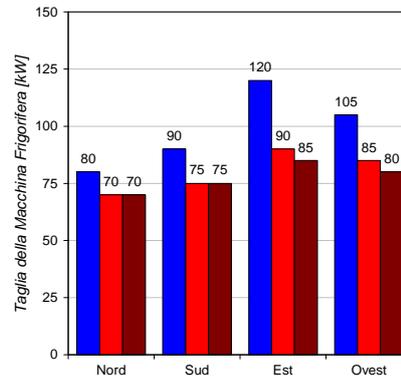
■ Nuovo Convenzionale ■ Nuovo Vetrato ■ 60/80 Convenzionale ■ 60/80 Vetrato ■ Tradizionale

Figura 29. Taglia della macchina frigorifera per i piani ad uso ufficio nelle città di Milano, Roma e Palermo.

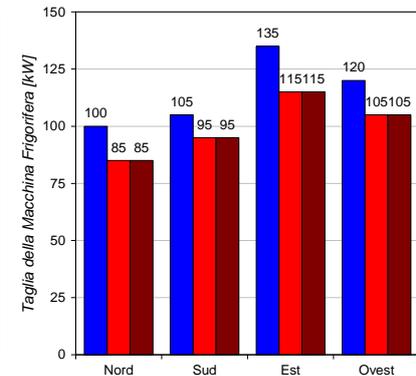
**AGENZIA - Taglia della Macchina Frigorifera
Milano**



**AGENZIA - Taglia della Macchina Frigorifera
Roma**



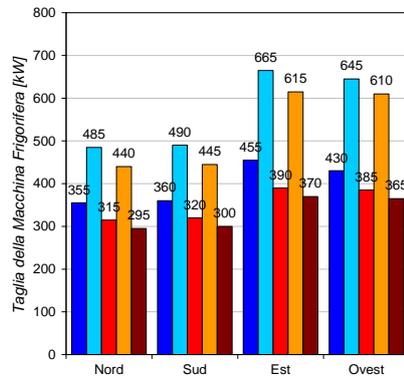
**AGENZIA - Taglia della Macchina Frigorifera
Palermo**



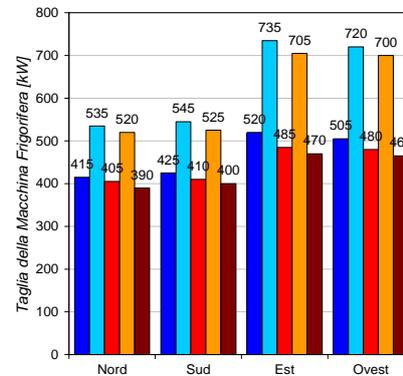
■ Nuovo ■ 60/80 ■ Tradizionale

Figura 30. Taglia della macchina frigorifera per il piano agenzia nelle città di Milano, Roma e Palermo.

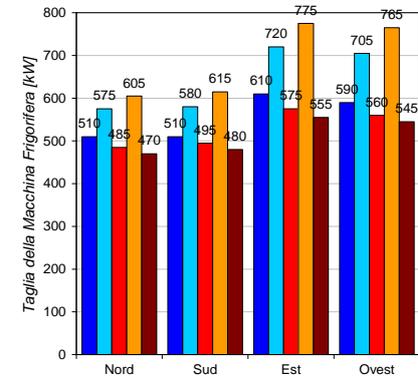
**FILIALE - Taglia della Macchina Frigorifera
Milano**



**FILIALE - Taglia della Macchina Frigorifera
Roma**



**FILIALE - Taglia della Macchina Frigorifera
Palermo**



■ Nuovo Convenzionale ■ Nuovo Vetrato ■ 60/80 Convenzionale ■ 60/80 Vetrato ■ Tradizionale

Figura 31. Taglia della macchina frigorifera per l'edificio ad uso filiale nelle città di Milano, Roma e Palermo.

I grafici mostrano, in questo caso, come i due edifici caratterizzati da una maggiore superficie vetrata e da una minore inerzia termica (nuovo vetrato e 60/70 vetrato) siano ovviamente quelli in cui è necessaria una taglia d'impianto maggiore.

E' da sottolineare inoltre come gli edifici "tradizionale" e "convenzionale degli anni 60/70", nonostante siano caratterizzati da trasmittanze medie superiori a quelle dell'edificio "convenzionale di nuova costruzione", richiedano taglie d'impianto inferiori.

4.3. Consumo di energia

A partire dai valori di fabbisogno energetico determinati con le simulazioni dinamiche TRNSYS, sono stati elaborati i valori di consumo di energia, per il riscaldamento invernale e per il raffrescamento estivo, secondo l'impiantistica di base descritta in precedenza, avvalendosi dell'approccio standard contemplato dalle specifiche tecniche UNI TS 11300-2 e UNI TS 11300-3. Sulla base della medesima specifica tecnica, sono stati anche valutati i consumi di energia elettrica dovuti agli ausiliari degli impianti di climatizzazione, oltre a quelli dovuti ad illuminazione e alle apparecchiature elettriche.

Al fine di confrontare complessivamente le diverse fonti energetiche, i valori di consumo di energia sono stati trasformati in energia primaria, secondo le modalità di conversione previste dalla specifica tecnica UNI TS 11300-2:

- al **gas naturale** è stato applicato un fattore di conversione pari ad 1;
- l'**energia elettrica** è stata convertita in tonnellate equivalenti di petrolio tramite il valore di $0.187 \times 10^{-3} \text{ Tep/kWh}_{el}$ (come indicato dalla Delibera EEN 3/08) e successivamente trasformato in kWh di energia primaria tramite il fattore di conversione della UNI TS 11300-2 di $11.86 \times 10^3 \text{ kWh}_{prim}/\text{Tep}$ (efficienza globale di conversione pari a 0.45).

Valutazioni di dettaglio sono state infine effettuate sulla composizione dei consumi elettrici dovuti agli ausiliari d'impianto, per evidenziare la quota relativa al sistema di generazione frigorifera: i consumi elettrici per la distribuzione (pompe di circolazione) ed emissione (ventilatori dei ventilconvettori) sono simili per entrambe le stagioni, ma quelli associati alla generazione frigorifera (ventilatori del condensatore) costituiscono un ulteriore carico nel solo periodo di raffrescamento.

4.3.1. Risultati relativi ai piani adibiti ad uffici – Sede centrale

Milano

La tabella seguente mostra i consumi energetici annuali disaggregati per le diverse fonti e il consumo totale di energia primaria relativi ai piani adibiti ad uffici per la località di **Milano**. La composizione dei consumi in termini di energia primaria è visualizzata in Figura 32.

Tabella 31. Consumi energetici annuali disaggregati per fonte e consumo totale di energia primaria relativi ai piani adibiti ad uffici nella località di Milano.

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord-Sud	Nuovo Convenzionale	33.39	12.28	39.60	54.30	268.87
	Nuovo Vetrato	40.52	19.84	43.12	54.30	300.56
	60/80 Convenzionale	101.07	15.28	40.33	54.30	344.84
	60/80 Vetrato	83.99	30.10	43.35	54.30	367.31
	Tradizionale	98.55	15.39	40.06	54.30	341.95
○	Nuovo Convenzionale	35.61	13.84	40.30	54.30	276.10

Nuovo Vetrato	44.58	23.22	44.65	54.30	315.54
60/80 Convenzionale	103.86	17.72	40.91	54.30	354.31
60/80 Vetrato	89.08	36.40	44.87	54.30	389.73
Tradizionale	101.45	17.85	40.62	54.30	351.55

**UFFICI - Consumo di Energia Primaria
Milano**

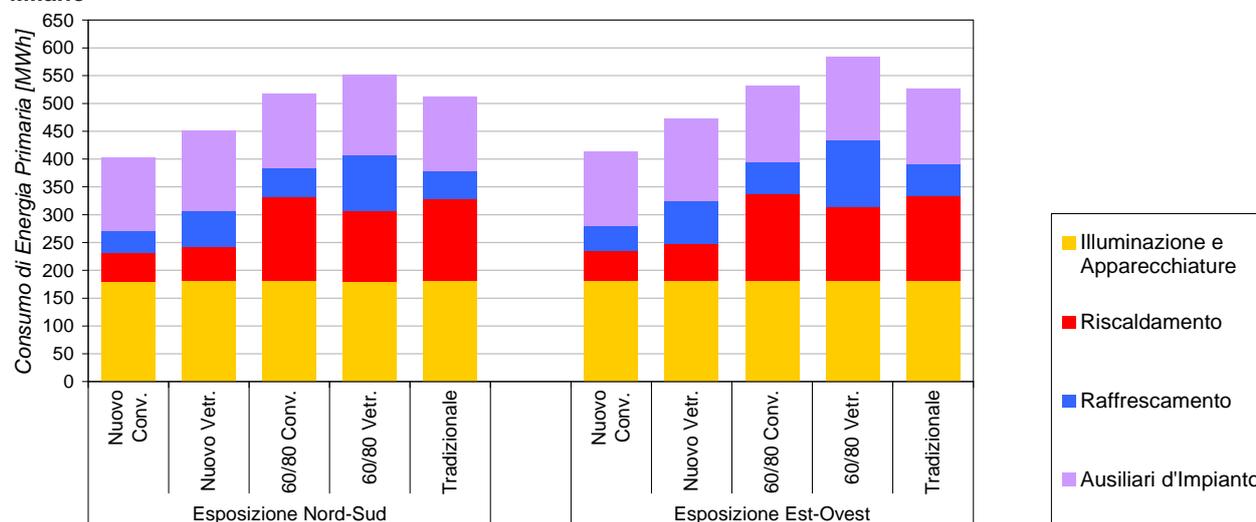


Figura 32. Composizione del consumo di energia primaria per i piani adibiti ad uffici nella città di Milano.

Il maggior consumo di energia primaria è associato alla tipologia 60/80 vetrata, che presenta sia una quota consistente di riscaldamento (seconda solo a quelle degli edifici 60/80 convenzionale e tradizionale) sia la massima quota di raffrescamento tra tutte le soluzioni considerate.

Gli edifici “convenzionale degli anni 60/70” e “tradizionale” mostrano risultati del tutto analoghi sia complessivamente sia per composizione dei consumi. Pur essendo caratterizzati da un fabbisogno di raffrescamento inferiore rispetto all’edificio nuovo convenzionale, entrambi rivelano consumi elettrici correlati superiori, a causa delle diverse caratteristiche d’impianto e in particolare al EER nominale del generatore più basso rispetto a quello considerato per gli edifici di nuova costruzione. Questi ultimi, infatti, presentano in ogni caso consumi di energia primaria inferiori a quelli degli edifici più vecchi.

Per quanto riguarda gli ausiliari d’impianto, i risultati riportati in Figura 33 mostrano come la componente più consistente sia quella relativa ai ventilatori del sistema di ventilazione/aria primaria, che copre mediamente il 60% dei consumi totali dovuti agli ausiliari.

Diversamente, gli ausiliari della caldaia hanno un peso trascurabile sul totale dei consumi per gli ausiliari nonostante Milano sia la località caratterizzata dal maggiore carico di riscaldamento tra quelle considerate.

**UFFICI - Consumo di Energia Primaria per Ausiliari d'Impianto
Milano**

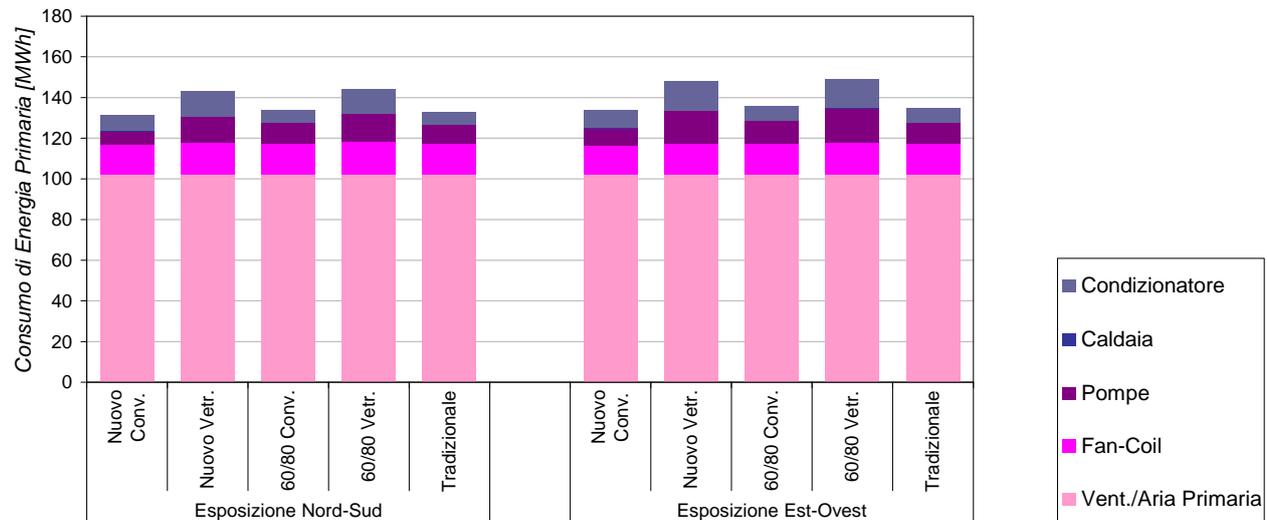


Figura 33. Composizione del consumo di energia primaria relativo agli ausiliari d’impianto per i piani adibiti ad uffici nella città di Milano.

Roma

La tabella seguente mostra i consumi energetici annuali disaggregati per le diverse fonti e il consumo totale di energia primaria relativi ai piani adibiti ad uffici per la località di **Roma**. La composizione dei consumi in termini di energia primaria è visualizzata in Figura 34.

Tabella 32. Consumi energetici annuali disaggregati per fonte e consumo totale di energia primaria relativi ai piani adibiti ad uffici nella località di Roma.

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord-Sud	Nuovo Convenzionale	9.86	17.88	40.97	54.30	260.79
	Nuovo Vetrato	10.28	28.16	45.31	54.30	293.65
	60/80 Convenzionale	41.75	24.31	41.13	54.30	307.30
	60/80 Vetrato	27.85	45.95	45.77	54.30	351.69
	Tradizionale	37.91	24.77	40.97	54.30	304.14
Est-Ovest	Nuovo Convenzionale	12.03	20.11	41.75	54.30	269.65
	Nuovo Vetrato	12.61	32.11	46.62	54.30	307.64
	60/80 Convenzionale	46.04	28.11	41.94	54.30	321.82
	60/80 Vetrato	31.64	53.70	47.36	54.30	376.18
	Tradizionale	42.17	28.61	41.77	54.30	318.68

UFFICI - Consumo di Energia Primaria

Roma

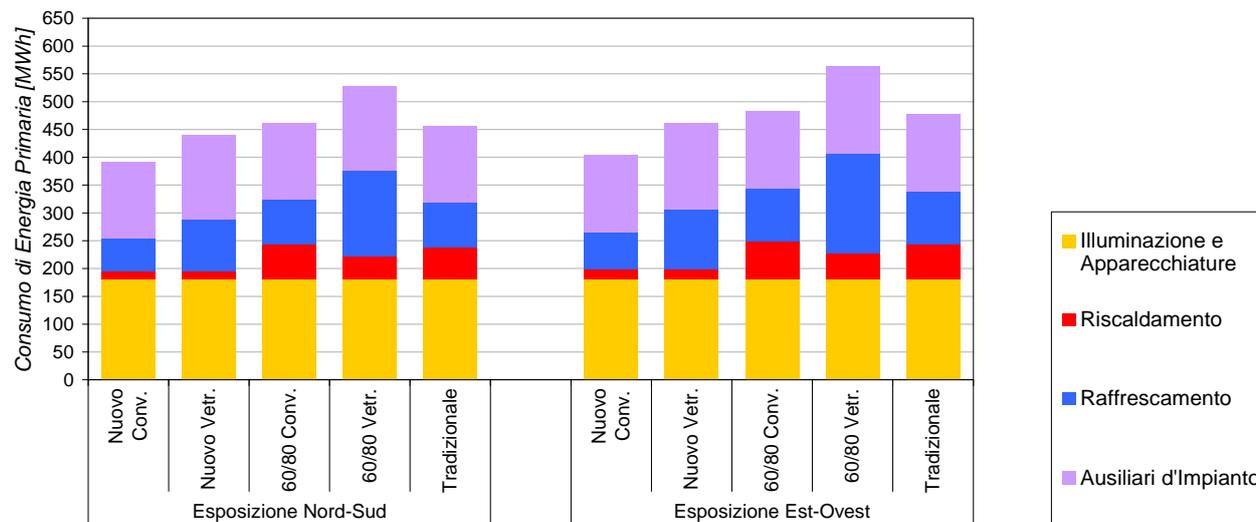


Figura 34. Composizione del consumo di energia primaria per i piani adibiti ad uffici nella città di Roma.

Come si evince dai risultati, per la città di Roma l'energia primaria riconducibile al raffrescamento estivo è in tutti i casi superiore a quella connessa al riscaldamento invernale.

A causa dell'aumento del peso della componente di raffrescamento, il consumo di energia primaria dell'edificio nuovo vetrato si avvicina in questa località a quello degli edifici convenzionali più vecchi (60/80 convenzionale e tradizionale).

Per quanto riguarda gli ausiliari d'impianto (Figura 35), nel caso degli edifici vetrati, che hanno i maggiori fabbisogni di raffrescamento, la componente relativa al condizionatore diventa particolarmente importante, eguagliando il consumo delle pompe di circolazione e dei ventilconvettori.

UFFICI - Consumo di Energia Primaria per Ausiliari d'Impianto

Roma

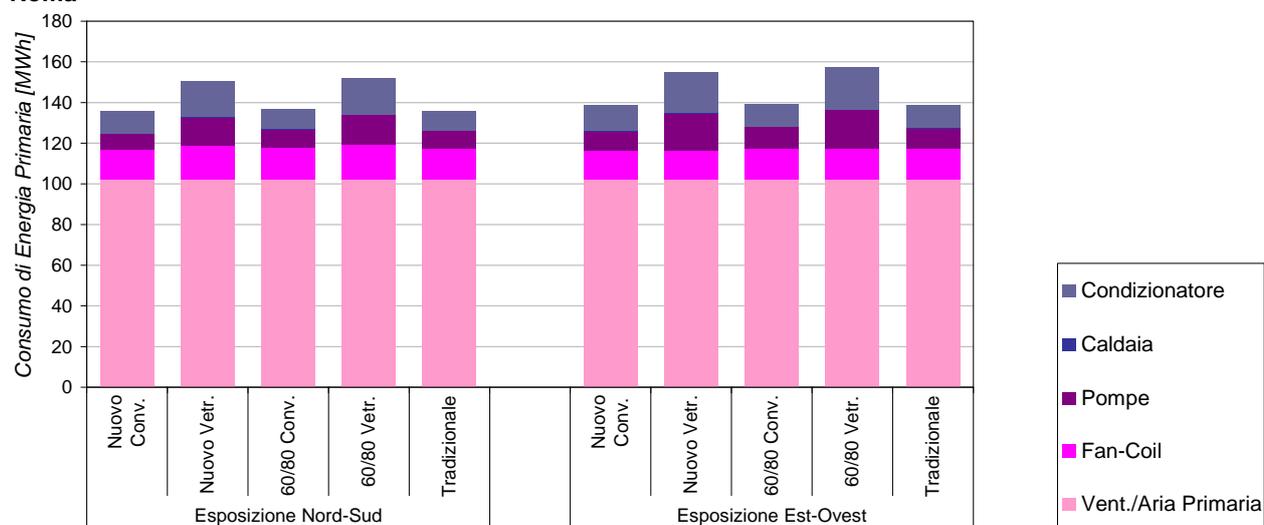


Figura 35. Composizione del consumo di energia primaria relativo agli ausiliari d’impianto per i piani adibiti ad uffici nella città di Roma.

Palermo

La tabella seguente mostra i consumi energetici annuali disaggregati per le diverse fonti e il consumo totale di energia primaria relativi ai piani adibiti ad uffici per la località di **Palermo**. La composizione dei consumi in termini di energia primaria è visualizzata in Figura 36.

Tabella 33. Consumi energetici annuali disaggregati per fonte e consumo totale di energia primaria relativi ai piani adibiti ad uffici nella località di Palermo.

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord-Sud	Nuovo Convenzionale	1.82	27.56	43.17	54.30	279.10
	Nuovo Vetrato	3.89	34.71	45.87	54.30	303.03
	60/80 Convenzionale	10.54	38.34	42.21	54.30	309.62
	60/80 Vetrato	7.17	64.31	47.84	54.30	376.32
	Tradizionale	9.10	38.81	42.14	54.30	309.05
Est-Ovest	Nuovo Convenzionale	2.11	30.09	43.69	54.30	286.16
	Nuovo Vetrato	4.15	38.76	47.01	54.30	314.81
	60/80 Convenzionale	11.44	42.34	42.82	54.30	320.75
	60/80 Vetrato	7.53	72.64	49.58	54.30	399.00
	Tradizionale	9.90	42.89	42.75	54.30	320.27

**UFFICI - Consumo di Energia Primaria
Palermo**

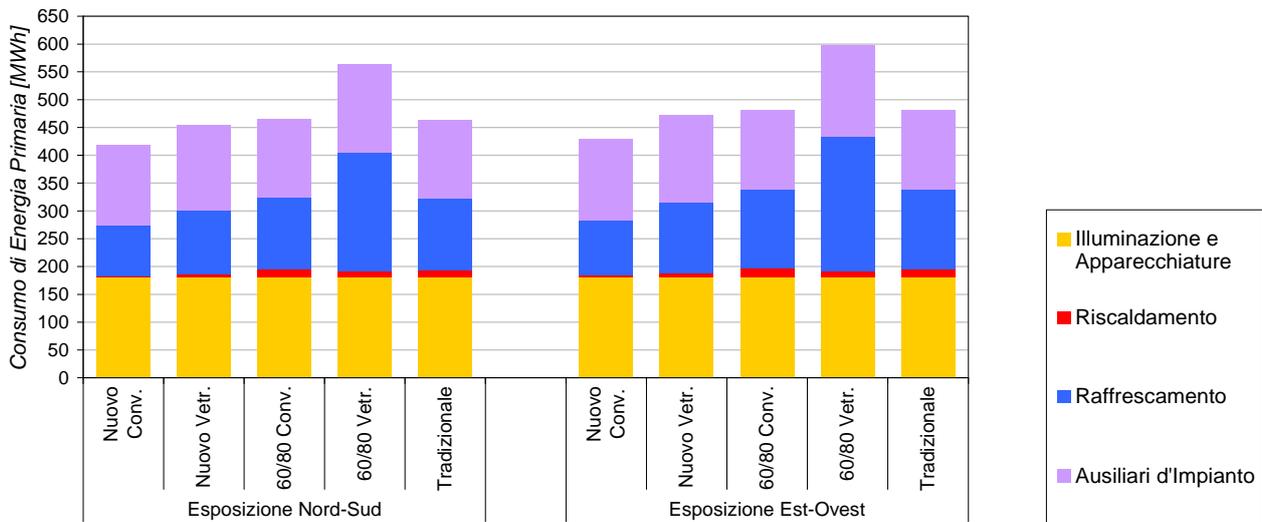


Figura 36. Composizione del consumo di energia primaria per i piani adibiti ad uffici nella città di Palermo.

Nella città di Palermo, a causa dell'aumento del peso della componente di raffrescamento, il consumo di energia primaria dell'edificio nuovo vetrato si avvicina in questa località a quello degli edifici convenzionali più vecchi (60/80 convenzionale e tradizionale). Nel caso della soluzione 60/80 vetrata, inoltre, la componente dovuta al raffrescamento è in assoluto la maggior causa di consumo energetico.

Per quanto riguarda gli ausiliari d'impianto, i risultati di Figura 37 mostrano come la tendenza individuata nella località di Roma si accentui: il consumo energetico dovuto agli ausiliari del condizionatore, infatti, diventa la seconda componente, dopo i ventilatori del sistema di ventilazione/aria primaria, particolarmente incidente nel caso degli edifici vetrati, caratterizzati dai maggiori fabbisogni di raffrescamento.

UFFICI - Consumo di Energia Primaria per Ausiliari d'Impianto

Roma

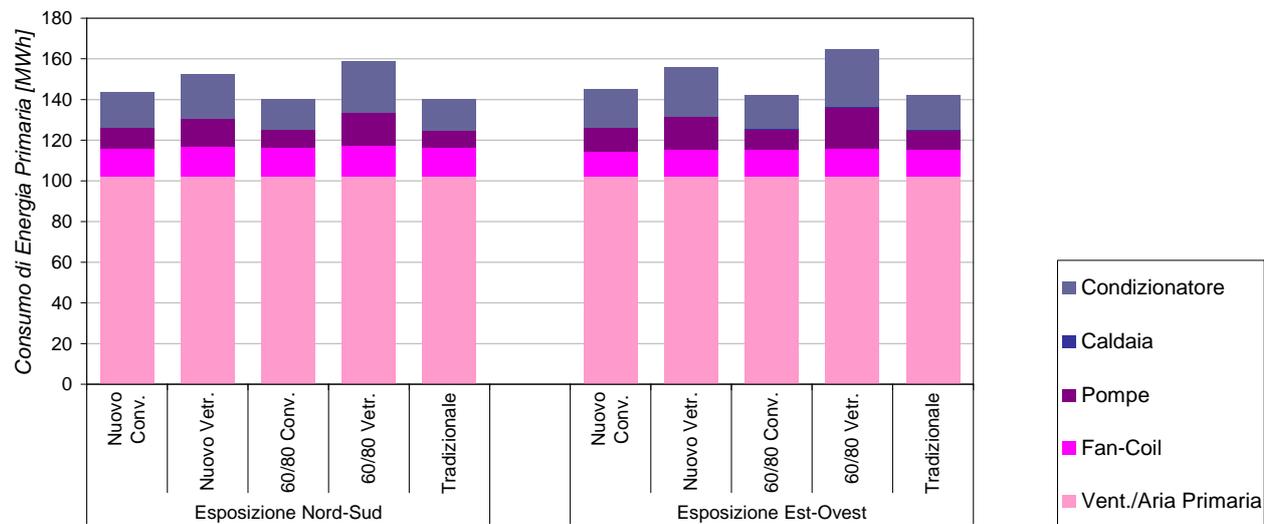


Figura 37. Composizione del consumo di energia primaria relativo agli ausiliari d'impianto per i piani adibiti ad uffici nella città di Palermo.

4.3.2. Risultati relativi al piano adibito ad agenzia – Agenzia

Milano

La tabella seguente mostra i consumi energetici annuali disaggregati per le diverse fonti e il consumo totale di energia primaria relativi al piano agenzia per la località di **Milano**. La composizione dei consumi in termini di energia primaria è visualizzata in Figura 38.

Tabella 34. Consumi energetici annuali disaggregati per fonte e consumo totale di energia primaria relativi al piano agenzia nella località di Milano.

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo	35.88	15.86	37.41	57.65	281.88
	60/80	98.31	15.08	35.90	57.65	339.24
	Tradizionale	100.24	14.94	35.83	57.65	340.70
Sud	Nuovo	27.66	19.82	38.31	57.65	284.45
	60/80	85.72	18.16	36.13	57.65	333.97
	Tradizionale	87.48	17.91	36.04	57.65	334.98
Est	Nuovo	34.57	21.22	40.23	57.65	298.70
	60/80	94.50	20.38	37.12	57.65	349.90
	Tradizionale	96.45	20.15	37.05	57.65	351.17
Ovest	Nuovo	35.27	20.39	39.12	57.65	295.11
	60/80	97.14	19.42	36.85	57.65	349.79
	Tradizionale	99.07	19.19	36.75	57.65	351.00

**AGENZIA - Consumo di Energia Primaria
Milano**

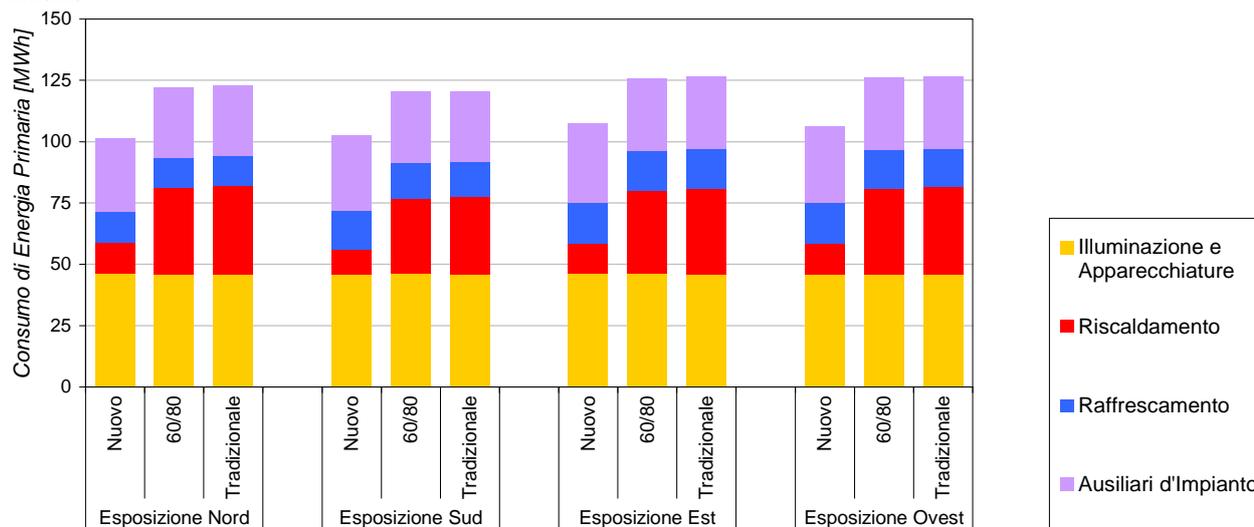


Figura 38. Composizione del consumo di energia primaria per il piano agenzia nella città di Milano.

Il maggior consumo di energia è associato alle due soluzioni più vecchie, che presentano una quota di riscaldamento assai elevata rispetto all’edificio di nuova costruzione, con quote di raffrescamento che rimangono invece nel medesimo ordine di grandezza.

La principale fonte di consumo di energia primaria in questa località risulta essere l'energia elettrica per illuminazione e apparecchiature, connessa alla specifica destinazione d'uso del locale.

Per quanto riguarda gli ausiliari d'impianto, i risultati di Figura 39 mostrano come la componente più consistente sia ancora quella relativa ai ventilatori del sistema di ventilazione/aria primaria, che copre tra il 70% e l'80% dei consumi dovuti agli ausiliari.

**AGENZIA - Consumo di Energia Primaria per Ausiliari d'Impianto
Milano**

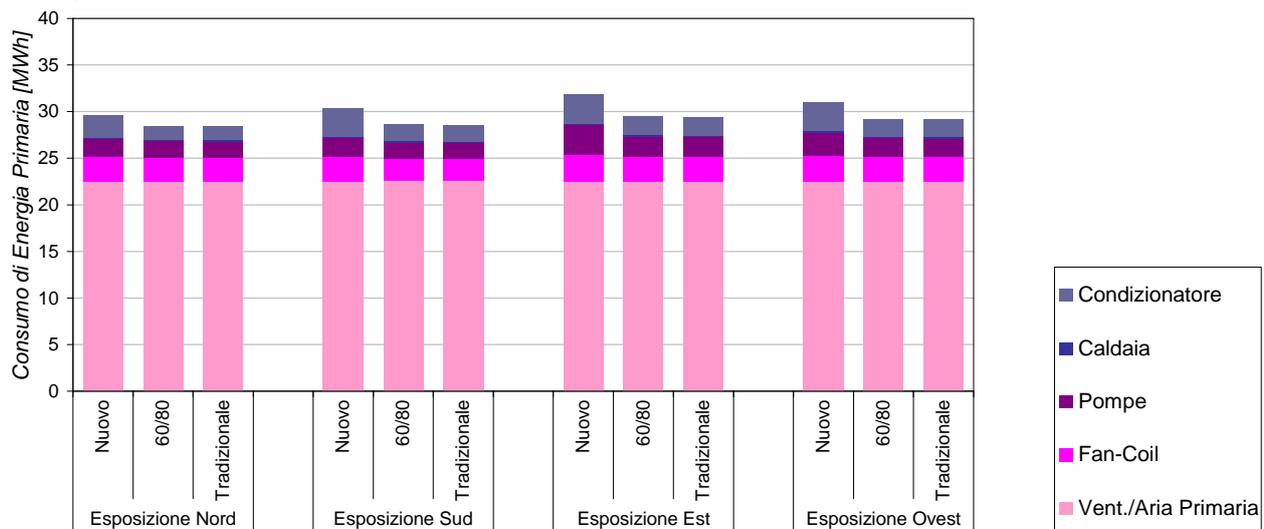


Figura 39. Composizione del consumo di energia primaria relativo agli ausiliari d'impianto per il piano agenzia nella città di Milano.

Roma

La tabella seguente mostra i consumi energetici annuali disaggregati per le diverse fonti e il consumo totale di energia primaria relativi al piano agenzia per la località di **Roma**. La composizione dei consumi in termini di energia primaria è visualizzata in Figura 40.

Tabella 35. Consumi energetici annuali disaggregati per fonte e consumo totale di energia primaria relativi ai piani agenzia nella località di Roma.

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo	13.99	20.65	37.73	57.65	271.34
	60/80	43.23	22.98	36.15	57.65	302.22
	Tradizionale	42.52	23.15	36.16	57.65	301.91
Sud	Nuovo	6.94	27.06	39.74	57.65	282.95
	60/80	30.78	28.29	36.77	57.65	302.92
	Tradizionale	30.07	28.45	36.79	57.65	302.61
Est	Nuovo	12.77	27.82	41.03	57.65	293.32
	60/80	40.72	31.23	38.20	57.65	322.55
	Tradizionale	40.17	31.34	38.12	57.65	322.07
Ovest	Nuovo	13.47	27.21	40.29	57.65	291.05
	60/80	43.08	30.13	37.71	57.65	321.40
	Tradizionale	42.42	30.25	37.68	57.65	320.93

AGENZIA - Consumo di Energia Primaria

Roma

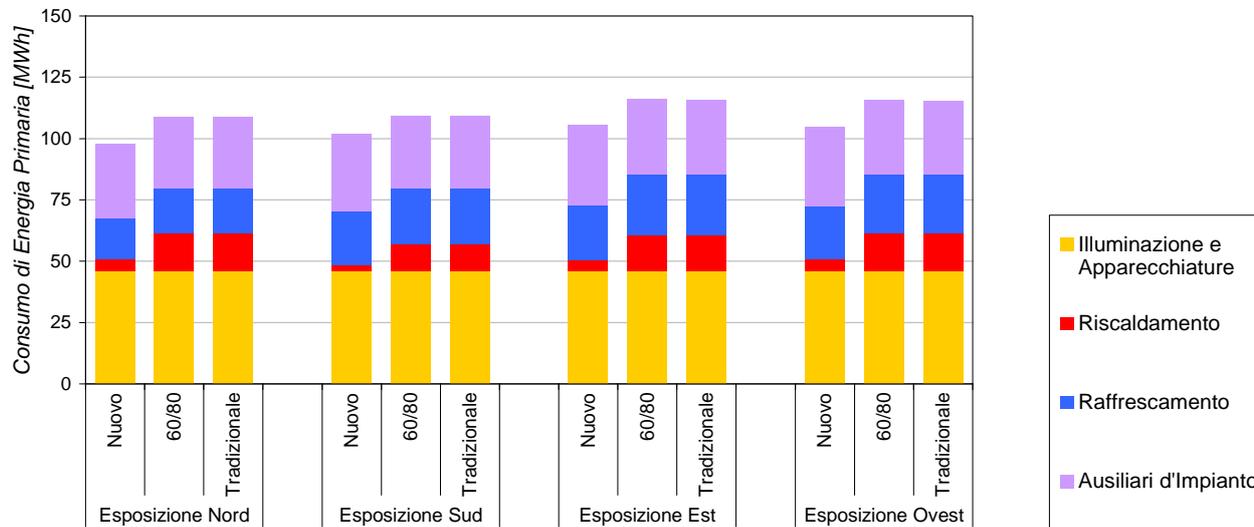


Figura 40. Composizione del consumo di energia primaria per il piano agenzia nella città di Roma.

Anche nella località di Roma gli edifici con i maggiori consumi risultano essere quelli più vecchi e, sempre a causa della destinazione d'uso, la componente di illuminazione e apparecchiature risulta essere la principale causa di consumo.

Come si evince dai risultati, inoltre, il consumo di energia primaria riconducibile al raffrescamento estivo supera in tutti i casi quello dovuto al riscaldamento invernale.

Anche in questo caso (Figura 41) i ventilatori del sistema di ventilazione/aria primaria coprono tra il 70% e l'80% dei consumi dovuti agli ausiliari. La componente relativa agli ausiliari della macchina frigorifera, però, diventa la seconda causa di consumo nel caso dell'edificio di nuova costruzione, che presenta maggiori fabbisogni di raffrescamento rispetto agli edifici più vecchi.

AGENZIA - Consumo di Energia Primaria per Ausiliari d'Impianto

Roma

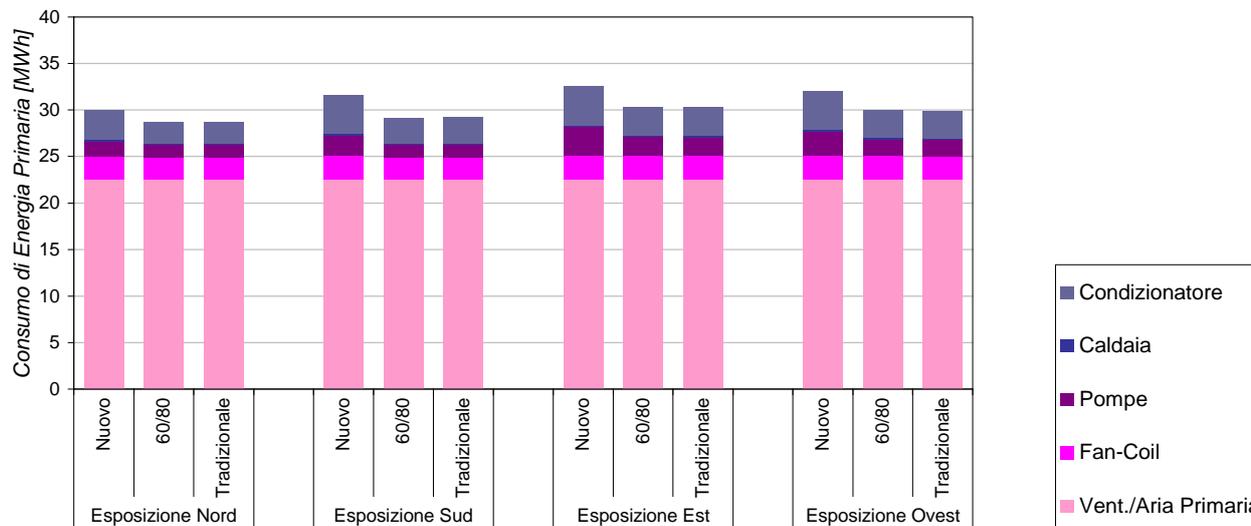


Figura 41. Composizione del consumo di energia primaria relativo agli ausiliari d'impianto per il piano agenzia nella città di Roma.

Palermo

La tabella seguente mostra i consumi energetici annuali disaggregati per le diverse fonti e il consumo totale di energia primaria relativi al piano agenzia per la località di **Palermo**. La composizione dei consumi in termini di energia primaria è visualizzata in Figura 42.

Tabella 36. Consumi energetici annuali disaggregati per fonte e consumo totale di energia primaria relativi al piano agenzia nella località di Palermo.

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo	4.19	28.01	45.59	57.65	295.28
	60/80	13.65	35.85	41.14	57.65	312.26
	Tradizionale	13.21	36.05	41.16	57.65	312.30
Sud	Nuovo	3.10	35.22	50.11	57.65	320.20
	60/80	11.10	43.70	44.84	57.65	335.34
	Tradizionale	10.58	43.86	44.84	57.65	335.17
Est	Nuovo	3.91	35.74	54.74	57.65	332.44
	60/80	13.04	46.31	47.84	57.65	349.70
	Tradizionale	12.50	46.42	47.48	57.65	348.62
Ovest	Nuovo	4.15	35.21	51.29	57.65	323.86
	60/80	14.09	44.99	45.70	57.65	343.08
	Tradizionale	13.47	45.22	45.80	57.65	343.19

AGENZIA - Consumo di Energia Primaria

Palermo

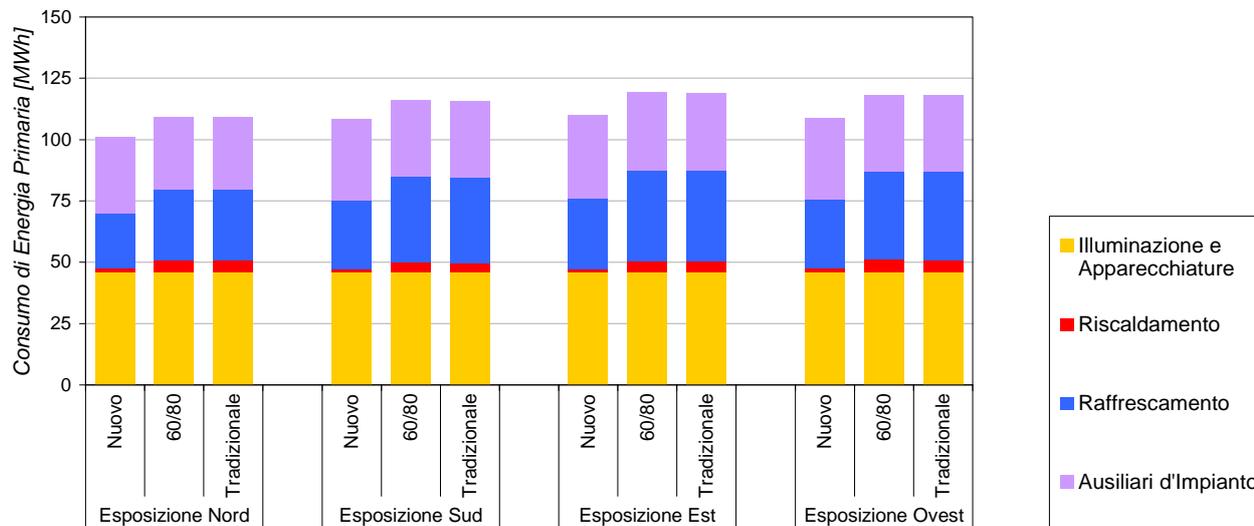


Figura 42. Composizione del consumo di energia primaria per il piano agenzia nella città di Palermo.

La destinazione d’uso di agenzia ritrova nella componente di illuminazione e apparecchiature la principale causa di consumo di energia primaria anche a Palermo. Nonostante gli edifici più vecchi siano sempre caratterizzati dai maggiori consumi, le differenze rispetto all’edificio di nuova costruzione sono molto ridotte, poiché in questa località climatica i fabbisogni di raffrescamento assumono grande importanza.

Come si evince dai risultati, inoltre, nel caso degli edifici più vecchi caratterizzati da efficienze d’impianto (soprattutto per quanto riguarda il rendimento della macchina frigorifera) più basse, il consumo di energia primaria riconducibile al raffrescamento estivo raggiunge, e in alcuni casi supera, quello legato agli ausiliari d’impianto.

Anche a Palermo i ventilatori del sistema di ventilazione/aria primaria coprono tra il 70% e l’80% dei consumi dovuti agli ausiliari (Figura 43). A causa degli elevati fabbisogni di raffrescamento legati alle condizioni climatiche della località, la componente relativa agli ausiliari della macchina frigorifera diventano la seconda causa di consumo per tutti gli edifici.

**AGENZIA - Consumo di Energia Primaria per Ausiliari d'Impianto
 Palermo**

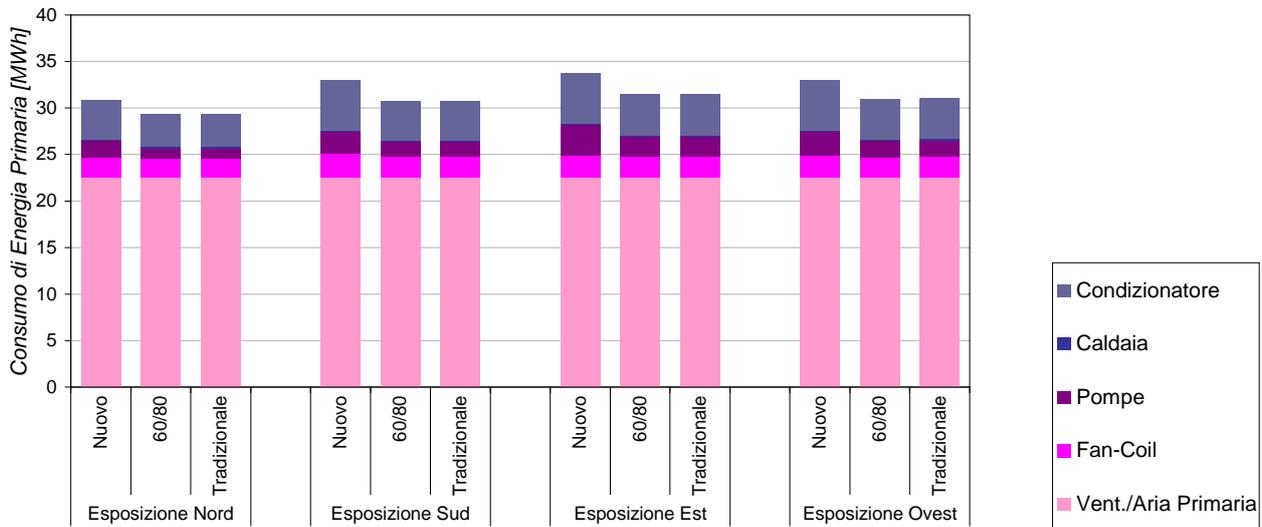


Figura 43. Composizione del consumo di energia primaria relativo agli ausiliari d'impianto per il piano agenzia nella città di Palermo.

4.3.3. Risultati relativi all'edificio completo – Filiale

Milano

La tabella seguente mostra i consumi energetici annuali disaggregati per le diverse fonti e il consumo totale di energia primaria relativi all'edificio ad uso *filiale* per la località di **Milano**. La composizione dei consumi in termini di energia primaria è visualizzata in Figura 44.

Tabella 37. Consumi energetici annuali disaggregati per fonte e consumo totale di energia primaria relativi all'edificio ad uso filiale nella località di Milano.

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo Convenzionale	33.87	12.97	39.18	54.95	271.39
	Nuovo Vetrato	39.62	19.07	42.01	54.95	296.95
	60/80 Convenzionale	100.54	15.24	39.48	54.95	343.76
	60/80 Vetrato	86.76	27.19	41.91	54.95	361.88
	Tradizionale	98.88	15.30	39.25	54.95	341.71
Sud	Nuovo Convenzionale	32.28	13.74	39.35	54.95	271.89
	Nuovo Vetrato	38.03	19.83	42.19	54.95	297.44
	60/80 Convenzionale	98.10	15.84	39.52	54.95	342.74
	60/80 Vetrato	84.32	27.79	41.95	54.95	360.86
	Tradizionale	96.41	15.87	39.29	54.95	340.60
Est	Nuovo Convenzionale	35.41	15.27	40.29	54.95	280.48
	Nuovo Vetrato	42.64	22.83	43.80	54.95	312.28
	60/80 Convenzionale	102.05	18.23	40.18	54.95	353.46
	60/80 Vetrato	90.13	33.30	43.37	54.95	382.02
	Tradizionale	100.48	18.30	39.93	54.95	351.47
Ovest	Nuovo Convenzionale	35.54	15.11	40.07	54.95	279.78
	Nuovo Vetrato	42.78	22.67	43.58	54.95	311.58
	60/80 Convenzionale	102.56	18.05	40.12	54.95	353.43
	60/80 Vetrato	90.64	33.11	43.31	54.95	382.00
	Tradizionale	100.99	18.11	39.87	54.95	351.44

FILIALE - Consumo di Energia Primaria

Milano

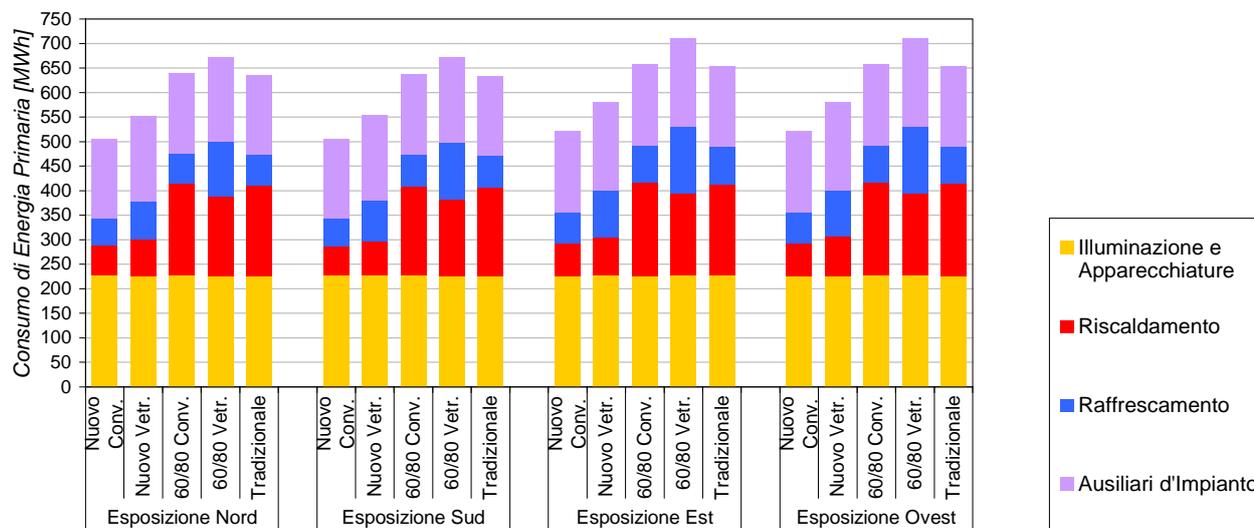


Figura 44. Composizione del consumo di energia primaria per l'edificio ad uso filiale nella città di Milano.

Trattandosi della combinazione tra le due destinazioni d'uso già considerate, le considerazioni sui risultati ripercorrono quelle illustrate in precedenza.

La tipologia 60/80 vetrata, che presenta sia una quota consistente di riscaldamento (seconda solo a quelle degli edifici 60/80 convenzionale e tradizionale) sia la massima quota di raffrescamento tra tutte le soluzioni considerate, è quella caratterizzata dal maggior consumo di energia primaria.

Gli edifici "convenzionale degli anni 60/70" e "storico" mostrano risultati del tutto analoghi sia complessivamente sia per composizione dei consumi. Pur essendo caratterizzati da un fabbisogno di raffrescamento inferiore rispetto all'edificio nuovo convenzionale, entrambi rivelano consumi elettrici correlati superiori, a causa delle diverse caratteristiche d'impianto e in particolare al EER nominale del generatore, inferiore rispetto a quello considerato per gli edifici di nuova costruzione.

Gli edifici di nuova costruzione, infatti, sono caratterizzati in tutti i casi da consumi di energia primaria inferiori a quelli degli edifici più vecchi.

La principale fonte di consumo di energia primaria risulta essere l'energia elettrica per illuminazione e apparecchiature.

Per quanto riguarda gli ausiliari d'impianto (Figura 45), i risultati mostrano come la componente più consistente, che copre tra il 70% e l'80% dei consumi dovuti agli ausiliari, sia sempre quella relativa ai ventilatori del sistema di ventilazione/aria primaria, seguiti, da quelli delle pompe di circolazione nel caso degli edifici vetrati e dai ventilatori dei fan-coil nel caso delle soluzioni di tipo convenzionale.

FILIALE - Consumo di Energia Primaria per Ausiliari d'Impianto

Milano

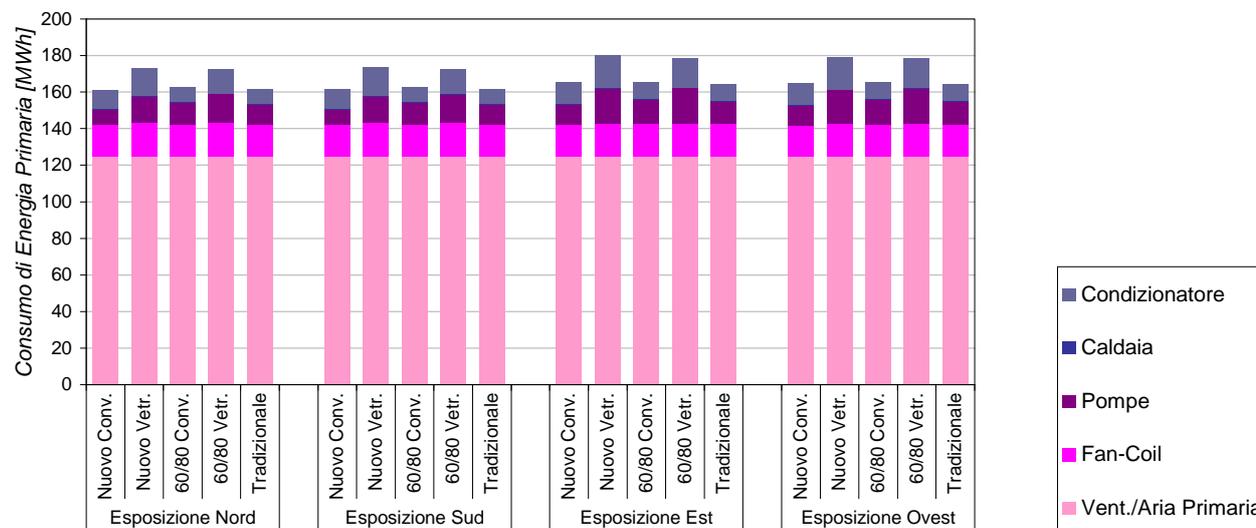


Figura 45. Composizione del consumo di energia primaria relativo agli ausiliari d'impianto per l'edificio ad uso filiale nella città di Milano.

Roma

La tabella seguente mostra i consumi energetici annuali disaggregati per le diverse fonti e il consumo totale di energia primaria relativi all'edificio ad uso *filiale* per la località di **Roma**. La composizione dei consumi in termini di energia primaria è visualizzata in Figura 46.

Tabella 38. Consumi energetici annuali disaggregati per fonte e consumo totale di energia primaria relativi all'edificio ad uso filiale nella località di Roma.

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo Convenzionale	10.66	18.41	40.34	54.95	262.83
	Nuovo Vetrato	11.00	26.70	43.85	54.95	289.33
	60/80 Convenzionale	42.04	24.05	40.16	54.95	306.32
	60/80 Vetrato	30.83	41.50	43.91	54.95	342.12
	Tradizionale	38.80	24.46	40.04	54.95	303.71
Sud	Nuovo Convenzionale	9.29	19.65	40.73	54.95	265.08
	Nuovo Vetrato	9.64	27.94	44.24	54.95	291.58
	60/80 Convenzionale	39.63	25.08	40.28	54.95	306.45
	60/80 Vetrato	28.42	42.53	44.03	54.95	342.25
	Tradizionale	36.39	25.48	40.16	54.95	303.85
Est	Nuovo Convenzionale	12.17	21.60	41.61	54.95	274.23
	Nuovo Vetrato	12.64	31.28	45.54	54.95	304.87
	60/80 Convenzionale	45.01	28.71	41.22	54.95	321.96
	60/80 Vetrato	33.39	49.35	45.59	54.95	365.80
	Tradizionale	41.78	29.14	41.06	54.95	319.33
Ovest	Nuovo Convenzionale	12.31	21.48	41.47	54.95	273.79
	Nuovo Vetrato	12.77	31.16	45.40	54.95	304.43
	60/80 Convenzionale	45.46	28.50	41.12	54.95	321.74
	60/80 Vetrato	33.85	49.14	45.49	54.95	365.58
	Tradizionale	42.22	28.93	40.97	54.95	319.11

FILIALE - Consumo di Energia Primaria

Roma

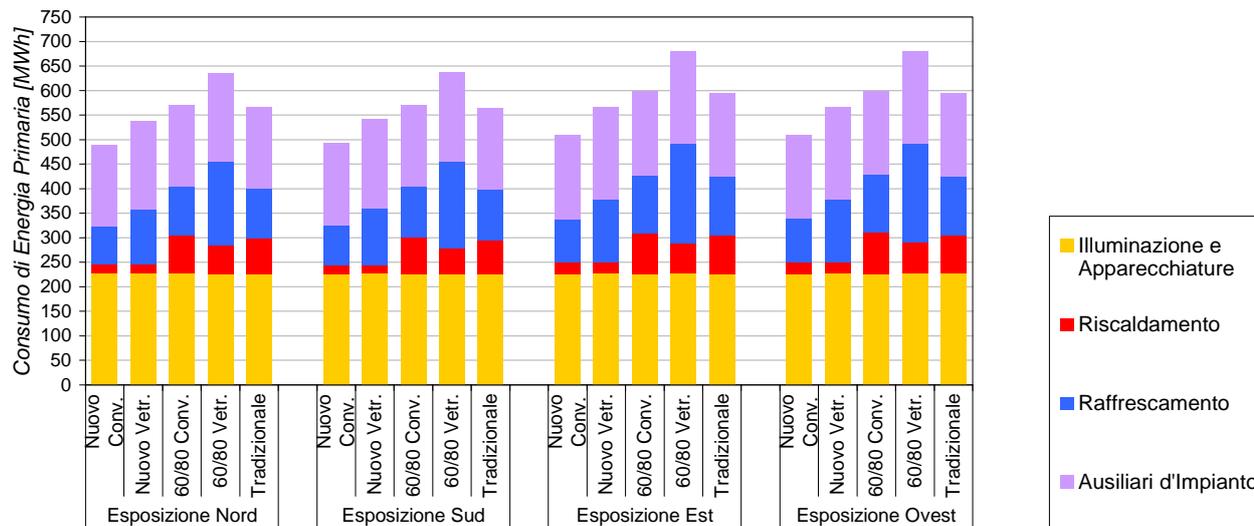


Figura 46. Composizione del consumo di energia primaria per l'edificio ad uso filiale nella città di Roma.

Come si evince dai risultati, per la città di Roma l'energia primaria riconducibile al raffrescamento estivo è in tutti i casi superiore a quella connessa al riscaldamento invernale.

Anche in questo caso le migliori prestazioni sono relative all'edificio "nuovo convenzionale" e quelle peggiori a quello vetrato risalente agli anni 60/80.

Per quanto riguarda gli ausiliari d'impianto (Figura 47), quelli della macchina frigorifera associata agli edifici vetrati si rivelano la seconda causa di consumi di energia primaria.

FILIALE - Consumo di Energia Primaria per Ausiliari d'Impianto

Roma

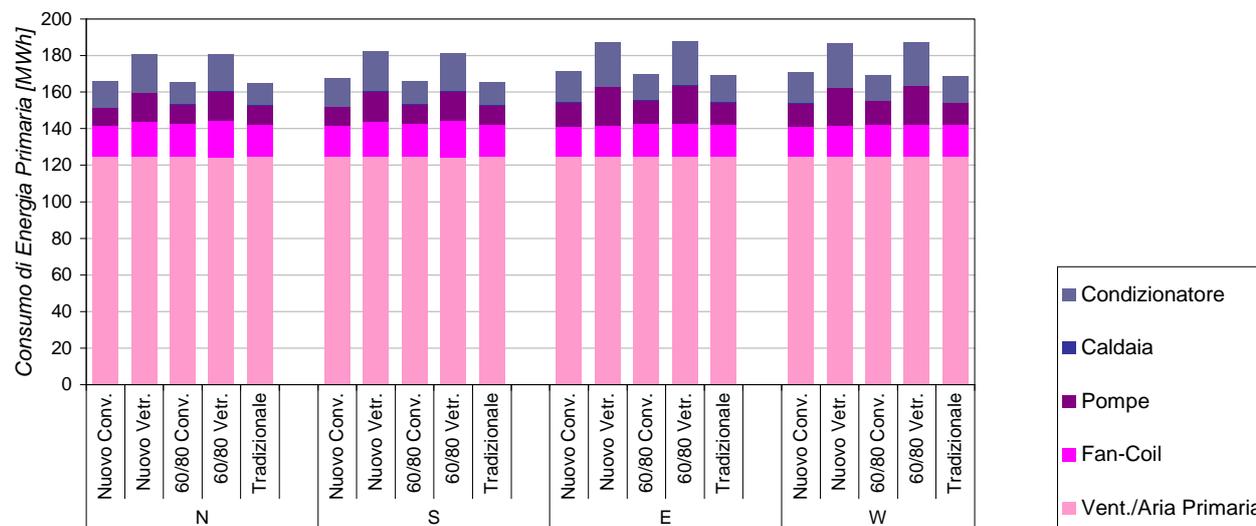


Figura 47. Composizione del consumo di energia primaria relativo agli ausiliari d’impianto per l’edificio ad uso filiale nella città di Roma.

Palermo

La tabella seguente mostra i consumi energetici annuali disaggregati per le diverse fonti e il consumo totale di energia primaria relativi all’edificio ad uso *filiale* per la località di **Palermo**. La composizione dei consumi in termini di energia primaria è visualizzata in Figura 48.

Tabella 39. Consumi energetici annuali disaggregati per fonte e consumo totale di energia primaria relativi all’edificio ad uso filiale nella località di Palermo.

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d’Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo Convenzionale	2.28	27.65	42.34	54.95	279.36
	Nuovo Vetrato	3.95	33.41	44.53	54.95	298.67
	60/80 Convenzionale	11.14	37.86	41.19	54.95	308.32
	60/80 Vetrato	8.43	58.80	45.73	54.95	362.11
	Tradizionale	9.90	38.28	41.13	54.95	307.87
Sud	Nuovo Convenzionale	2.07	29.04	42.83	54.95	283.34
	Nuovo Vetrato	3.74	34.81	45.02	54.95	302.64
	60/80 Convenzionale	10.65	39.38	41.54	54.95	311.99
	60/80 Vetrato	7.93	60.32	46.08	54.95	365.78
	Tradizionale	9.39	39.79	41.48	54.95	311.50
Est	Nuovo Convenzionale	2.46	31.19	43.45	54.95	289.85
	Nuovo Vetrato	4.11	38.18	46.13	54.95	312.95
	60/80 Convenzionale	11.75	43.11	42.21	54.95	322.84
	60/80 Vetrato	8.60	67.54	47.66	54.95	385.95
	Tradizionale	10.40	43.58	42.14	54.95	322.37
Ovest	Nuovo Convenzionale	2.51	31.08	43.27	54.95	289.27
	Nuovo Vetrato	4.15	38.07	45.95	54.95	312.37
	60/80 Convenzionale	11.95	42.86	42.09	54.95	322.21
	60/80 Vetrato	8.80	67.29	47.54	54.95	385.32
	Tradizionale	10.59	43.34	42.04	54.95	321.83

FILIALE - Consumo di Energia Primaria

Palermo

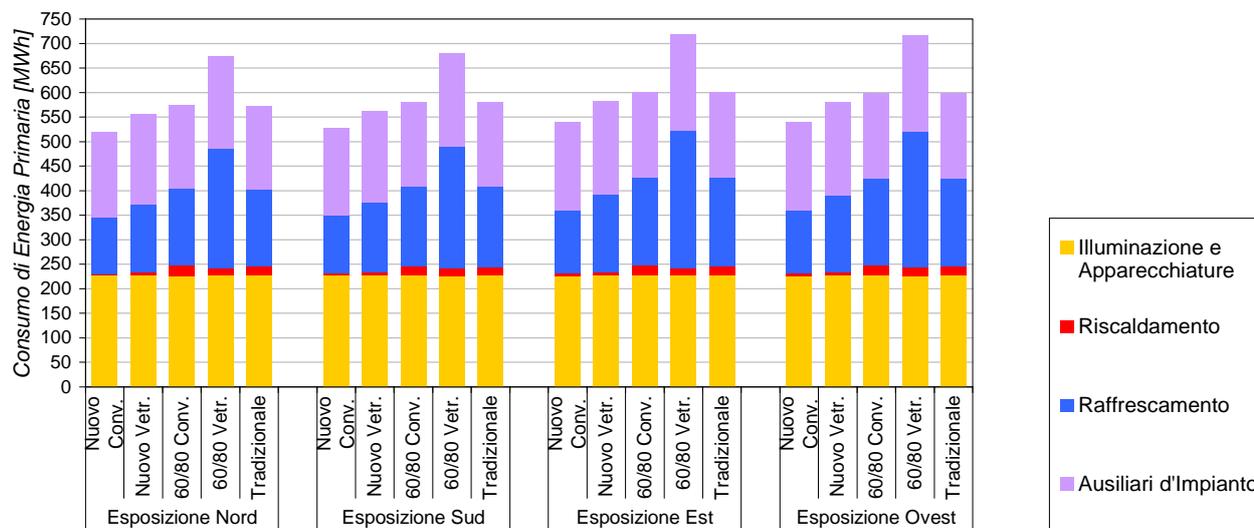


Figura 48. Composizione del consumo di energia primaria per l'edificio ad uso filiale nella città di Palermo.

Nella città di Palermo, a causa dell'aumento del peso della componente di raffrescamento, il consumo di energia primaria dell'edificio nuovo vetrato si avvicina a quello degli edifici convenzionali più vecchi (60/80 convenzionale e tradizionale). Nel caso della soluzione 60/80 vetrata, i cui consumi superano quelli degli altri edifici almeno del 15%, la componente dovuta al raffrescamento è in assoluto la maggior causa di consumo energetico, superando illuminazione e apparecchiature.

Per quanto riguarda gli ausiliari d'impianto (Figura 49), quelli riconducibili al funzionamento della macchina frigorifera diventano a Palermo la seconda causa di consumi di energia primaria per tutti gli edifici, a causa dell'aumento dei fabbisogni di raffrescamento.

**FILIALE - Consumo di Energia Primaria per Ausiliari d'Impianto
Palermo**

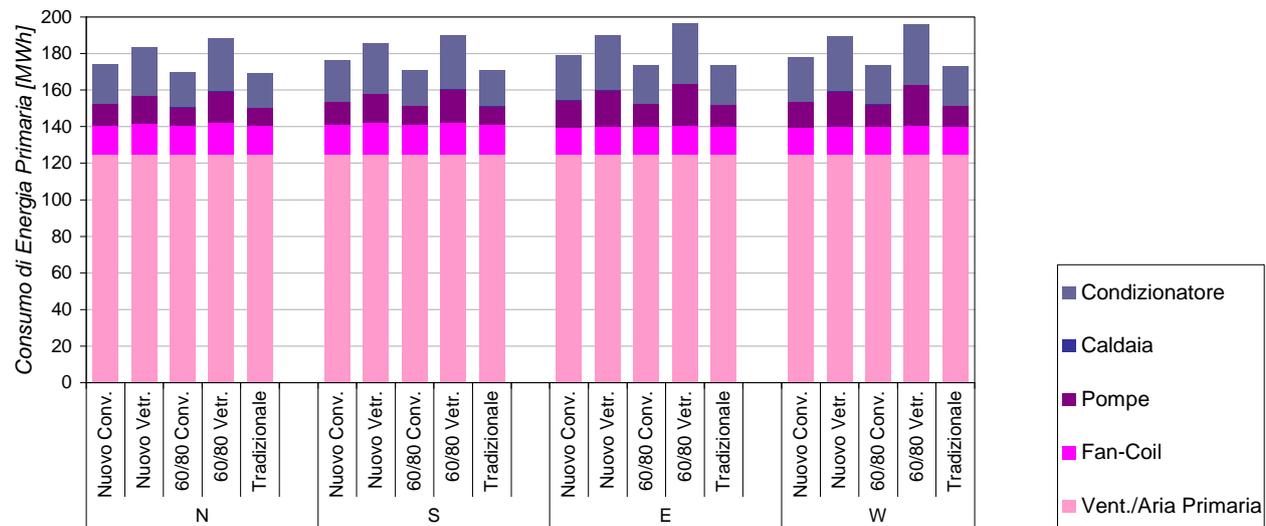


Figura 49. Composizione del consumo di energia primaria relativo agli ausiliari d’impianto per l’edificio ad uso filiale nella città di Palermo.

5. Conclusioni

Le elaborazioni condotte nel presente studio non pretendono di dare una visione esaustiva del comportamento energetico degli edifici ad uso *istituti di credito e assicurativi* del parco nazionale, ma possono contribuire a determinare un valido riferimento da cui muovere ulteriori approfondimenti. Il parco edifici italiano è variegato sia dal punto di vista degli involucri edilizi che da quello impiantistico. Con i casi contemplati nello studio si è voluto calibrare un set di indici di benchmark energetici rappresentativi di diverse tipologie edilizie e contesti climatici: dagli esiti di queste valutazioni potrebbero essere desunti, con interpolazioni di prima analisi, valori energetico-prestazionali riconducibili ad altri casi (diverse soluzioni tipologiche o località climatiche). La metodologia illustrata potrebbe inoltre essere adottata per estendere la matrice delle simulazioni ad altre specificità.

In allegato si riportano alcuni grafici da cui poter estrapolare valori di fabbisogno di energia per altre località climatiche, facendo riferimento ai Gradi Giorno nominali (ex D.P.R 412) o a quelli desumibili, contemplando l’apporto di radiazione solare, ai dati climatici orari.

Allegato A

Al fine di agevolare eventuali estrapolazioni volte ad estendere i risultati dello studio, da un lato, a specifiche località cui siano noti i dati climatici orari e, dall'altro, ad edifici con caratteristiche geometriche diverse da quelli analizzati, in questo allegato vengono forniti dei grafici di correlazione energia/clima dei diversi casi analizzati.

In particolare sono riportati i risultati relativi a domanda termica e frigorifera, consumo di gas per riscaldamento, consumo elettrico per gli ausiliari del riscaldamento e consumo elettrico per condizionamento estivo (incluso gli ausiliari d'impianto), nonché consumo di energia primaria totale (riscaldamento, condizionamento estivo e ausiliari d'impianto)

A partire da tali grafici è possibile desumere per interpolazione, in base alle specifiche condizioni climatiche, e per estensione, in base alle particolari caratteristiche geometriche, le prestazioni energetiche di casi diversi da quelli analizzati. Al fine di considerare specifiche composizioni planimetriche tra locali ad esclusivo uso ufficio e spazi di agenzia aperti al pubblico, i risultati relativi a queste due tipologie sono riportati separatamente.

E' importante ricordare che, oltre alle quote di consumo legate agli impianti di riscaldamento e raffrescamento, con prestazioni che dipendono dal clima, va contemplata la porzione relativa all'utilizzo di luci artificiali e apparecchiature elettriche presenti nell'edificio e quella legata al funzionamento dell'impianto di ventilazione/aria primaria, che prescindono dalla località e dalla tipologia edilizia considerata: per ottenere i dati di consumo complessivo sarà quindi necessario sommare tutte le componenti, quelle di riscaldamento e raffrescamento (inclusi gli ausiliari) desunte dai grafici e quelle per luci/apparecchiature e per impianto di ventilazione meccanica riportate nella tabella seguente.

Tabella 40: Dati di consumo di energia elettrica ed energia primaria dovuti a luci e apparecchiature e all'impianto di ventilazione/aria primaria da sommare a quelli per riscaldamento e raffrescamento desumibili dai grafici del presente allegato.

	Luci e Apparecchiature		Sistema di ventilazione/aria primaria	
	En. Elettrica [kWh/m ²]	En. Primaria [kWh/m ²]	En. Elettrica [kWh/m ²]	En. Primaria [kWh/m ²]
Uffici	54.3	120.4	30.7	68.1
Agenzia	57.6	127.9	28.2	62.6

Si ricorda inoltre che, per quanto riguarda la definizione delle condizioni climatiche, sono stati calcolati i valori di gradi-giorno di riscaldamento (base 20°C) e di raffrescamento (base 26°C) a partire dai dati orari dei file climatici di TRNSYS delle sette località analizzate. Al fine di includere l'effetto della radiazione solare sui consumi di climatizzazione degli edifici, è stato inoltre utilizzato, quale valore di temperatura esterna di riferimento, il dato di temperatura aria-sole calcolata su superficie orizzontale. La Tabella 41 riporta i valori calcolati ed i GG nominali (ex DPR 412).

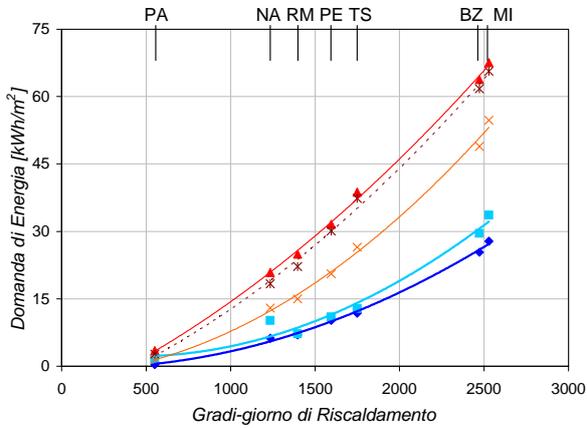
Tabella 41. Gradi-giorno di riscaldamento e raffrescamento per le località selezionate. I valori di HDD_{sa} sono confrontati con i gradi-giorno di riscaldamento ufficiali da D.P.R. 412 (1993).

	Milano	Bolzano	Trieste	Pescara	Roma	Napoli	Palermo
Riscaldamento							
DPR 412 (93)	2404	2791	2102	1718	1415	1034	751
HDD _{sa}	2529	2472	1750	1595	1397	1234	551
Raffrescamento							
CDD _{sa}	159	206	313	325	390	436	643

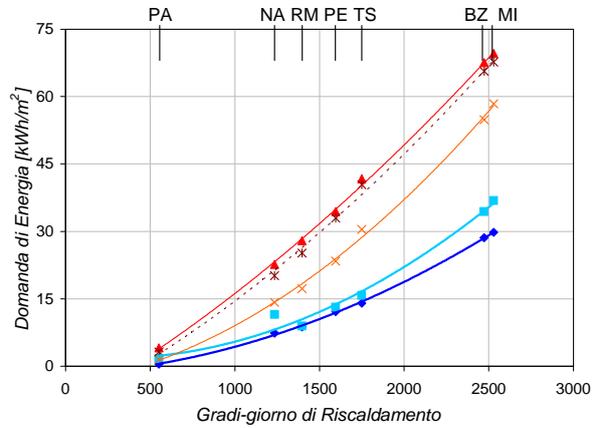
Si può notare, in particolare, come Bolzano risulti la città più fredda in riferimento ai gradi-giorno di riscaldamento da D.P.R. 412 mentre sulla base dei gradi-giorno calcolati per lo studio la città più fredda risulti essere Milano. Ciò è dovuto, da un lato, al fatto che, come già emerso nel Cap. 1, i dati orari di temperatura dell'aria di Milano risultano leggermente più bassi di quelli riportati in normativa e, dall'altro lato, all'effetto della radiazione solare (contemplato nel presente studio), che durante la stagione invernale è più alta a Bolzano.

Fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento

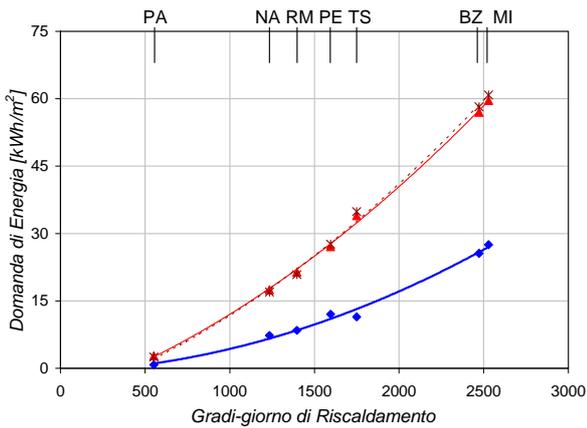
UFFICI - Fabbisogno di Riscaldamento
Esposizione Nord-Sud



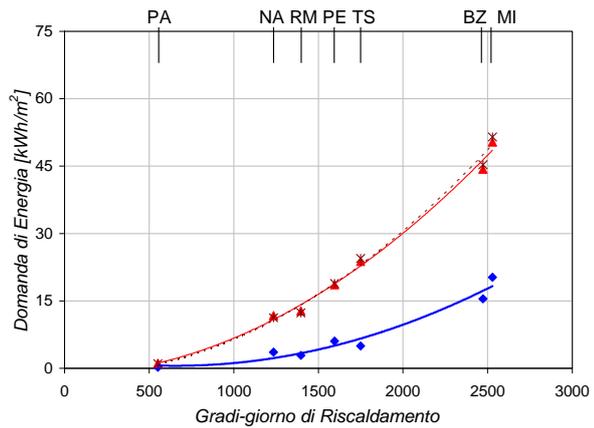
UFFICI - Fabbisogno di Riscaldamento
Esposizione Est-Ovest



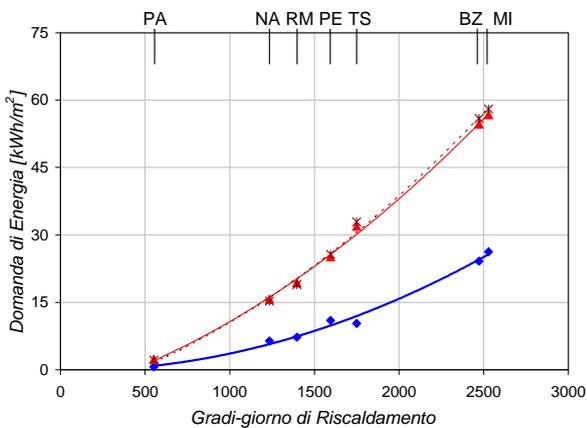
AGENZIA - Fabbisogno di Riscaldamento
Esposizione Nord



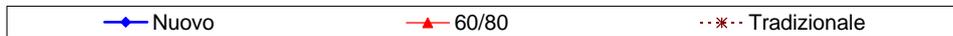
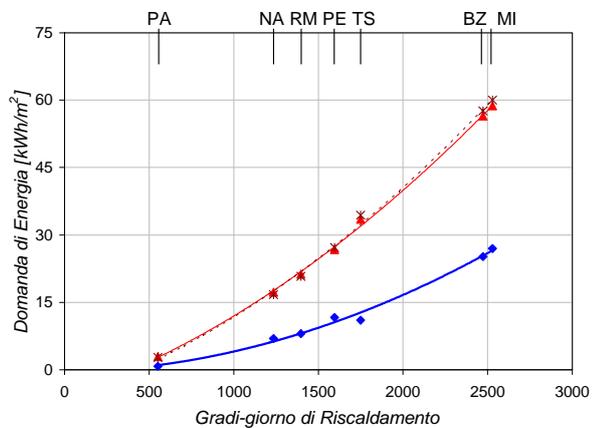
AGENZIA - Fabbisogno di Riscaldamento
Esposizione Sud



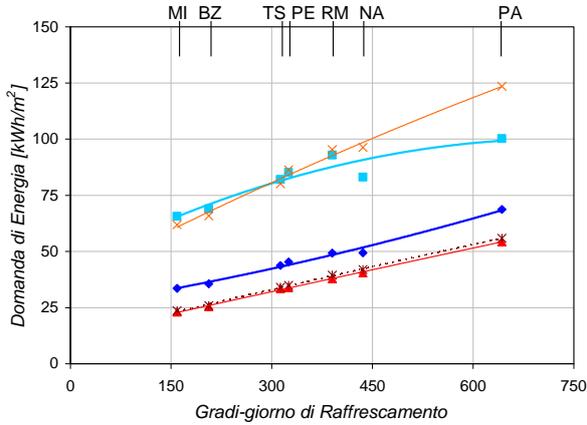
AGENZIA - Fabbisogno di Riscaldamento
Esposizione Est



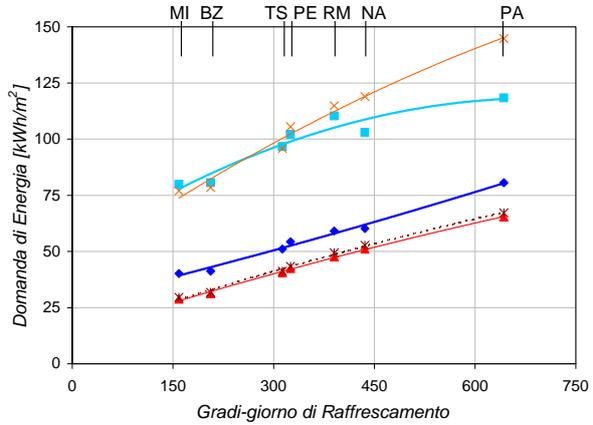
AGENZIA - Fabbisogno di Riscaldamento
Esposizione Ovest



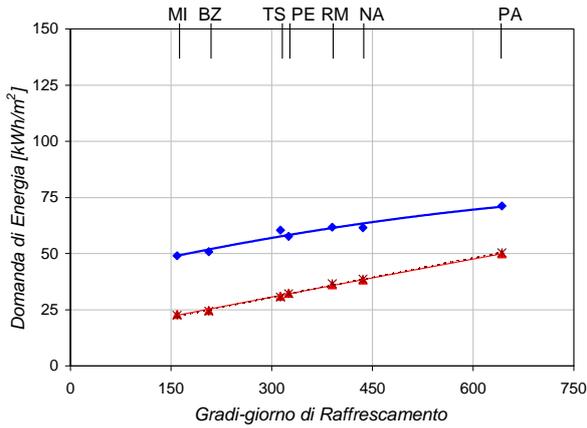
UFFICI - Fabbisogno di Raffrescamento
Esposizione Nord-Sud



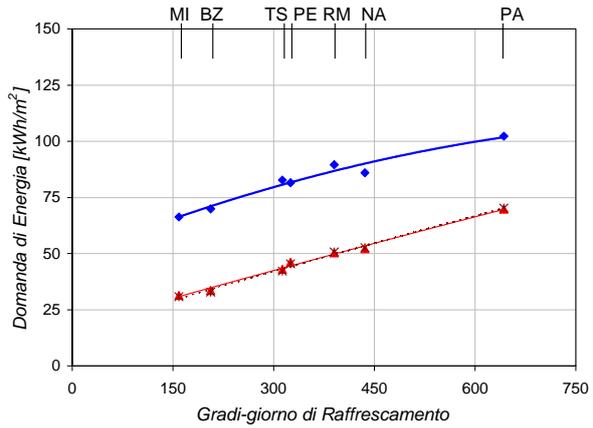
UFFICI - Fabbisogno di Raffrescamento
Esposizione Est-Ovest



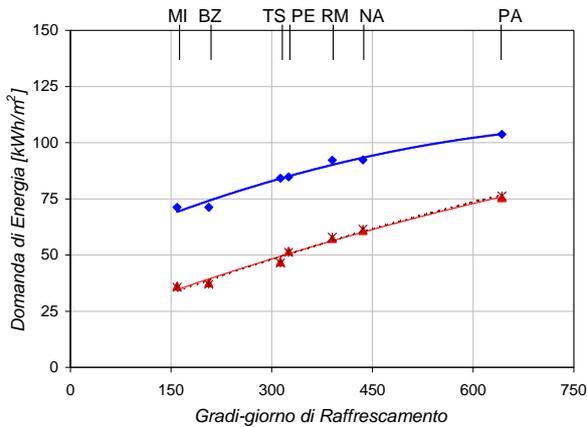
AGENZIA - Fabbisogno di Raffrescamento
Esposizione Nord



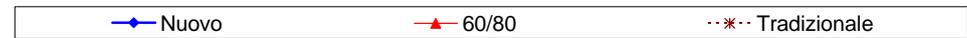
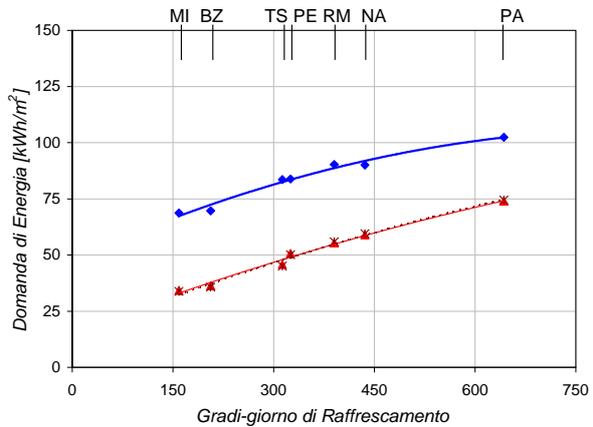
AGENZIA - Fabbisogno di Raffrescamento
Esposizione Sud



AGENZIA - Fabbisogno di Raffrescamento
Esposizione Est

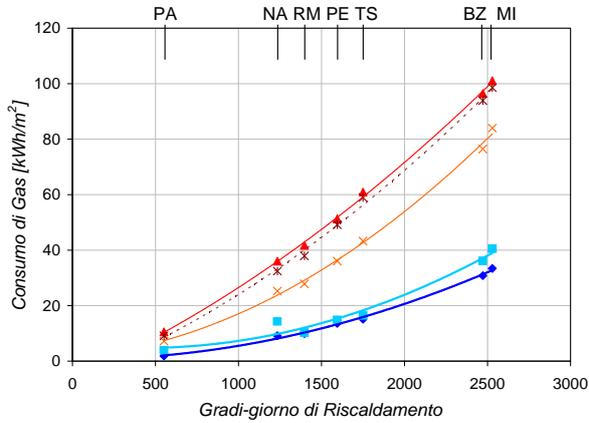


AGENZIA - Fabbisogno di Raffrescamento
Esposizione Ovest

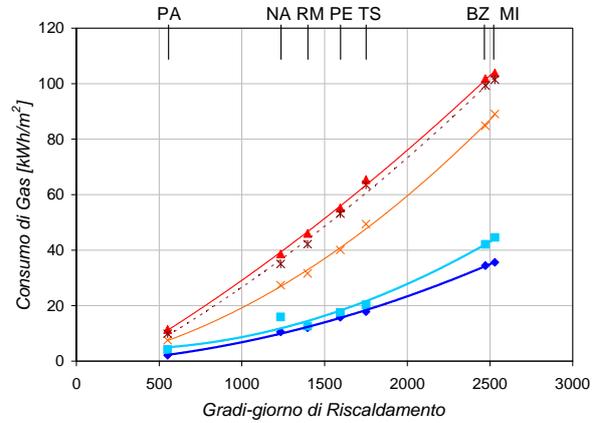


Consumo di energia per riscaldamento

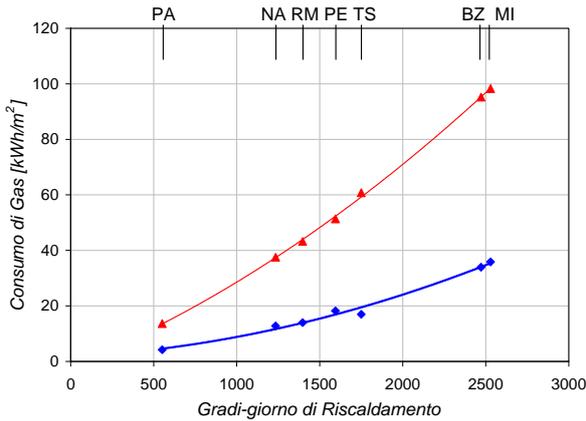
UFFICI - Gas per Riscaldamento
Esposizione Nord-Sud



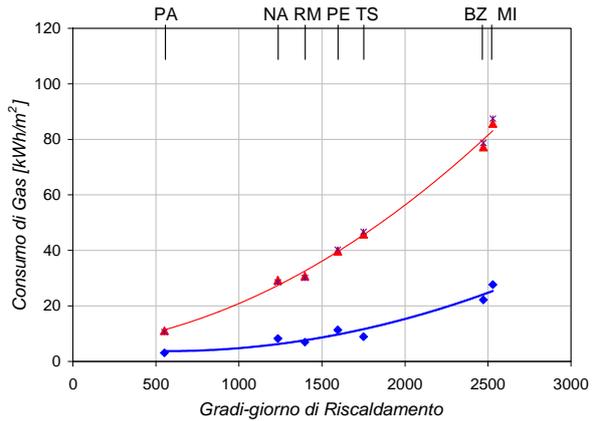
UFFICI - Gas per Riscaldamento
Esposizione Est-Ovest



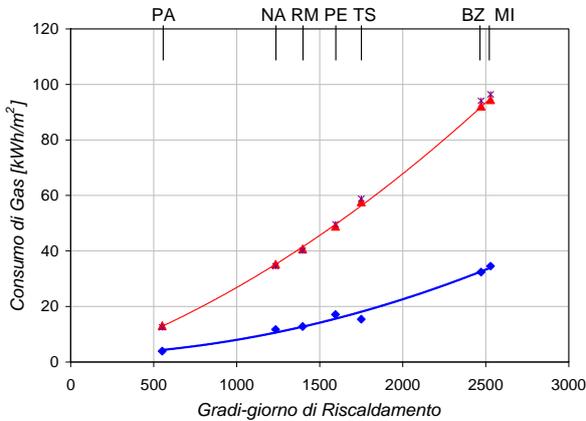
AGENZIA - Gas per Riscaldamento
Esposizione Nord



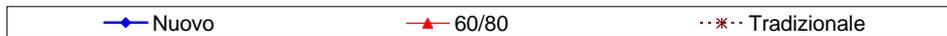
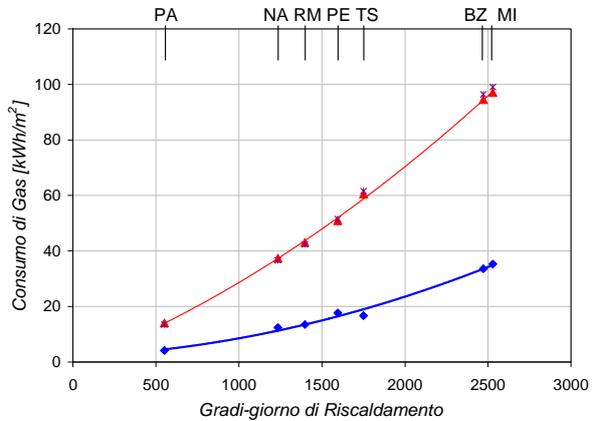
AGENZIA - Gas per Riscaldamento
Esposizione Sud



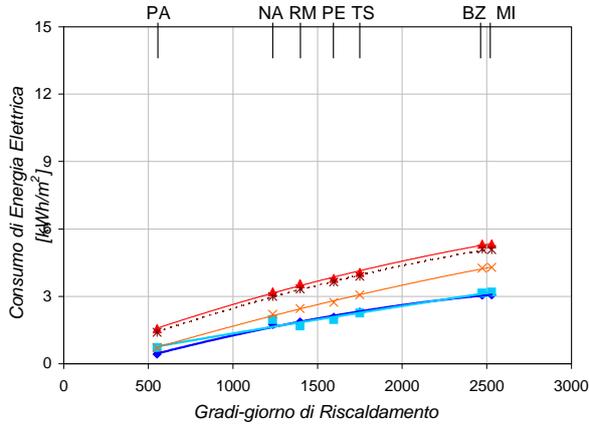
AGENZIA - Gas per Riscaldamento
Esposizione Est



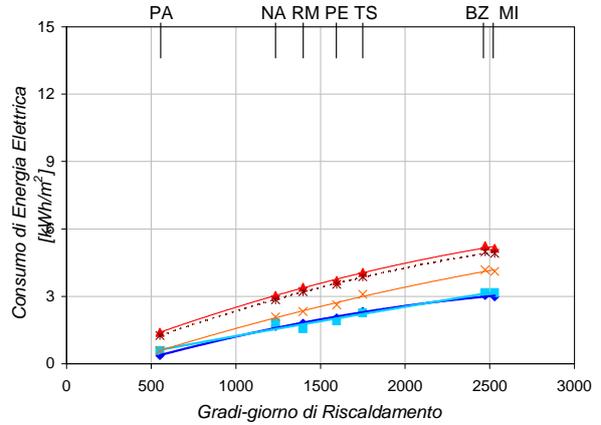
AGENZIA - Gas per Riscaldamento
Esposizione Ovest



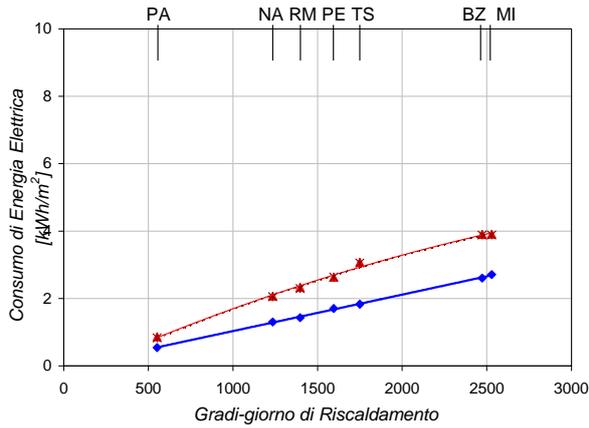
UFFICI - Energia Elettrica per Riscaldamento
Esposizione Nord-Sud



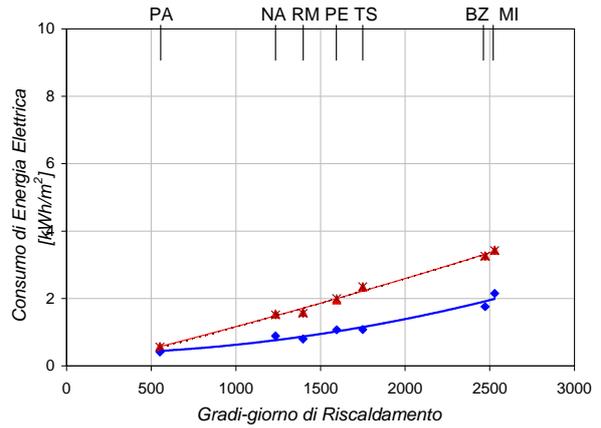
UFFICI - Energia Elettrica per Riscaldamento
Esposizione Est-Ovest



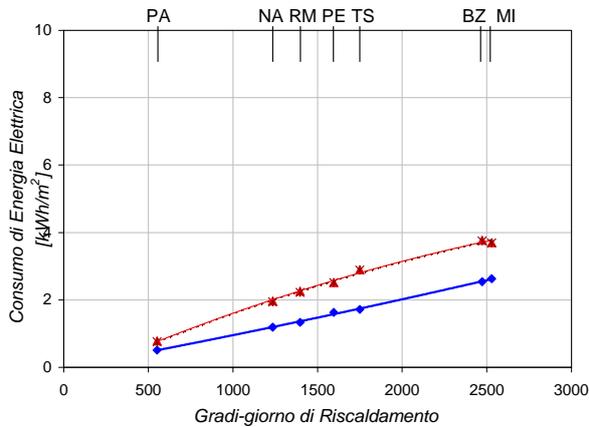
AGENZIA - Energia Elettrica per Riscaldamento
Esposizione Nord



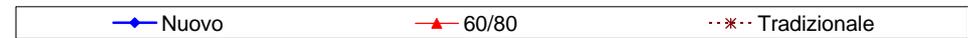
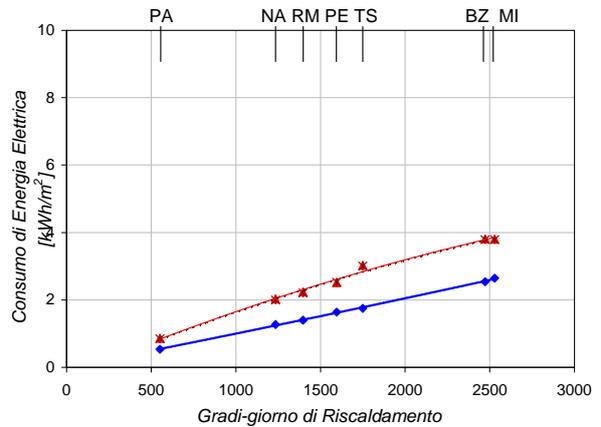
AGENZIA - Energia Elettrica per Riscaldamento
Esposizione Sud



AGENZIA - Energia Elettrica per Riscaldamento
Esposizione Est

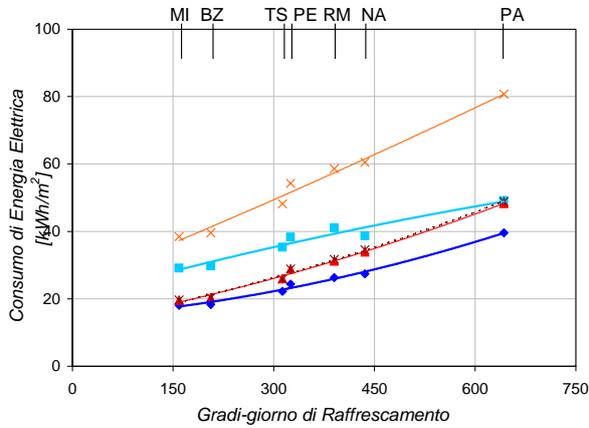


AGENZIA - Energia Elettrica per Riscaldamento
Esposizione Ovest

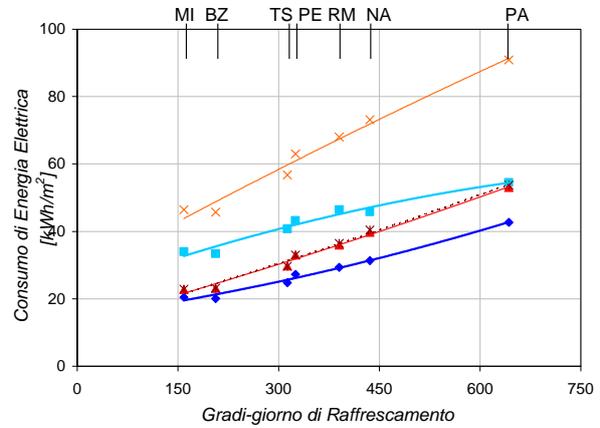


Consumo di energia per raffrescamento

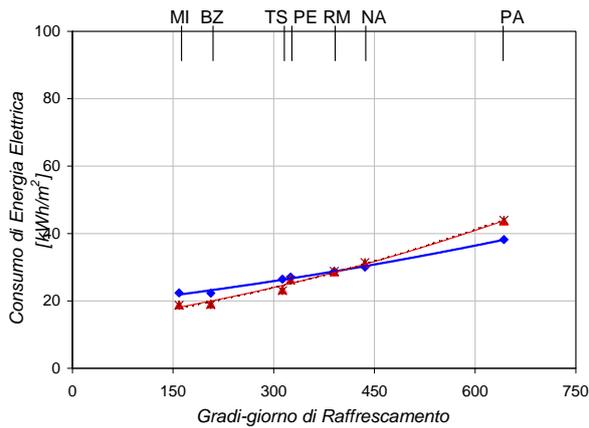
UFFICI - Energia Elettrica per Raffrescamento
Esposizione Nord-Sud



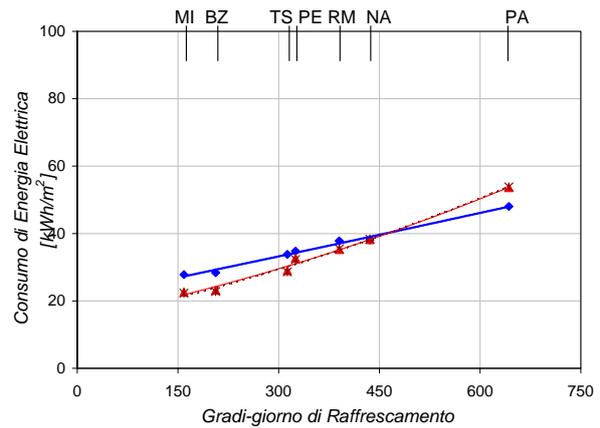
UFFICI - Energia Elettrica per Raffrescamento
Esposizione Est-Ovest



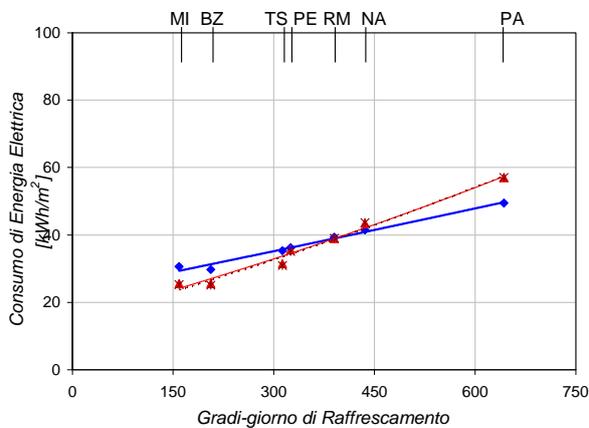
AGENZIA - Energia Elettrica per Raffrescamento
Esposizione Nord



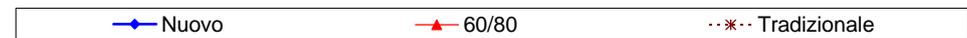
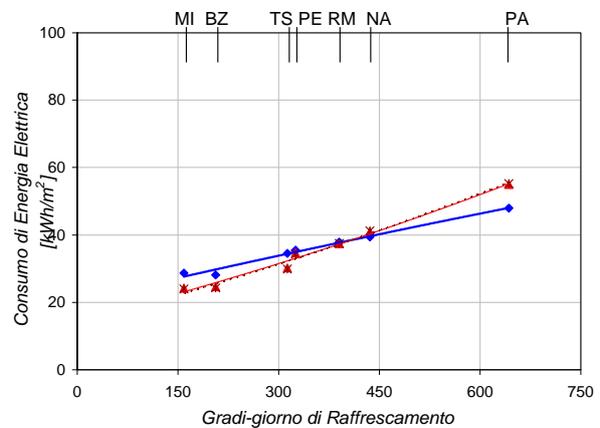
AGENZIA - Energia Elettrica per Raffrescamento
Esposizione Sud



AGENZIA - Energia Elettrica per Raffrescamento
Esposizione Est

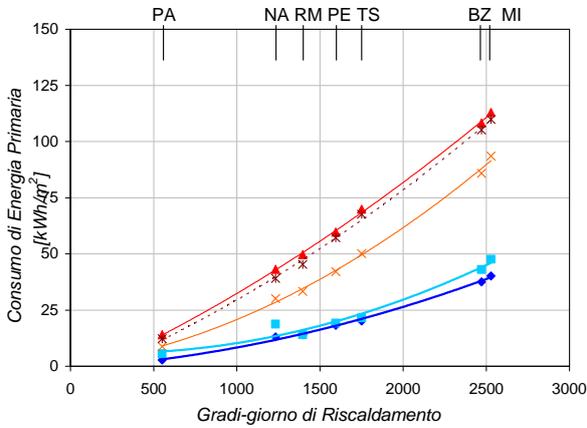


AGENZIA - Energia Elettrica per Raffrescamento
Esposizione Ovest

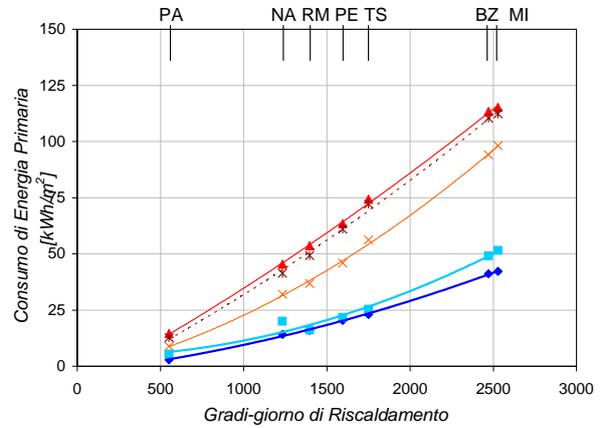


Consumo di energia primaria per riscaldamento e raffrescamento

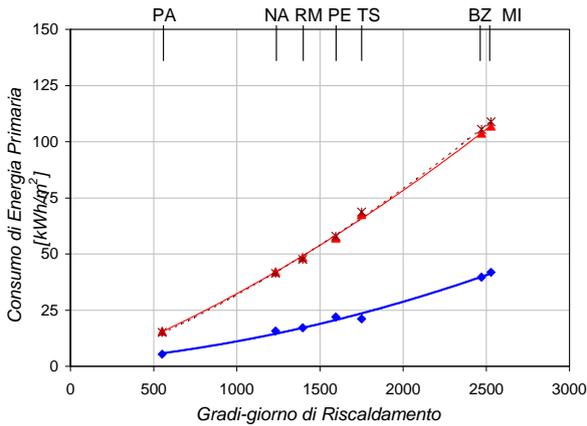
UFFICI - Energia Primaria per Riscaldamento
Esposizione Nord-Sud



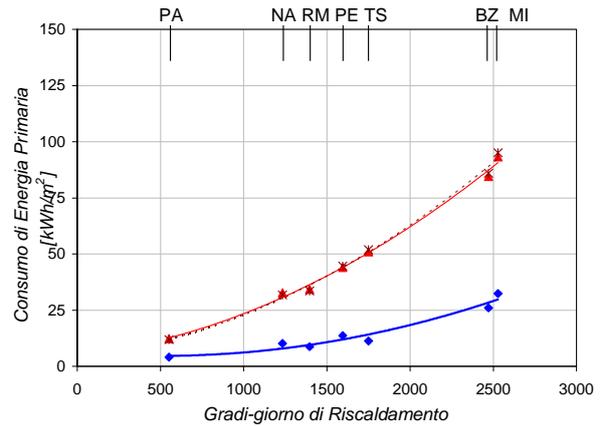
UFFICI - Energia Primaria per Riscaldamento
Esposizione Est-Ovest



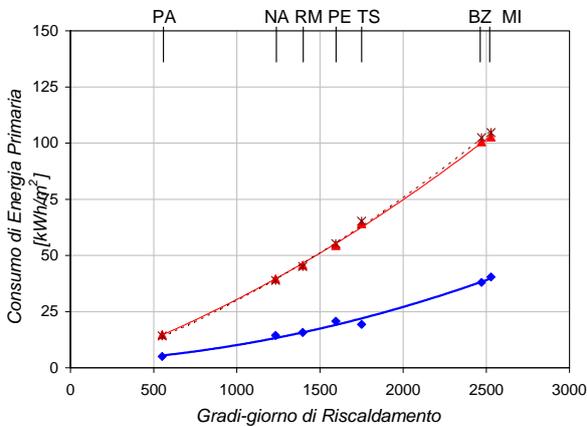
AGENZIA - Energia Primaria per Riscaldamento
Esposizione Nord



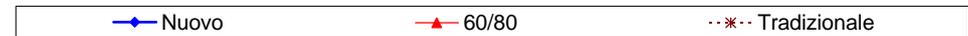
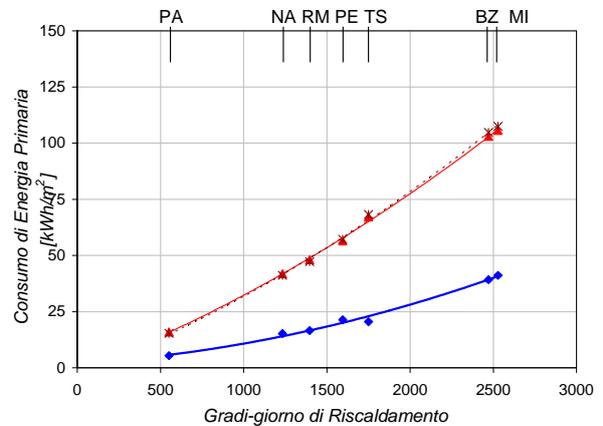
AGENZIA - Energia Primaria per Riscaldamento
Esposizione Sud



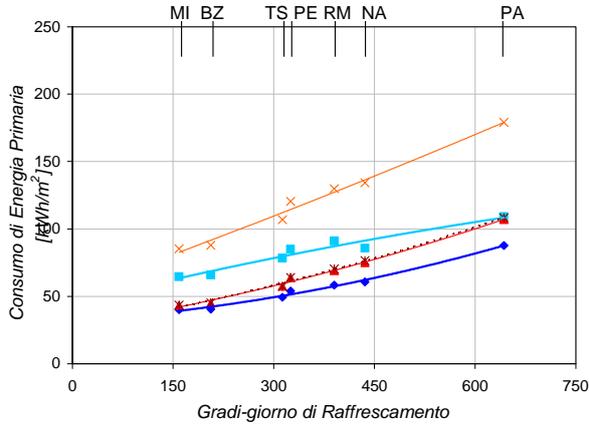
AGENZIA - Energia Primaria per Riscaldamento
Esposizione Est



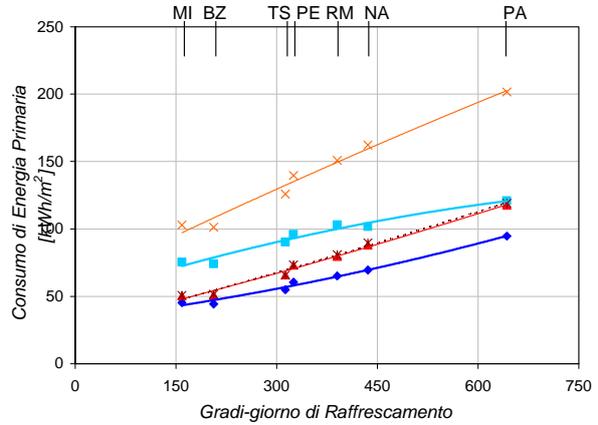
AGENZIA - Energia Primaria per Riscaldamento
Esposizione Ovest



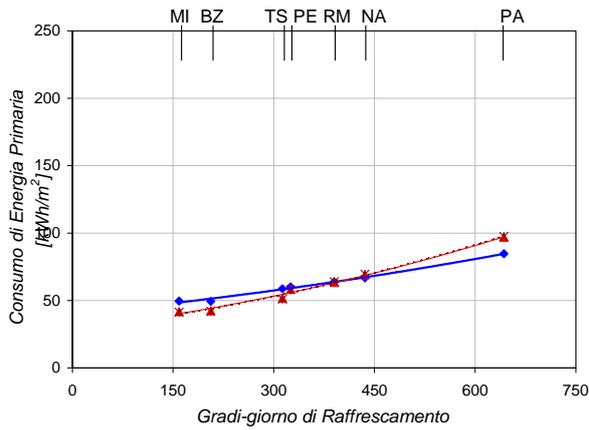
UFFICI - Energia Primaria per Raffrescamento
Esposizione Nord-Sud



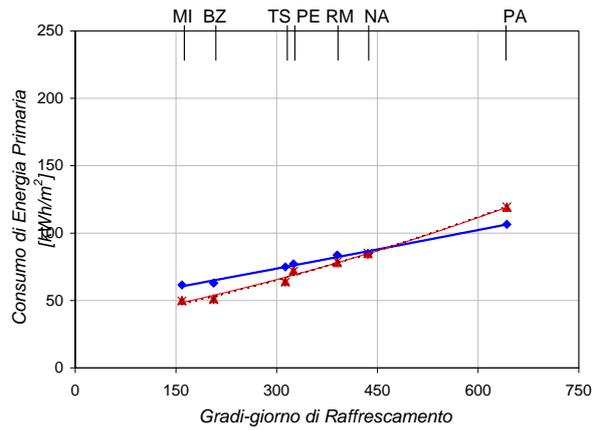
UFFICI - Energia Primaria per Raffrescamento
Esposizione Est-Ovest



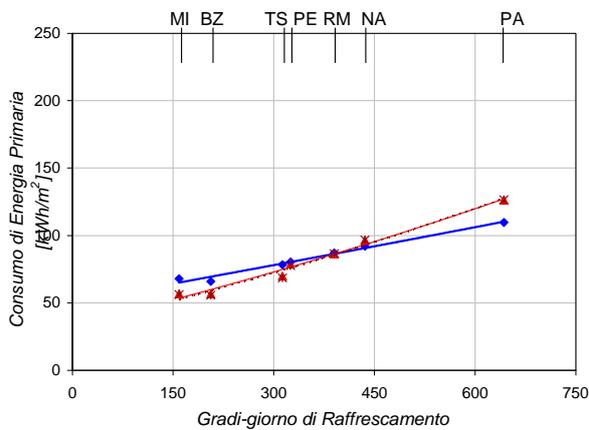
AGENZIA - Energia Primaria per Raffrescamento
Esposizione Nord



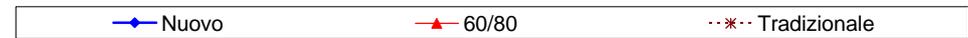
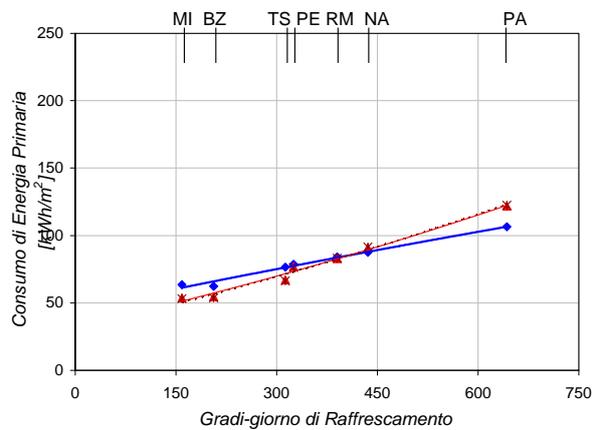
AGENZIA - Energia Primaria per Raffrescamento
Esposizione Sud



AGENZIA - Energia Primaria per Raffrescamento
Esposizione Est



AGENZIA - Energia Primaria per Raffrescamento
Esposizione Ovest



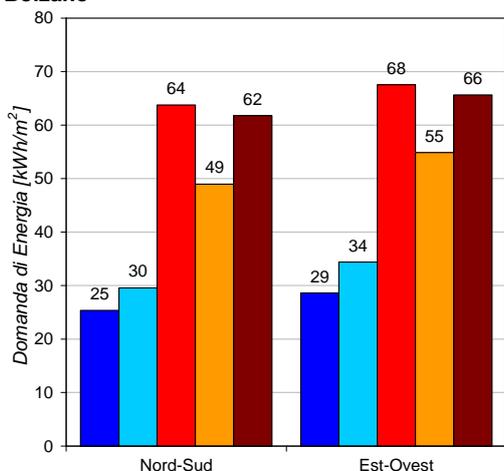
Allegato B

I grafici e le tabelle del presente allegato riportano i risultati relativi alla domanda di energia, al dimensionamento degli impianti e ai consumi di energia delle quattro località omesse nel corpo della relazione (Bolzano, Trieste, Pescara e Napoli).

Domanda di energia – Piani adibiti ad uffici/Sede centrale

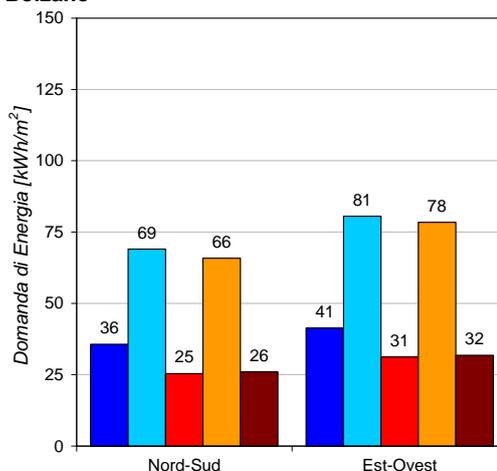
UFFICI - Fabbisogno di Riscaldamento

Bolzano



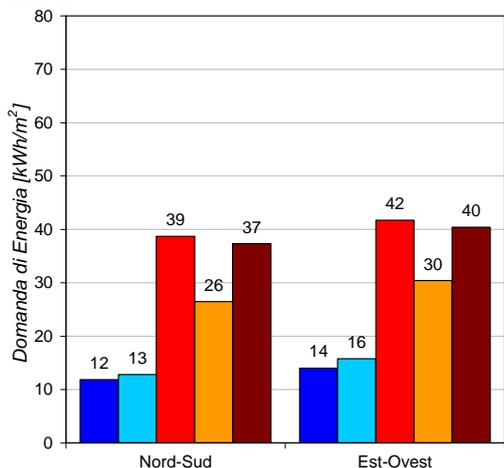
UFFICI - Fabbisogno di Raffrescamento

Bolzano



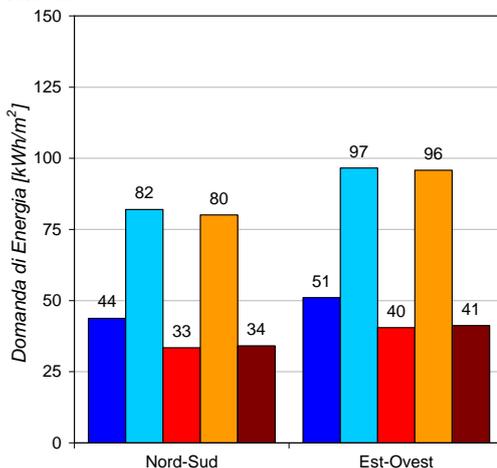
UFFICI - Fabbisogno di Riscaldamento

Trieste



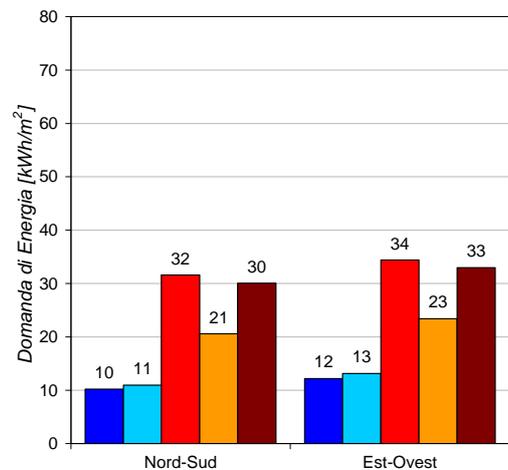
UFFICI - Fabbisogno di Raffrescamento

Trieste



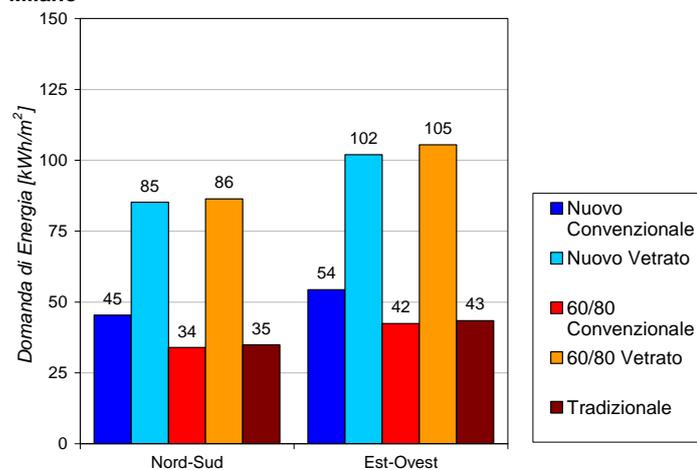
UFFICI - Fabbisogno di Riscaldamento

Pescara



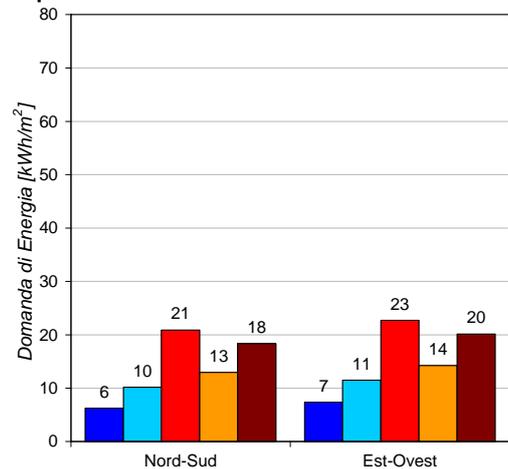
UFFICI - Fabbisogno di Raffrescamento

Milano



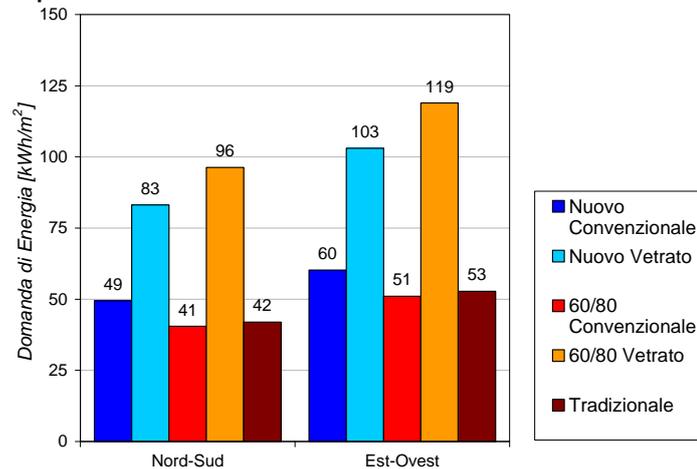
UFFICI - Fabbisogno di Riscaldamento

Napoli



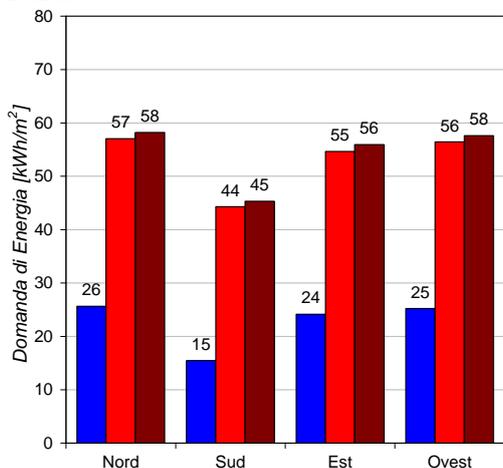
UFFICI - Fabbisogno di Raffrescamento

Napoli

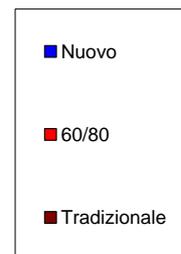
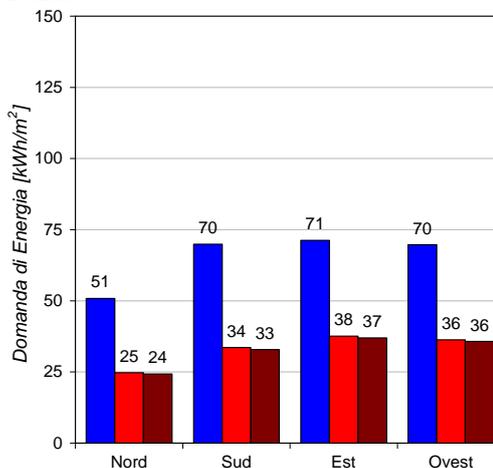


Domanda di energia – Piano adibito ad agenzia/Agenzia

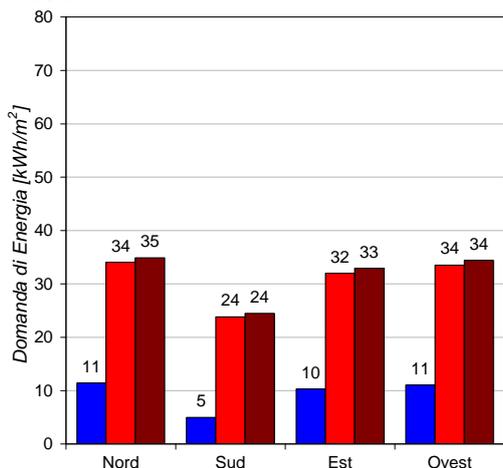
AGENZIA - Fabbisogno di Riscaldamento Bolzano



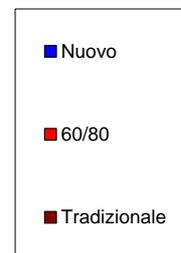
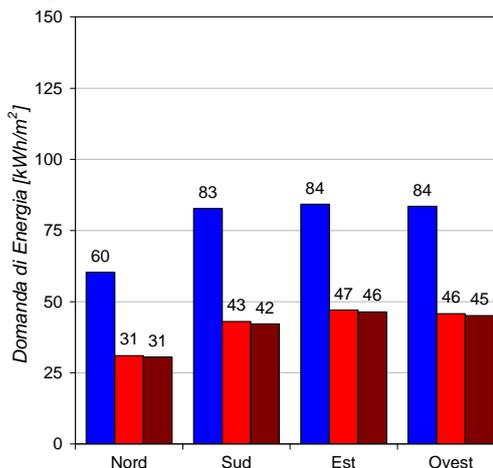
AGENZIA - Fabbisogno di Raffrescamento Bolzano



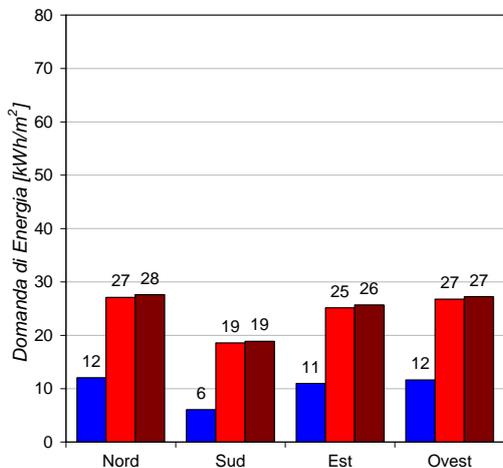
AGENZIA - Fabbisogno di Riscaldamento Trieste



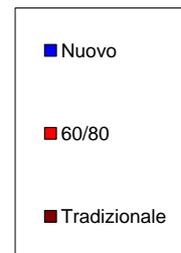
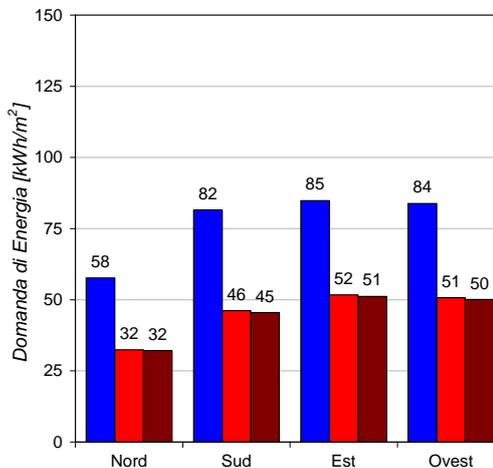
AGENZIA - Fabbisogno di Raffrescamento Trieste



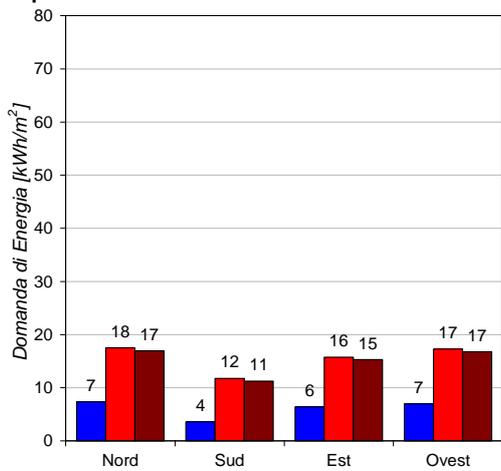
AGENZIA - Fabbisogno di Riscaldamento Pescara



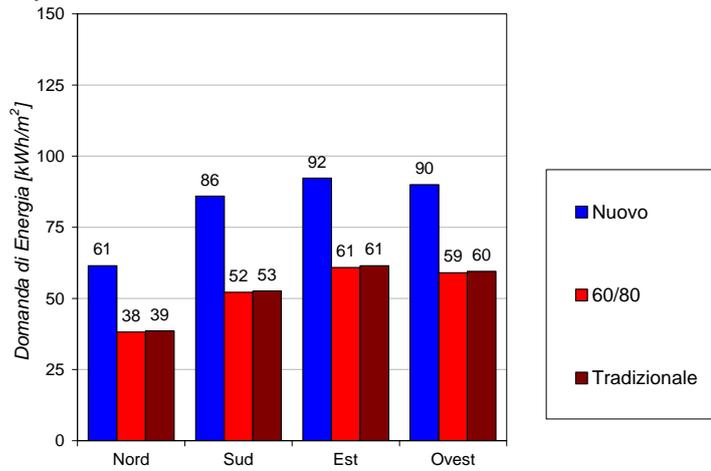
AGENZIA - Fabbisogno di Raffrescamento Pescara



**AGENZIA - Fabbisogno di Riscaldamento
Napoli**

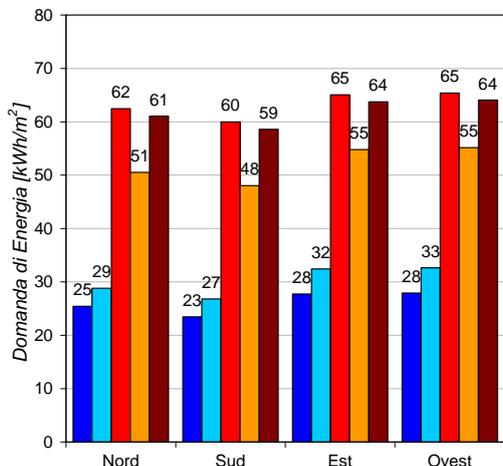


**AGENZIA - Fabbisogno di Raffrescamento
Napoli**

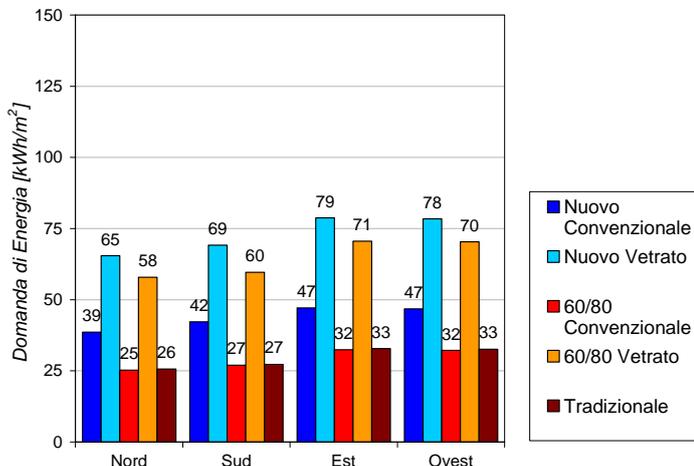


Domanda di energia – Edificio completo/Filiale

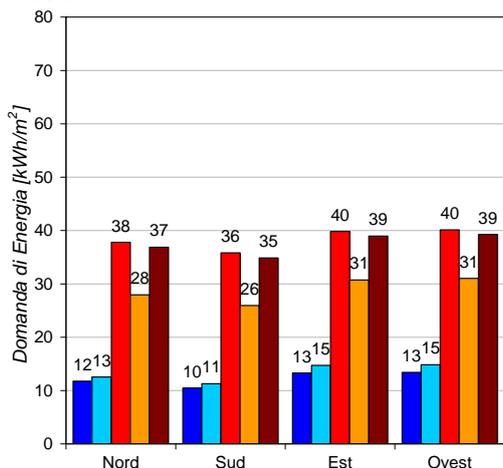
**FILIALE - Fabbisogno di Riscaldamento
Bolzano**



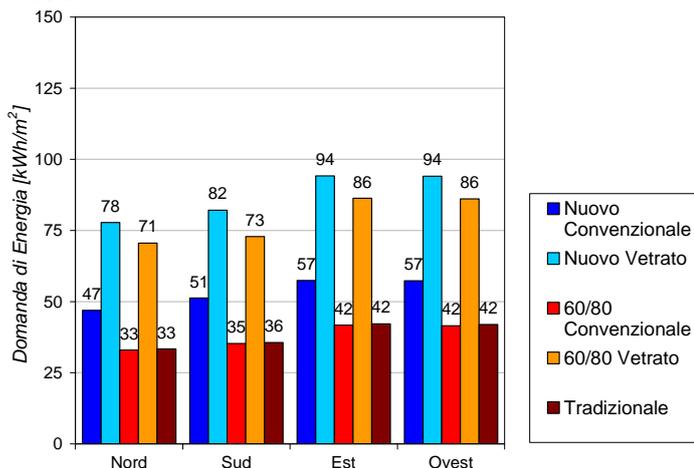
**FILIALE - Fabbisogno di Raffrescamento
Bolzano**



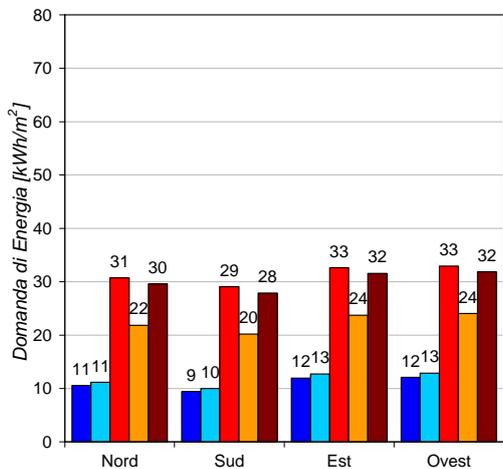
**FILIALE - Fabbisogno di Riscaldamento
Trieste**



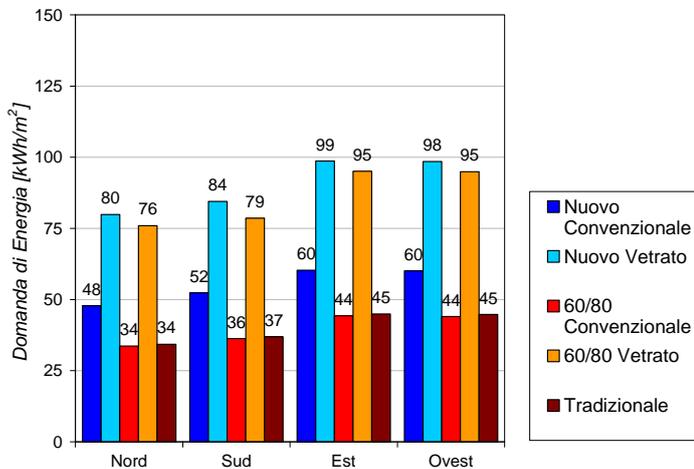
**FILIALE - Fabbisogno di Raffrescamento
Trieste**



**FILIALE - Fabbisogno di Riscaldamento
Pescara**

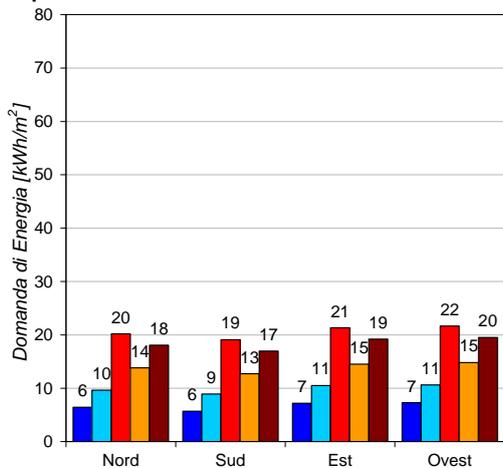


**FILIALE - Fabbisogno di Raffrescamento
Pescara**



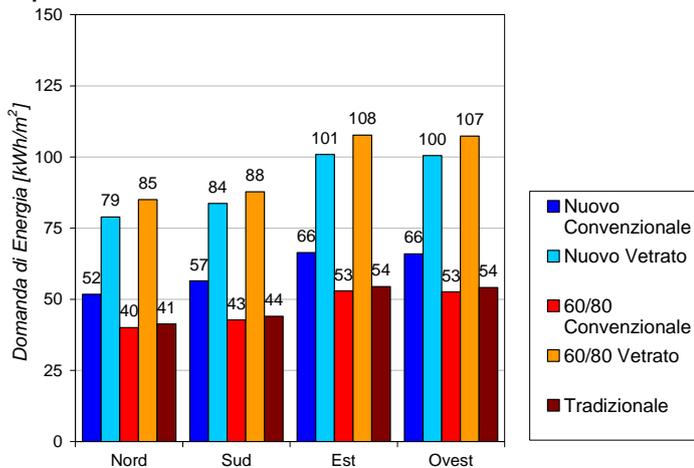
FILIALE - Fabbisogno di Riscaldamento

Napoli



FILIALE - Fabbisogno di Raffrescamento

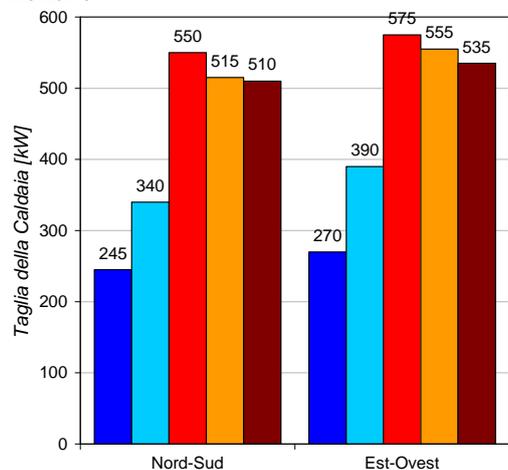
Napoli



Dimensionamento degli impianti – Piani adibiti ad uffici/Sede centrale

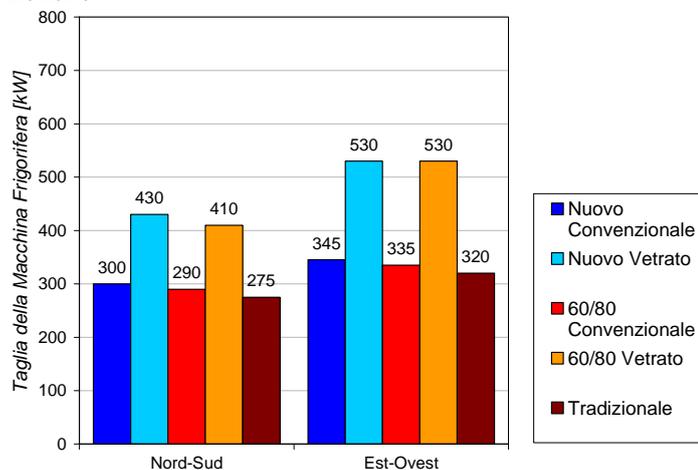
UFFICI - Taglia della Caldaia

Bolzano



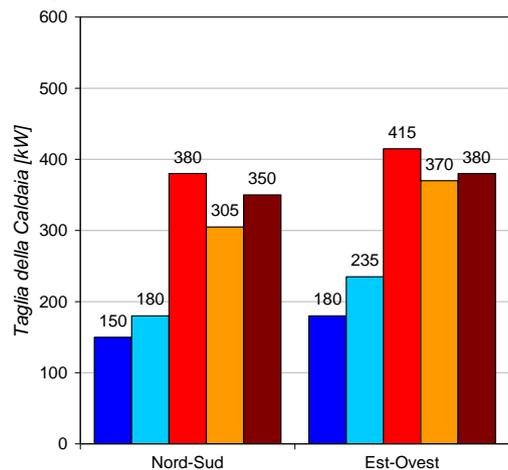
UFFICI - Taglia della Macchina Frigorifera

Bolzano



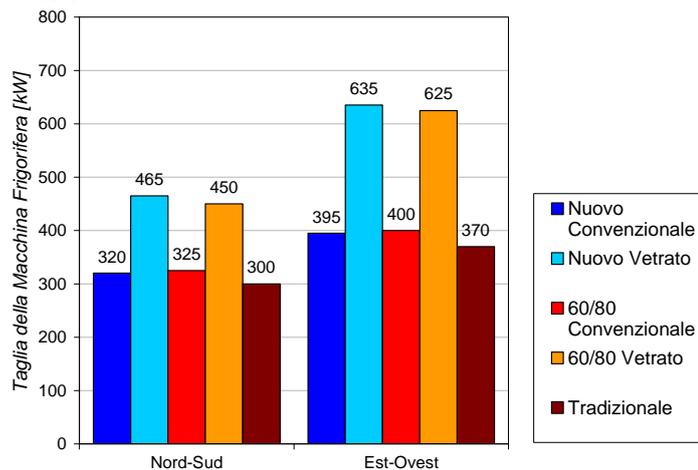
UFFICI - Taglia della Caldaia

Trieste



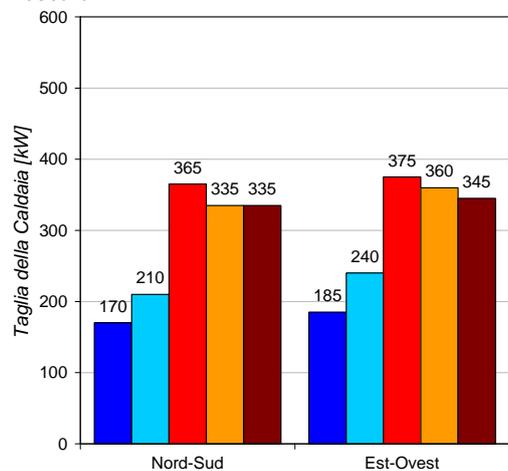
UFFICI - Taglia della Macchina Frigorifera

Trieste



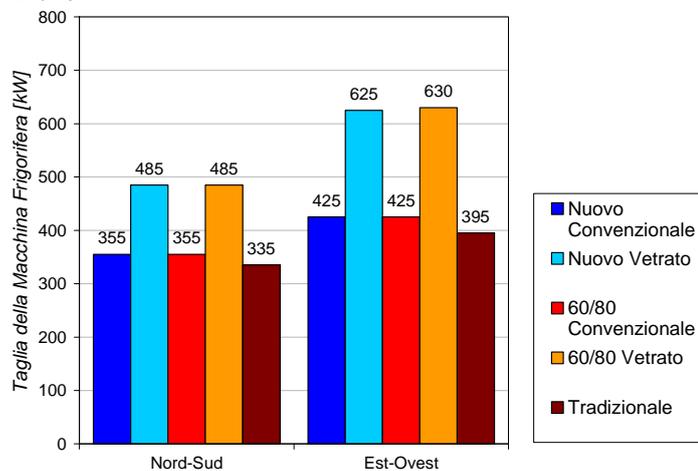
UFFICI - Taglia della Caldaia

Pescara



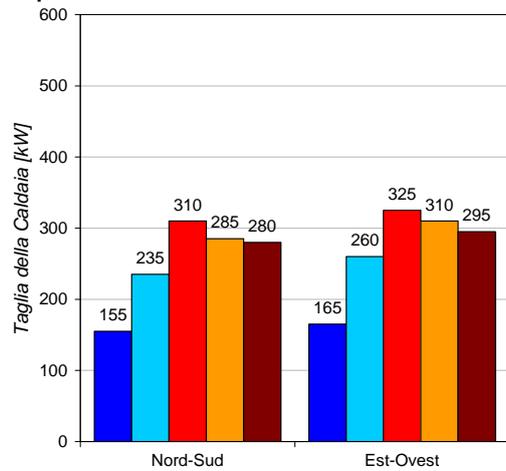
UFFICI - Taglia della Macchina Frigorifera

Milano



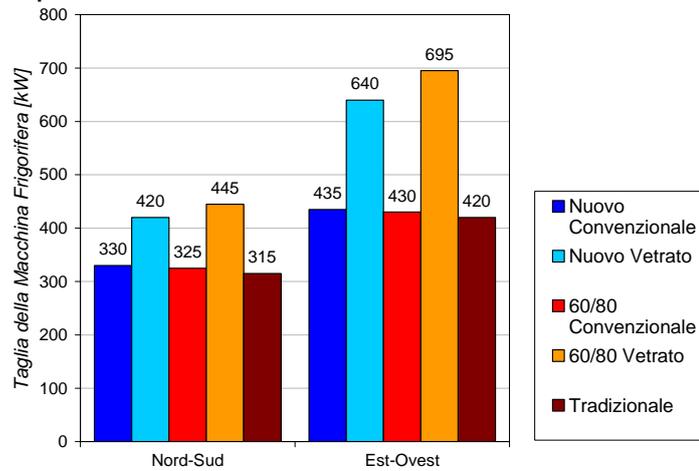
UFFICI - Taglia della Caldaia

Napoli



UFFICI - Taglia della Macchina Frigorifera

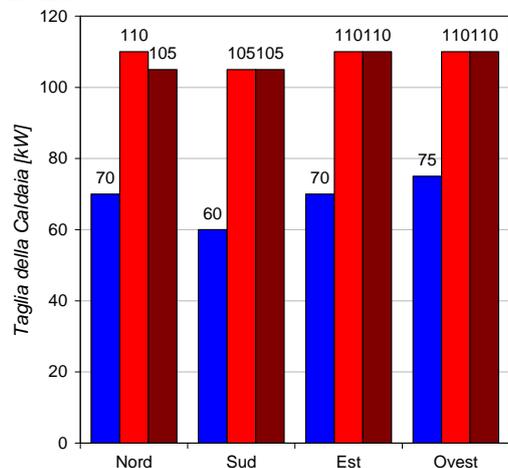
Napoli



Dimensionamento degli impianti – Piano adibito ad agenzia/Agenzia

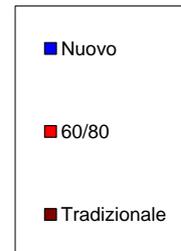
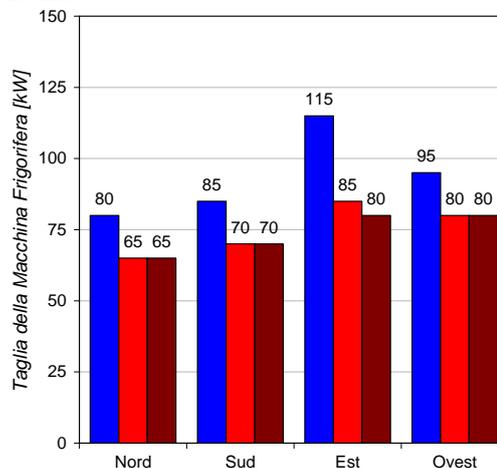
AGENZIA - Taglia della Caldaia

Bolzano



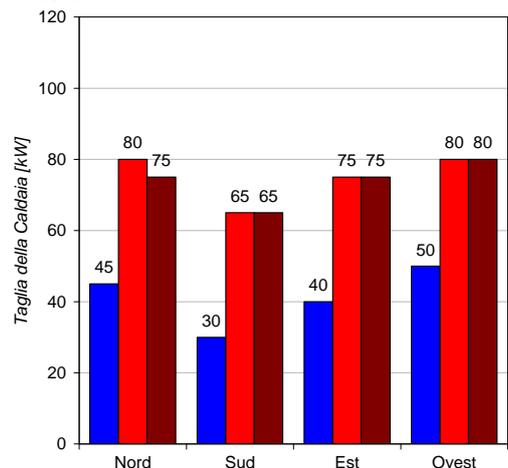
AGENZIA - Taglia della Macchina Frigorifera

Bolzano



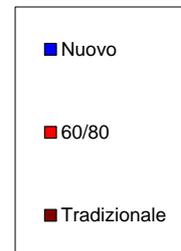
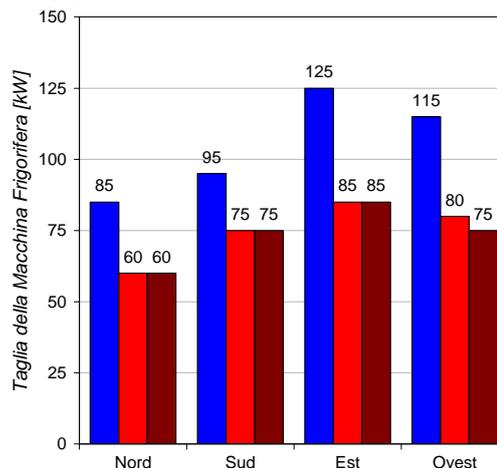
AGENZIA - Taglia della Caldaia

Trieste



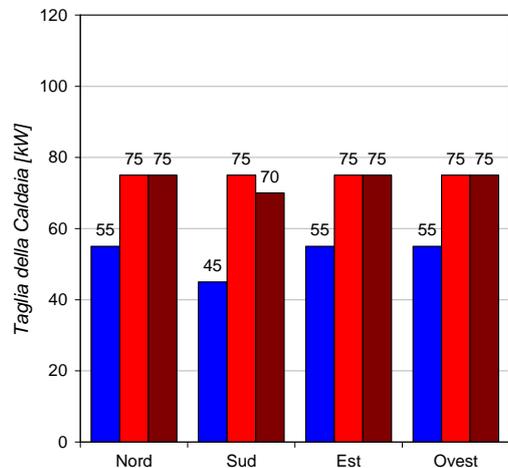
AGENZIA - Taglia della Macchina Frigorifera

Trieste



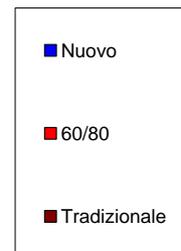
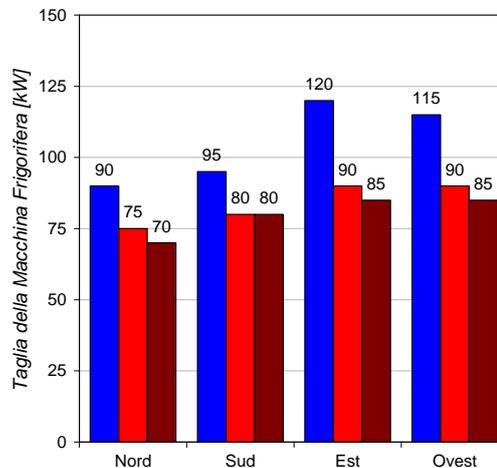
AGENZIA - Taglia della Caldaia

Pescara



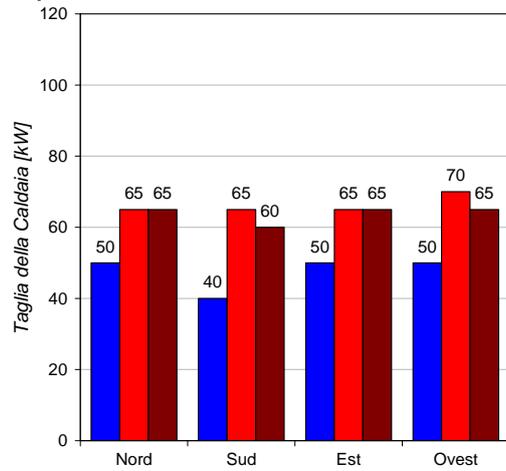
AGENZIA - Taglia della Macchina Frigorifera

Pescara



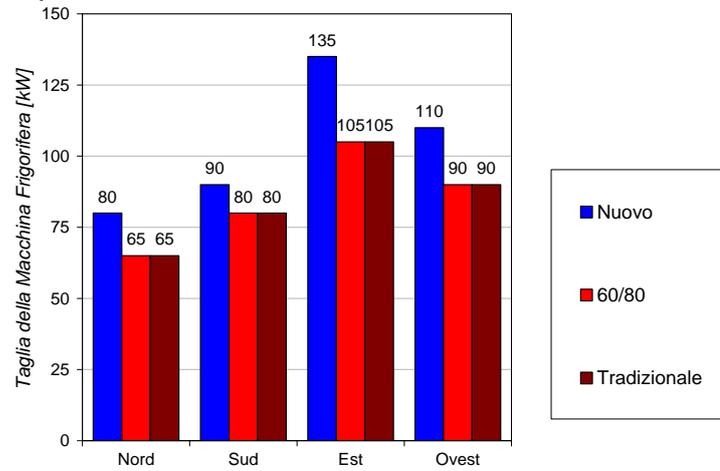
AGENZIA - Taglia della Caldaia

Napoli



AGENZIA - Taglia della Macchina Frigorifera

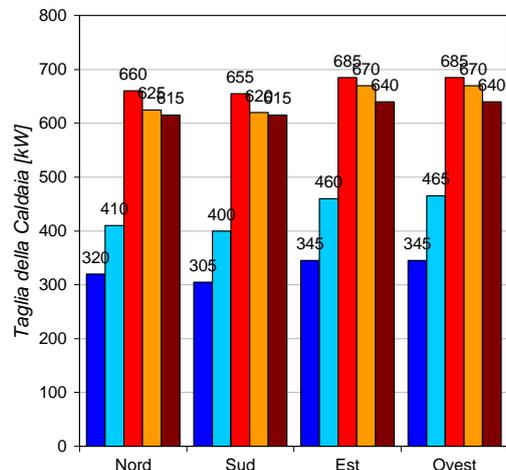
Napoli



Dimensionamento degli impianti – Edificio completo/Filiale

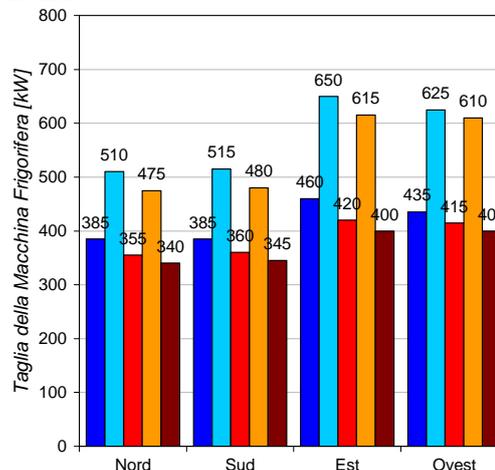
FILIALE - Taglia della Caldaia

Bolzano



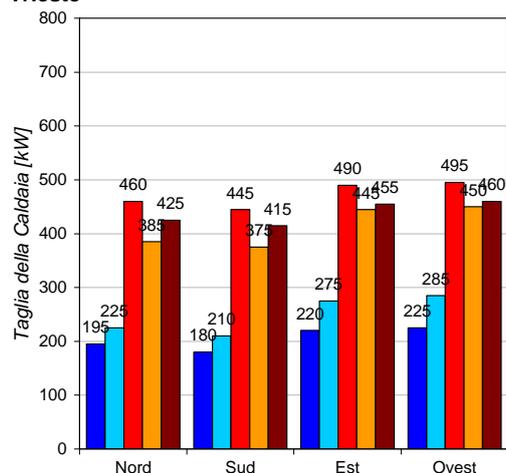
FILIALE - Taglia della Macchina Frigorifera

Bolzano



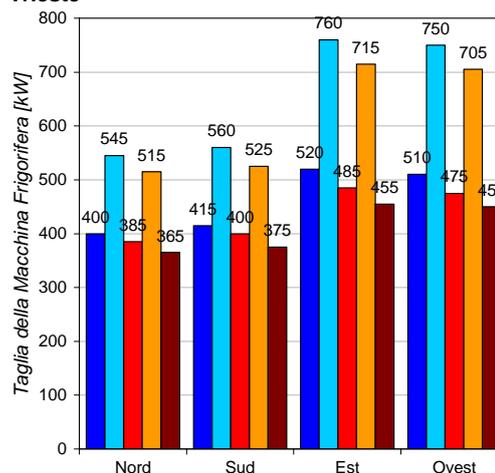
FILIALE - Taglia della Caldaia

Trieste



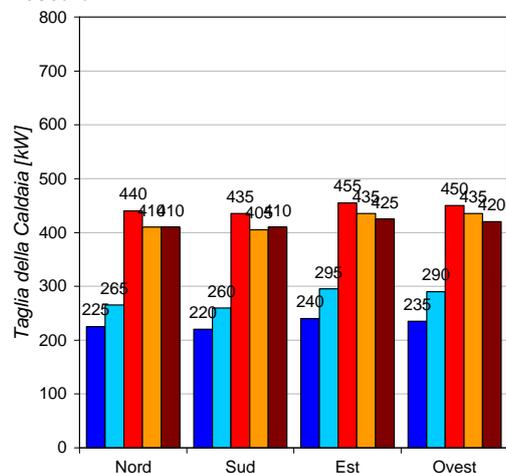
FILIALE - Taglia della Macchina Frigorifera

Trieste



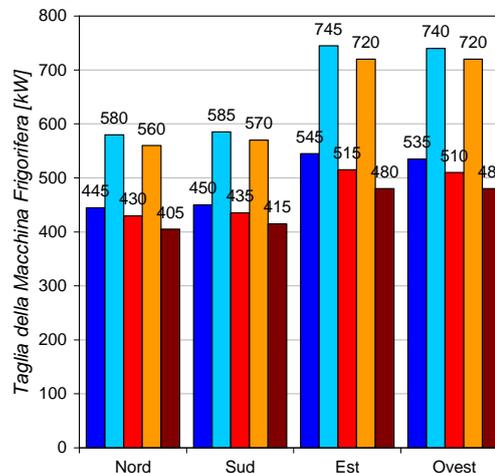
FILIALE - Taglia della Caldaia

Pescara



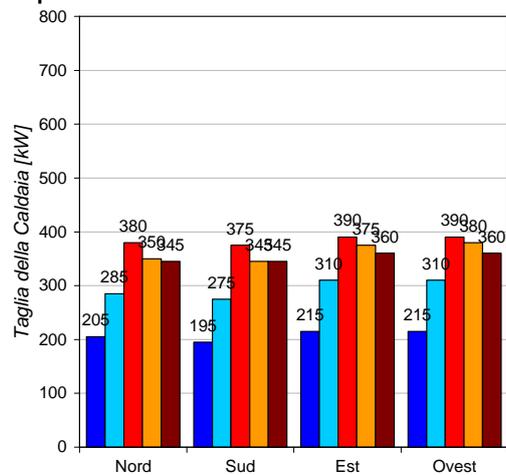
FILIALE - Taglia della Macchina Frigorifera

Pescara



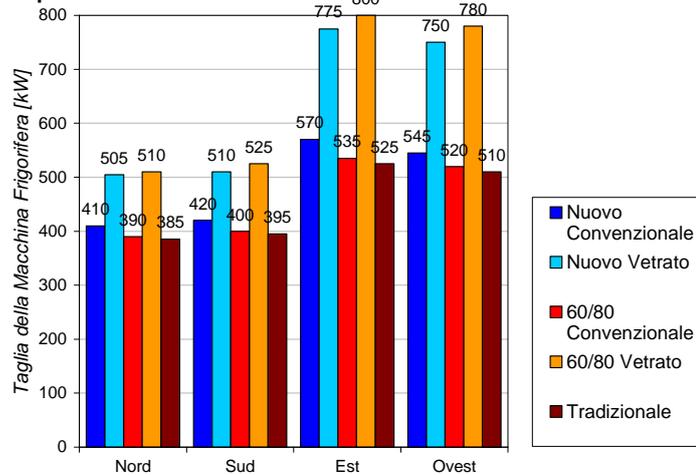
FILIALE - Taglia della Caldaia

Napoli



FILIALE - Taglia della Macchina Frigorifera

Napoli



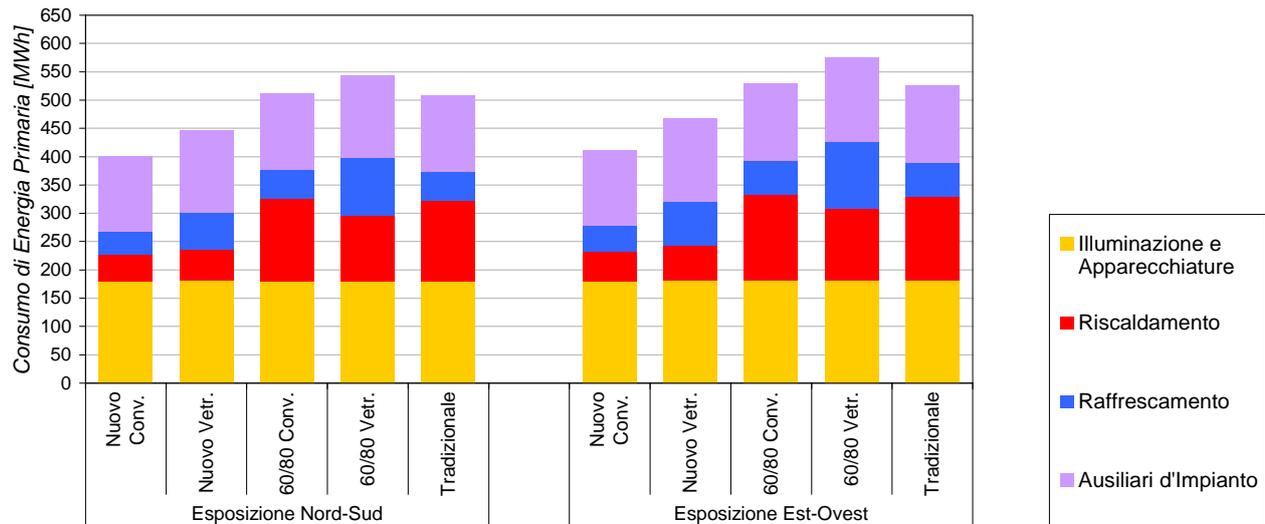
Consumo di energia – Piani adibiti ad uffici/Sede centrale

Bolzano

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord-Sud	Nuovo Convenzionale	30.79	12.27	39.81	54.30	266.71
	Nuovo Vetrato	36.10	20.16	43.43	54.30	297.55
	60/80 Convenzionale	96.50	15.66	40.64	54.30	341.79
	60/80 Vetrato	76.43	30.93	43.63	54.30	362.22
	Tradizionale	93.87	15.75	40.39	54.30	338.81
Est-Ovest	Nuovo Convenzionale	34.43	13.54	40.24	54.30	274.12
	Nuovo Vetrato	42.06	22.84	44.46	54.30	311.76
	60/80 Convenzionale	101.82	17.92	41.14	54.30	353.21
	60/80 Vetrato	84.82	35.93	44.67	54.30	383.98
	Tradizionale	99.34	18.06	40.85	54.30	350.41

UFFICI - Consumo di Energia Primaria

Bolzano

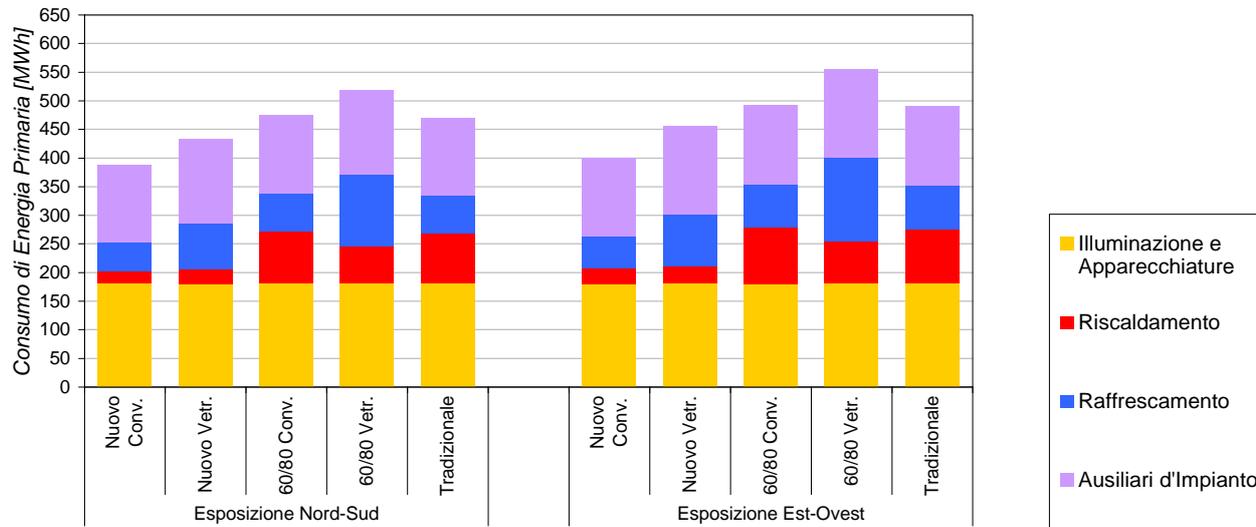


Trieste

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord-Sud	Nuovo Convenzionale	15.08	14.85	40.39	54.30	258.01
	Nuovo Vetrato	16.50	23.88	44.40	54.30	288.35
	60/80 Convenzionale	60.90	19.97	40.75	54.30	316.00
	60/80 Vetrato	43.27	37.60	44.40	54.30	345.56
	Tradizionale	59.01	19.99	40.46	54.30	313.51
Est-Ovest	Nuovo Convenzionale	17.83	16.59	41.25	54.30	266.52
	Nuovo Vetrato	20.30	27.45	46.27	54.30	304.23
	60/80 Convenzionale	65.38	22.88	41.62	54.30	328.86
	60/80 Vetrato	49.41	44.24	46.33	54.30	370.68
	Tradizionale	63.53	22.94	41.31	54.30	326.46

UFFICI - Consumo di Energia Primaria

Trieste

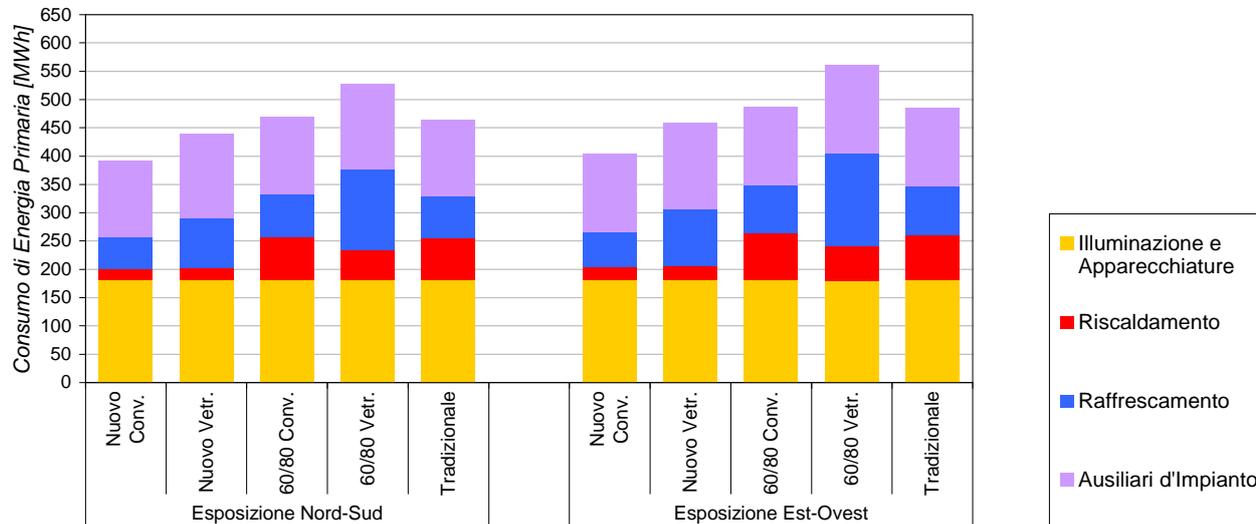


Pescara

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord-Sud	Nuovo Convenzionale	13.59	16.59	40.54	54.30	260.72
	Nuovo Vetrato	14.79	26.13	44.85	54.30	292.62
	60/80 Convenzionale	51.28	22.44	40.89	54.30	312.16
	60/80 Vetrato	36.05	42.50	45.24	54.30	351.06
	Tradizionale	49.14	22.56	40.63	54.30	309.68
Est-Ovest	Nuovo Convenzionale	15.82	18.67	41.36	54.30	269.39
	Nuovo Vetrato	17.54	29.88	46.01	54.30	306.27
	60/80 Convenzionale	55.18	25.78	41.65	54.30	325.16
	60/80 Vetrato	40.09	49.73	46.55	54.30	374.04
	Tradizionale	53.18	25.92	41.35	54.30	322.79

UFFICI - Consumo di Energia Primaria

Pescara

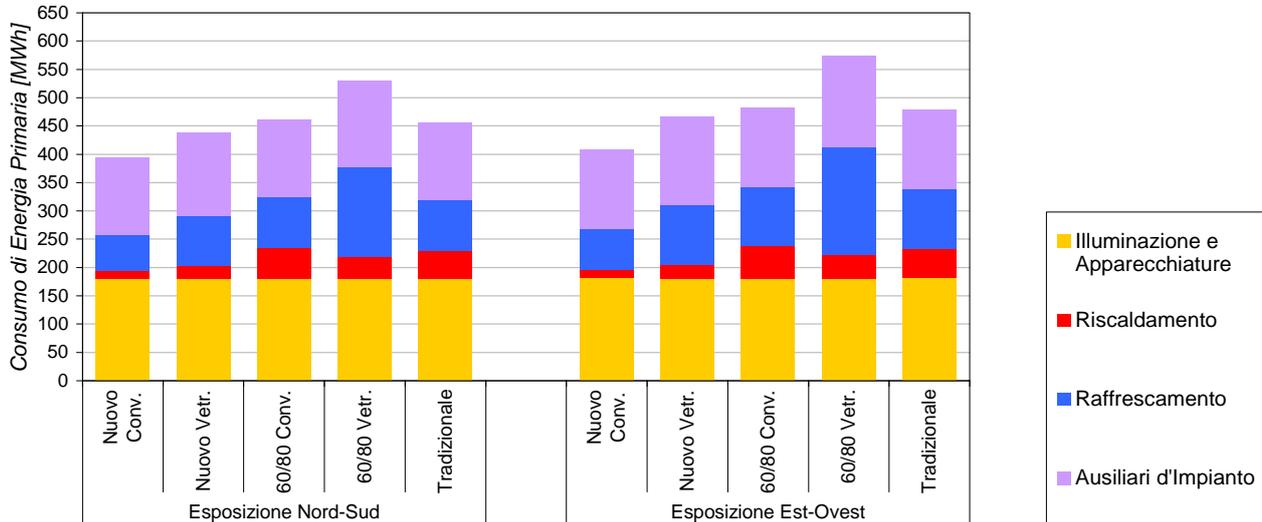


Napoli

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord-Sud	Nuovo Convenzionale	9.14	18.98	40.85	54.30	262.27
	Nuovo Vetrato	14.29	26.92	44.40	54.30	292.90
	60/80 Convenzionale	36.03	26.74	41.02	54.30	306.73
	60/80 Vetrato	25.24	47.84	45.62	54.30	352.92
	Tradizionale	32.44	27.26	40.95	54.30	304.14
Est-Ovest	Nuovo Convenzionale	10.50	21.60	42.15	54.30	272.30
	Nuovo Vetrato	15.92	31.70	46.68	54.30	310.16
	60/80 Convenzionale	38.62	31.25	42.21	54.30	321.97
	60/80 Vetrato	27.35	57.65	48.29	54.30	382.72
	Tradizionale	35.06	31.88	42.16	54.30	319.69

UFFICI - Consumo di Energia Primaria

Napoli

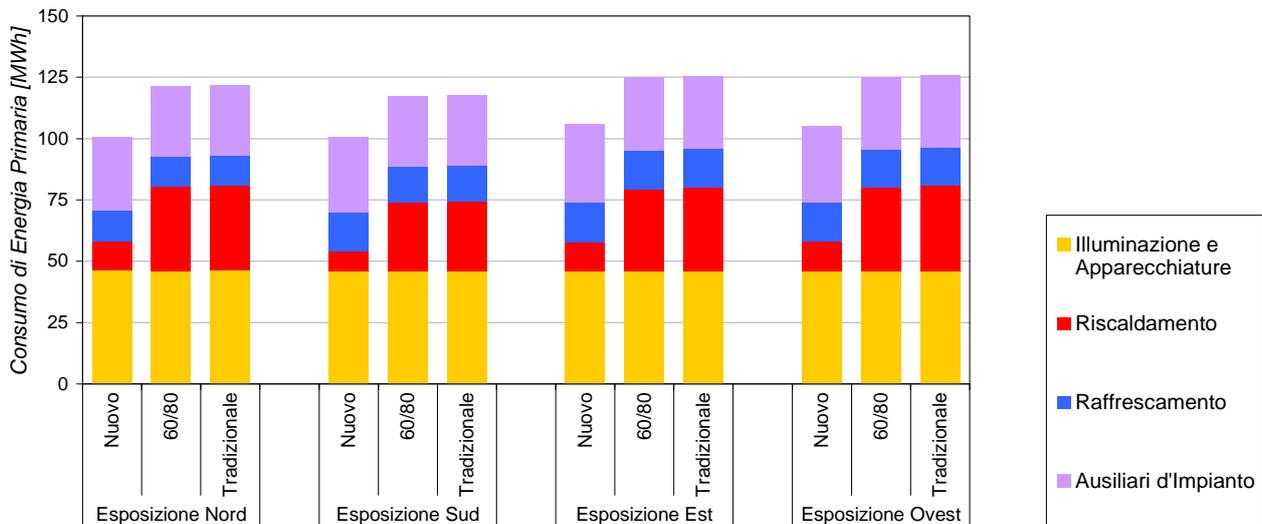


Consumo di energia – Piano adibito ad agenzia/Agenzia

Bolzano

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo	33.95	15.72	37.39	57.65	279.83
	60/80	95.22	15.14	36.04	57.65	336.84
	Tradizionale	96.95	15.00	35.99	57.65	338.14
Sud	Nuovo	22.15	20.10	38.21	57.65	279.32
	60/80	77.25	18.42	36.20	57.65	326.24
	Tradizionale	78.76	18.13	36.09	57.65	326.87
Est	Nuovo	32.39	20.64	39.86	57.65	294.45
	60/80	92.21	20.27	37.29	57.65	347.71
	Tradizionale	94.14	19.94	37.13	57.65	348.58
Ovest	Nuovo	33.61	20.04	38.86	57.65	292.08
	60/80	94.57	19.58	37.05	57.65	348.03
	Tradizionale	96.42	19.33	36.94	57.65	349.07

AGENZIA - Consumo di Energia Primaria Bolzano

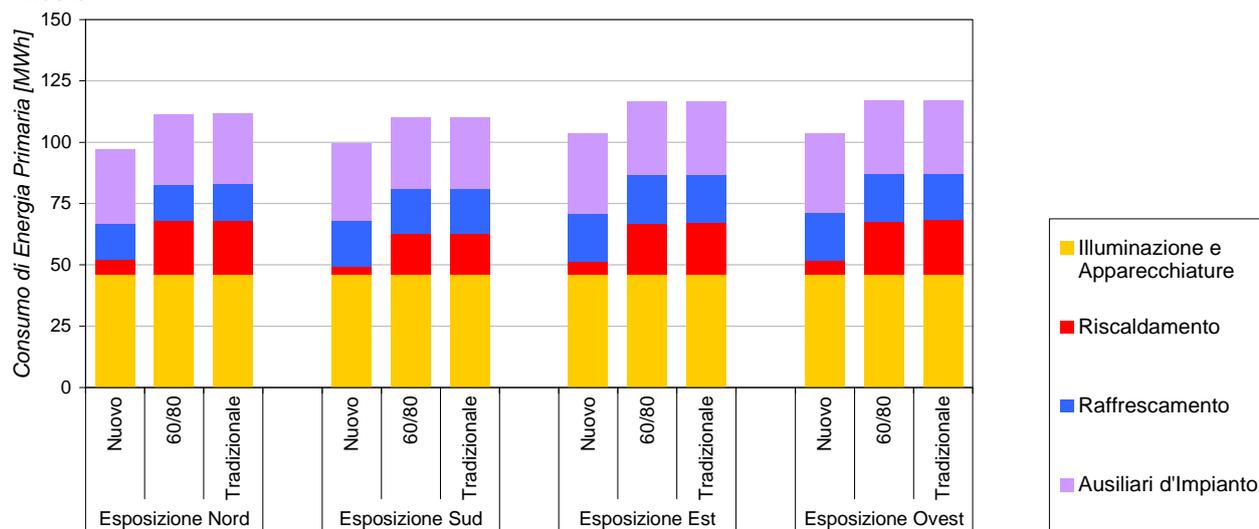


Trieste

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo	16.99	18.61	37.91	57.65	270.18
	60/80	60.82	18.49	36.11	57.65	309.76
	Tradizionale	61.96	18.26	36.00	57.65	310.14
Sud	Nuovo	8.93	23.77	39.31	57.65	276.70
	60/80	45.82	23.08	36.52	57.65	305.86
	Tradizionale	46.69	22.75	36.42	57.65	305.77
Est	Nuovo	15.43	24.38	40.84	57.65	287.93
	60/80	57.71	24.94	37.70	57.65	324.49
	Tradizionale	58.86	24.54	37.49	57.65	324.29
Ovest	Nuovo	16.65	24.08	40.37	57.65	287.45
	60/80	60.46	24.09	37.40	57.65	324.68
	Tradizionale	61.60	23.81	37.29	57.65	324.96

AGENZIA - Consumo di Energia Primaria

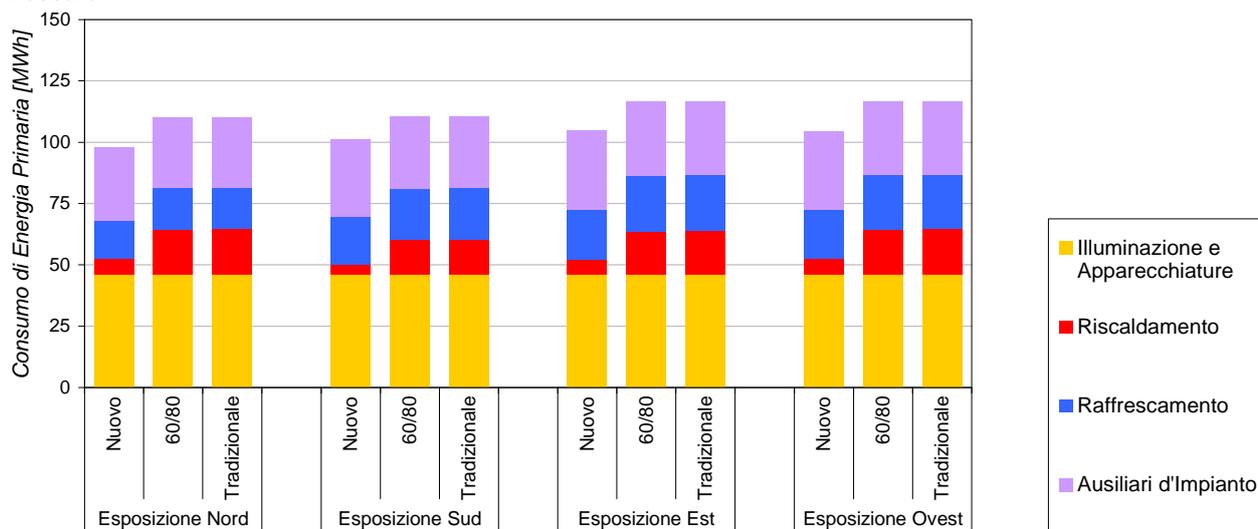
Trieste



Pescara

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo	18.20	19.36	37.66	57.65	272.52
	60/80	51.35	21.20	35.99	57.65	306.05
	Tradizionale	52.04	21.06	35.95	57.65	306.32
Sud	Nuovo	11.31	24.86	39.16	57.65	281.16
	60/80	39.72	26.29	36.53	57.65	306.91
	Tradizionale	40.22	26.04	36.50	57.65	306.77
Est	Nuovo	17.09	25.69	40.35	57.65	291.41
	60/80	48.89	28.66	37.75	57.65	324.04
	Tradizionale	49.66	28.26	37.55	57.65	323.47
Ovest	Nuovo	17.70	25.39	39.94	57.65	290.44
	60/80	50.88	27.97	37.42	57.65	323.76
	Tradizionale	51.56	27.71	37.34	57.65	323.67

**AGENZIA - Consumo di Energia Primaria
Pescara**

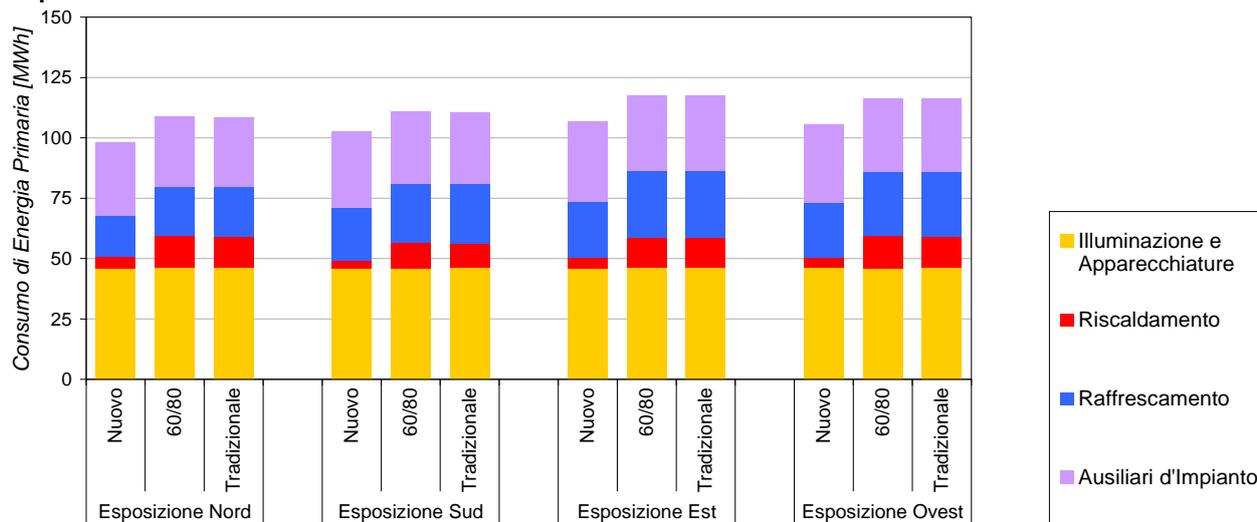


Napoli

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo	12.78	21.78	37.80	57.65	272.76
	60/80	37.56	25.28	36.20	57.65	301.76
	Tradizionale	36.75	25.44	36.21	57.65	301.33
Sud	Nuovo	8.26	27.48	39.76	57.65	285.26
	60/80	29.30	30.76	37.18	57.65	307.84
	Tradizionale	28.49	30.90	37.16	57.65	307.29
Est	Nuovo	11.71	29.23	41.69	57.65	296.85
	60/80	35.22	34.83	38.84	57.65	326.45
	Tradizionale	34.52	34.97	38.81	57.65	326.01
Ovest	Nuovo	12.38	28.41	40.51	57.65	293.09
	60/80	37.39	33.23	38.04	57.65	323.32
	Tradizionale	36.63	33.42	38.07	57.65	323.03

AGENZIA - Consumo di Energia Primaria

Napoli



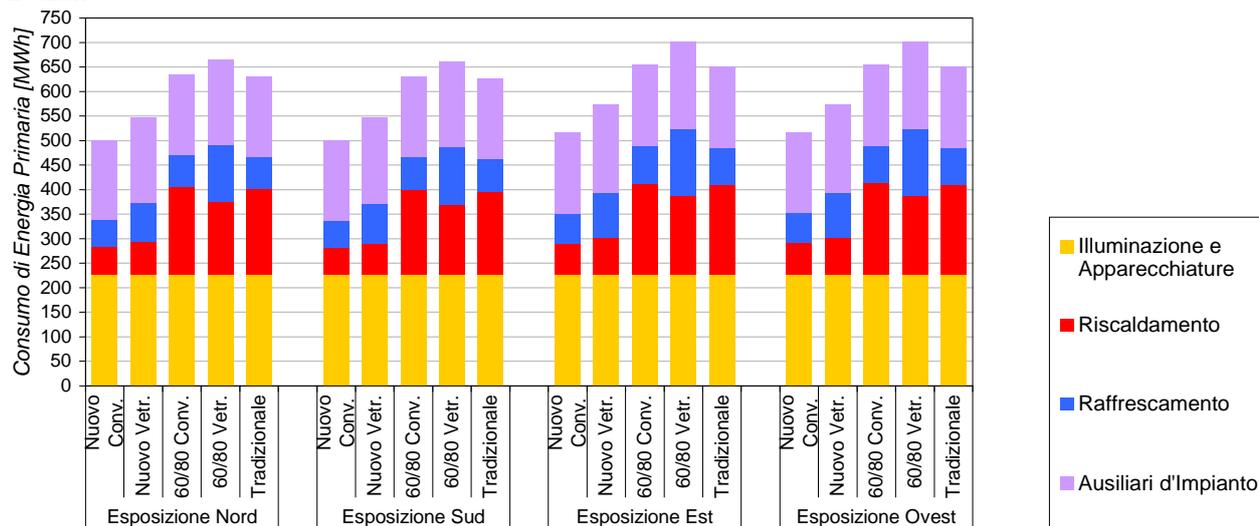
Consumo di energia – Edificio completo/Filiale

Bolzano

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo Convenzionale	31.40	12.94	39.34	54.95	269.20
	Nuovo Vetrato	35.68	19.30	42.26	54.95	294.07
	60/80 Convenzionale	96.25	15.56	39.75	54.95	340.78
	60/80 Vetrato	80.07	27.88	42.16	54.95	357.25
	Tradizionale	94.46	15.61	39.54	54.95	338.63
Sud	Nuovo Convenzionale	29.12	13.79	39.50	54.95	269.15
	Nuovo Vetrato	33.40	20.15	42.42	54.95	294.02
	60/80 Convenzionale	92.77	16.19	39.78	54.95	338.78
	60/80 Vetrato	76.59	28.51	42.19	54.95	355.25
	Tradizionale	90.94	16.21	39.56	54.95	336.50
Est	Nuovo Convenzionale	34.04	14.91	40.17	54.95	278.06
	Nuovo Vetrato	40.19	22.42	43.57	54.95	308.41
	60/80 Convenzionale	99.96	18.37	40.39	54.95	352.15
	60/80 Vetrato	86.25	32.90	43.24	54.95	376.96
	Tradizionale	98.33	18.42	40.13	54.95	350.06
Ovest	Nuovo Convenzionale	34.27	14.80	39.97	54.95	277.60
	Nuovo Vetrato	40.43	22.30	43.38	54.95	307.95
	60/80 Convenzionale	100.41	18.24	40.35	54.95	352.21
	60/80 Vetrato	86.70	32.76	43.19	54.95	377.02
	Tradizionale	98.78	18.30	40.09	54.95	350.15

FILIALE - Consumo di Energia Primaria

Bolzano

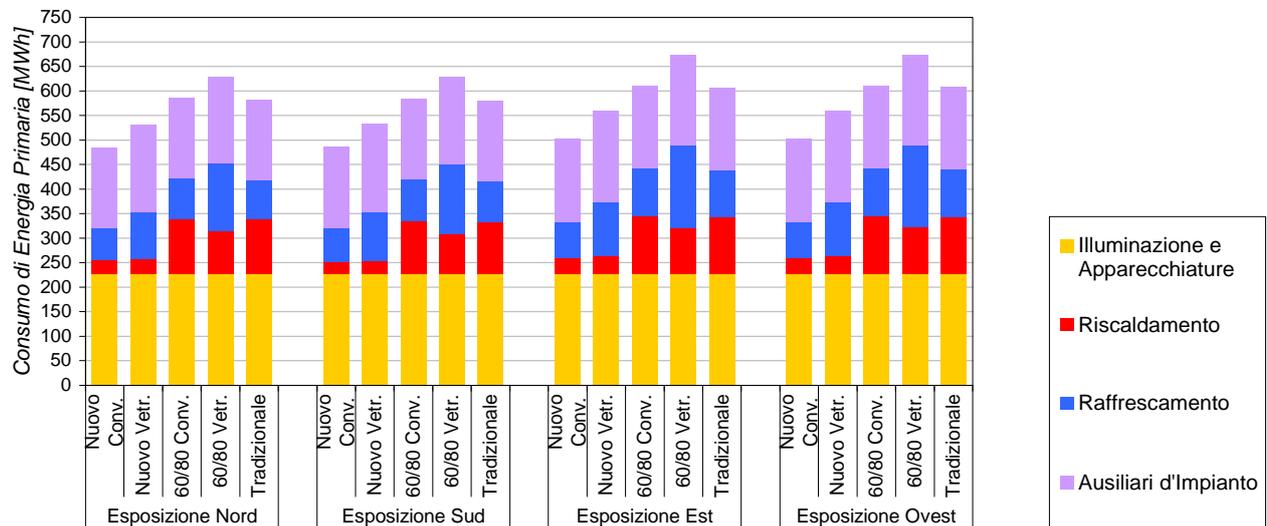


Trieste

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo Convenzionale	15.45	15.57	39.91	54.95	260.36
	Nuovo Vetrato	16.59	22.86	43.15	54.95	284.84
	60/80 Convenzionale	60.88	19.68	39.85	54.95	314.79
	60/80 Vetrato	46.67	33.90	42.80	54.95	338.63
	Tradizionale	59.58	19.66	39.60	54.95	312.86
Sud	Nuovo Convenzionale	13.89	16.57	40.18	54.95	261.62
	Nuovo Vetrato	15.03	23.86	43.42	54.95	286.10
	60/80 Convenzionale	57.98	20.57	39.93	54.95	314.03
	60/80 Vetrato	43.76	34.79	42.88	54.95	337.88
	Tradizionale	56.62	20.53	39.68	54.95	312.01
Est	Nuovo Convenzionale	17.37	18.10	41.17	54.95	270.66
	Nuovo Vetrato	19.36	26.86	45.22	54.95	301.07
	60/80 Convenzionale	63.90	23.28	40.86	54.95	328.01
	60/80 Vetrato	51.01	40.50	44.66	54.95	361.74
	Tradizionale	62.62	23.25	40.57	54.95	326.04
Ovest	Nuovo Convenzionale	17.60	18.04	41.08	54.95	270.57
	Nuovo Vetrato	19.60	26.80	45.13	54.95	300.98
	60/80 Convenzionale	64.43	23.11	40.81	54.95	328.05
	60/80 Vetrato	51.55	40.34	44.60	54.95	361.78
	Tradizionale	63.15	23.11	40.53	54.95	326.17

FILIALE - Consumo di Energia Primaria

Trieste

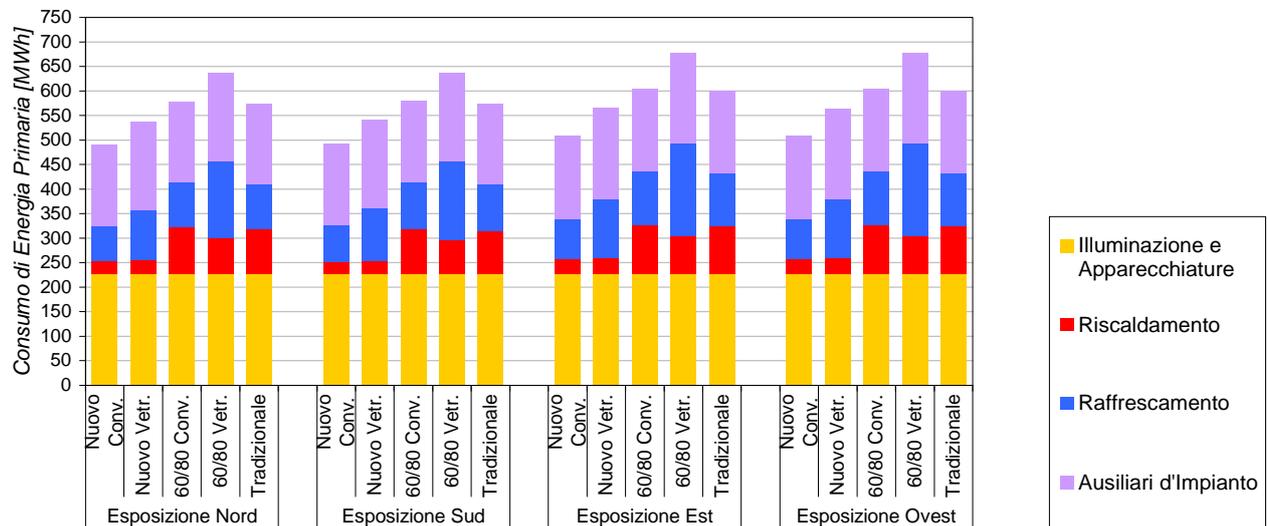


Pescara

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo Convenzionale	14.48	17.13	39.98	54.95	263.00
	Nuovo Vetrato	15.45	24.82	43.46	54.95	288.73
	60/80 Convenzionale	51.30	22.20	39.94	54.95	310.98
	60/80 Vetrato	39.02	38.37	43.45	54.95	342.35
	Tradizionale	49.70	22.27	39.72	54.95	309.03
Sud	Nuovo Convenzionale	13.15	18.20	40.27	54.95	264.68
	Nuovo Vetrato	14.12	25.88	43.75	54.95	290.40
	60/80 Convenzionale	49.05	23.18	40.05	54.95	311.15
	60/80 Vetrato	36.76	39.36	43.55	54.95	342.51
	Tradizionale	47.41	23.23	39.83	54.95	309.12
Est	Nuovo Convenzionale	16.07	20.03	41.17	54.95	273.65
	Nuovo Vetrato	17.45	29.07	44.91	54.95	303.39
	60/80 Convenzionale	53.96	26.34	40.90	54.95	324.95
	60/80 Vetrato	41.80	45.65	44.84	54.95	364.36
	Tradizionale	52.49	26.37	40.62	54.95	322.92
Ovest	Nuovo Convenzionale	16.18	19.97	41.09	54.95	273.46
	Nuovo Vetrato	17.57	29.01	44.83	54.95	303.21
	60/80 Convenzionale	54.35	26.21	40.83	54.95	324.89
	60/80 Vetrato	42.18	45.52	44.78	54.95	364.31
	Tradizionale	52.86	26.26	40.58	54.95	322.96

FILIALE - Consumo di Energia Primaria

Pescara

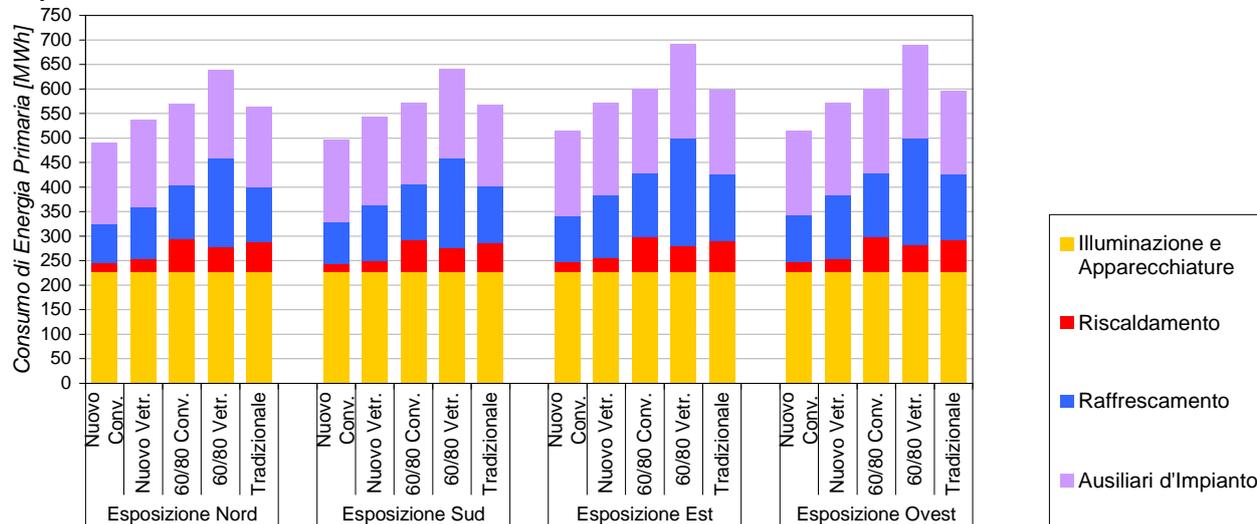


Napoli

		Riscaldamento (gas) [kWh/m ²]	Raffrescamento (elettricità) [kWh/m ²]	Ausiliari d'Impianto (elettricità) [kWh/m ²]	Illuminazione e Apparecchiature (elettricità) [kWh/m ²]	Totale Energia Primaria [kWh/m ²]
Nord	Nuovo Convenzionale	9.84	19.52	40.26	54.95	264.30
	Nuovo Vetrato	14.00	25.93	43.12	54.95	289.00
	60/80 Convenzionale	36.32	26.46	40.08	54.95	305.77
	60/80 Vetrato	27.62	43.47	43.79	54.95	343.02
	Tradizionale	33.28	26.91	40.03	54.95	303.60
Sud	Nuovo Convenzionale	8.97	20.63	40.64	54.95	266.72
	Nuovo Vetrato	13.12	27.03	43.51	54.95	291.42
	60/80 Convenzionale	34.72	27.52	40.27	54.95	306.94
	60/80 Vetrato	26.02	44.53	43.98	54.95	344.19
	Tradizionale	31.68	27.97	40.21	54.95	304.75
Est	Nuovo Convenzionale	10.73	23.07	42.06	54.95	277.06
	Nuovo Vetrato	15.11	31.22	45.71	54.95	307.58
	60/80 Convenzionale	37.96	31.94	41.56	54.95	322.83
	60/80 Vetrato	28.88	53.23	46.46	54.95	371.83
	Tradizionale	34.95	32.48	41.51	54.95	320.91
Ovest	Nuovo Convenzionale	10.86	22.91	41.84	54.95	276.33
	Nuovo Vetrato	15.24	31.06	45.48	54.95	306.86
	60/80 Convenzionale	38.38	31.63	41.41	54.95	322.23
	60/80 Vetrato	29.30	52.92	46.30	54.95	371.23
	Tradizionale	35.36	32.18	41.37	54.95	320.33

FILIALE - Consumo di Energia Primaria

Napoli



Bibliografia

- [1] Beccali M., Ferrari S. (2003), Energy saving and comfort in office building: performances of different combinations of window technologies and lighting control strategies, Proceedings of the 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Santiago – Chile, 9-12 November 2003.
- [2] Butera F.M. (1995). Architettura e ambiente: manuale per il controllo della qualità termica, luminosa e acustica degli edifici. Milano: Etaslibri.
- [3] Delibera EEN 3/08 (2008), Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica, Roma: Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.
- [4] C.N.R. (1982), Appendice 2 alla guida al controllo energetico della progettazione – Repertorio delle caratteristiche termofisiche dei componenti edilizi opachi e trasparenti, Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- [5] CRESME (2009), Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto – Caratterizzazione del parco immobiliare ad uso ufficio, Report RSE/2009/163, Roma: Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- [6] D.Lgs. 311 (2006), Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- [7] D.P.R. 59 (2009), Regolamento di attuazione dell'articolo 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.
- [8] D.P.R. 412 (1993), Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione e la manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4 della legge 9 gennaio 1991, n.10. (aggiornata dal D.P.R.551/99).
- [9] EN ISO 7726 (1998). Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities. Brussels: European Committee of Standardization.
- [10] SIA 2024 (2006), Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik. Zurigo: Schweizerischer ingenieur- und Architektenverein.
- [11] UNI 10349 (1994), Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- [12] UNI EN 15251 (2008), Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- [13] UNI TS 11300-1 (2008), Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- [14] UNI TS 11300-2 (2008), Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e

per la produzione di acqua calda sanitaria. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

- [15] UNI TS 11300-3 (2010), Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- [16] Zevi L. (2003), Il nuovissimo manuale dell'architetto. Roma: Mancosu Editore.
- [17] Zuccaro G. (scientific supervisor) (2002). Modello di caratterizzazione tipologica a scala nazionale. Relazione Finale.