



Energy Efficiency Report

L'Efficienza Energetica in Italia:
modelli di business, soluzioni tecnologiche,
vincoli e opportunità di sviluppo

Novembre 2011

School of Management

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
GESTIONALE



www.energystrategy.it



Energy Efficiency Report

L'Efficienza Energetica in Italia:
modelli di business,
soluzioni tecnologiche,
vincoli e opportunità di sviluppo

Novembre 2011

Indice

Introduzione	15	3.3	Produzione di energia	147
Executive Summary	17	3.3.1	Tecnologie per la produzione elettrica da rinnovabili	148
		3.3.2	Tecnologie per la produzione termica da rinnovabili	154
		3.4	Un quadro d'assieme	157
1 Definizione ed inquadramento	27			
2 La normativa	43	4 Il mercato	165	
2.1	Gli obblighi normativi sulla riduzione dei consumi	4.1	Tecnologie di illuminazione	165
2.1.1	I principi cardine ed i principali provvedimenti legislativi	4.2	Elettrodomestici	166
2.1.2	I decreti attuativi e le procedure di applicazione	4.3	Tecnologie efficienti per la produzione di energia termica	169
2.2	Il quadro normativo per la generazione di energia da fonti rinnovabili	4.4	Sistemi di <i>Building Automation</i>	172
2.3	Il sistema di incentivazione dell'efficienza energetica	4.5	Chiusure vetrate	174
2.3.1	I Titoli di Efficienza Energetica	4.6	Superfici opache	176
2.3.2	Le misure di agevolazione fiscale	4.7	Tecnologie per la produzione elettrica da rinnovabili	178
		4.8	Tecnologie per la produzione termica da rinnovabili	182
		4.9	Un quadro d'assieme	184
3 La tecnologia	81	5 Le Energy Service Companies	191	
3.1	Impiantistica	5.1	Definizione e quadro delle attività	191
3.1.1	Tecnologie di illuminazione	5.2	Modelli contrattuali e forme di finanziamento	194
3.1.2	Elettrodomestici	5.3	Le ESCo in Italia	199
3.1.3	Tecnologie efficienti per la produzione di energia termica	5.3.1	Volume d'affari ed aree di intervento	199
3.1.3.1	<i>Caldaie a condensazione</i>	5.3.2	Modelli di <i>business</i>	202
3.1.3.2	<i>Pompa di calore</i>	5.3.3	Prospettive di sviluppo	206
3.1.3.3	<i>Sistemi di cogenerazione</i>			
3.1.3.4	<i>Terminali per il riscaldamento e raffrescamento</i>	Gruppo di lavoro	209	
3.1.4	Sistemi di Building Automation	Metodologia	211	
3.2	Struttura dell'edificio	Bibliografia	219	
3.2.1	Progettazione degli spazi	Elenco delle organizzazioni intervistate	221	
3.2.2	Chiusure vetrate	La School of Management e l'Energy & Strategy Group	223	
3.2.3	Superfici opache	Le imprese partner	225	
3.2.3.1	<i>Materiali da costruzione per l'edilizia</i>			
3.2.3.2	<i>Materiali ad hoc per l'isolamento</i>			
3.2.3.3	<i>Tecniche per l'isolamento</i>			

Indice delle figure

1. Definizione ed inquadramento

Figura 1.1	Evoluzione dei consumi mondiali di energia primaria ripartiti per fonte di energia (Fonte: IEA)	28
Figura 1.2	Evoluzione del prezzo dell'energia elettrica nei principali mercati borsistici dell'energia europei (Fonte: REF, <i>Renewable Energy Foundation</i>)	29
Figura 1.3	Cambiamenti osservati nella temperatura media globale dal 1850 ad oggi (Fonte: IPCC - <i>Intergovernmental Panel for Climate Change</i>)	29
Figura 1.4	Potenziale di risparmio di energia finale nei Paesi UE-27 al 2020 (Fonte: <i>Fraunhofer Institut</i>)	31
Figura 1.5	<i>Trend</i> attuali stimati di raggiungimento degli obiettivi a livello europeo del “Pacchetto 20-20-20” (Fonte: Commissione Europea)	31
Figura 1.6	Risparmi previsti al 2016 per l'Italia dal PAEE 2007	33
Figura 1.7	Ripartizione per settore dei consumi finali di energia nel 2010 in Italia (Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico)	34
Figura 1.8	Ripartizione percentuale delle emissioni annue medie di CO ₂ da edifici nei principali Paesi europei (Fonte: Eurima)	35
Figura 1.9	Ripartizione degli edifici per epoca di costruzione (Fonte: Istat e Agenzia del Territorio)	35
Figura 1.10	Ripartizione degli edifici di nuova realizzazione a livello geografico e per epoca di costruzione (Fonte: Istat e Agenzia del Territorio)	36
Figura 1.11	Ripartizione dei consumi medi degli edifici per categoria d'impiego	38
Figura 1.12	Classificazione delle soluzioni di efficienza energetica considerate nel Rapporto	38
Figura 1.13	Le principali soluzioni per la riduzione dei consumi di energia considerate nel Rapporto	39
Figura 1.14	Le principali soluzioni per la riduzione della dipendenza dall'approvvigionamento a parità di consumi considerate nel Rapporto	40

2. La normativa

Figura 2.1	Evoluzione temporale del fabbisogno annuo medio di energia per riscaldamento negli edifici di nuova costruzione	47
Figura 2.2	Quadro temporale della normativa italiana sulla riduzione dei consumi degli edifici	48
Figura 2.3	Ripartizione in zone dei Comuni italiani in base ai “gradi giorno” annuali	49
Figura 2.4	Schematizzazione dei flussi di energia riguardanti l'edificio	51
Figura 2.5	Esempio di Attestato di Certificazione Energetica	56
Figura 2.6	Esempio di certificato CasaClima	60
Figura 2.7	Evoluzione degli obblighi di risparmio energetico in capo ai “soggetti obbligati”	68
Figura 2.8	Ripartizione dei TEE emessi per metodo di rendicontazione	69
Figura 2.9	Evoluzione dei meccanismi di scambio dei TEE	70
Figura 2.10	Numerosità degli interventi agevolati con la detrazione del 55% a partire dall'avvio del meccanismo	74

3. La tecnologia

Figura 3.1	Tipologie di edifici considerati nell'analisi	81
Figura 3.2	Fabbisogno medio elettrico e termico per tipologia di edificio	82
Figura 3.3	Evoluzione temporale dell'efficienza luminosa delle diverse alternative tecnologiche di illuminazione	83
Figura 3.4	Una lampada ad incandescenza tradizionale	84
Figura 3.5	Una lampada ad incandescenza alogena a bassa tensione	85
Figura 3.6	Esempi di lampade fluorescenti tubolari	86
Figura 3.7	Esempio di lampada fluorescente compatta	87
Figura 3.8	Esempi di lampade a LED	88
Figura 3.9	Esempio di applicazione della tecnologia OLED	89
Figura 3.10	Quadro sinottico della convenienza economica delle diverse tecnologie di illuminazione energeticamente efficienti	92
Figura 3.11	Esempio di etichetta energetica per gli apparecchi del freddo	93
Figura 3.12	Il passaggio alla nuova etichettatura energetica in base alla Direttiva 2010/30/UE	94
Figura 3.13	Andamento dell'indice EEI degli apparecchi per il freddo venduti in Italia	95
Figura 3.14	Andamento dell'indice EEI delle lavatrici vendute in Italia	96
Figura 3.15	Quadro sinottico della convenienza economica delle diverse tipologie di elettrodomestici energeticamente efficienti in ambito residenziale	98
Figura 3.16	Ripartizione sul mercato italiano dei sistemi di refrigerazione per tipologia	100
Figura 3.17	Esempi di sistemi di refrigerazione "remote"	101
Figura 3.18	Schema del principio di funzionamento di un sistema "remote"	101
Figura 3.19	Esempio di sistema di refrigerazione "plug-in"	101
Figura 3.20	Schema del principio di funzionamento di un sistema "plug-in"	101
Figura 3.21	Esempi di frigoriferi per bevande e freezer per gelati	102
Figura 3.22	Ripartizione dei consumi elettrici annui di un sistema "remote"	103
Figura 3.23	Quadro sinottico della convenienza economica delle diverse tipologie di elettrodomestici energeticamente efficienti in ambito residenziale e non residenziale	103
Figura 3.24	Ripartizione degli usi di energia termica degli edifici italiani	104
Figura 3.25	Confronto del rendimento tra caldaia a condensazione e caldaia tradizionale	106
Figura 3.26	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della caldaia a condensazione in ambito residenziale e non residenziale	106
Figura 3.27	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della caldaia a condensazione in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale del 55%	107
Figura 3.28	Principio di funzionamento di una pompa di calore a compressione (Fonte: CO.AER)	108
Figura 3.29	Principio di funzionamento di una pompa di calore ad assorbimento (Fonte: CO.AER)	108
Figura 3.30	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della pompa di calore a compressione in ambito residenziale e non residenziale	112
Figura 3.31	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della pompa di calore ad assorbimento in ambito residenziale e non residenziale	112
Figura 3.32	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della pompa di calore a compressione in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale del 55%	113
Figura 3.33	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della pompa di calore ad assorbimento in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale del 55%	113
Figura 3.34	Principio di funzionamento di un sistema cogenerativo	114
Figura 3.35	Principio di funzionamento di un sistema trigenerativo	115
Figura 3.36	Risparmi percentuali di energia elettrica e termica definiti dalla norma ottenibili grazie all'adozione di sistemi di <i>Building Automation</i> in classe A, utilizzando la classe D come base di riferimento per l'ambito residenziale e la classe C per gli ambiti non residenziali	122

Figura 3.37	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di un sistema di <i>Building Automation</i> in ambito residenziale e non residenziale (parte elettrica)	123
Figura 3.38	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di un sistema di <i>Building Automation</i> in ambito residenziale e non residenziale (parte termica)	123
Figura 3.39	Distribuzione della tipologia di interventi agevolati con il meccanismo della detrazione fiscale del 55%	126
Figura 3.40	Sezione di una vetrata isolante	127
Figura 3.41	Valutazione economica del costo del risparmio in caso di adozione di differenti tecnologie delle chiusure vetrate in edifici residenziali esistenti	131
Figura 3.42	Valutazione economica del costo del risparmio in caso di adozione di differenti tecnologie delle chiusure vetrate in edifici residenziali nuovi	132
Figura 3.43	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di una chiusura altamente efficiente in ambito residenziale per area geografica	132
Figura 3.44	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di una chiusura altamente efficiente in ambito non residenziale	132
Figura 3.45	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di una chiusura altamente efficiente in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale del 55%	133
Figura 3.46	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di materiali <i>ad hoc</i> per l'isolamento in ambito residenziale per area geografica	146
Figura 3.47	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di materiali <i>ad hoc</i> per l'isolamento in ambito non residenziale	147
Figura 3.48	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di materiali <i>ad hoc</i> per l'isolamento in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale del 55%	147
Figura 3.49	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici residenziali, per area geografica	149
Figura 3.50	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici adibiti ad uffici, per area geografica	149
Figura 3.51	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici adibiti a scuole-università, per area geografica	149
Figura 3.52	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici adibiti a ospedali, per area geografica	149
Figura 3.53	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici adibiti ad alberghi-ristoranti, per area geografica	150
Figura 3.54	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici della GDO, per area geografica	150
Figura 3.55	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici industriali, per area geografica	150
Figura 3.56	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici residenziali, per area geografica	151
Figura 3.57	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici adibiti ad uffici, per area geografica	151
Figura 3.58	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici adibiti a scuole-università, per area geografica	151
Figura 3.59	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici adibiti ad ospedali, per area geografica	151
Figura 3.60	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici adibiti ad alberghi-ristoranti, per area geografica	152
Figura 3.61	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici della GDO, per area geografica	152
Figura 3.62	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici industriali, per area geografica	152
Figura 3.63	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia eolica in	

	ambito residenziale e non residenziale	153
Figura 3.64	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia del solare termico al fine della sola produzione di ACS in ambito residenziale	155
Figura 3.65	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia del solare termico al fine della produzione di ACS e riscaldamento in ambito residenziale	155
Figura 3.66	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia del solare termico al fine della sola produzione di ACS in ambito non residenziale	156
Figura 3.67	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia del solare termico al fine della produzione di ACS e riscaldamento in ambito non residenziale	156
Figura 3.68	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della caldaia a biomassa in ambito residenziale	157
Figura 3.69	Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della caldaia a biomassa in ambito non residenziale	157
Figura 3.70	Quadro globale delle soluzioni di efficienza energetica per gli edifici in ambito residenziale	159
Figura 3.71	Quadro globale delle soluzioni di efficienza energetica per gli edifici in ambito non residenziale	162

4. Il mercato

Figura 4.1	Potenziale teorico di risparmio dalle tecnologie di illuminazione	166
Figura 4.2	Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dalle tecnologie di illuminazione	167
Figura 4.3	Potenziale teorico di risparmio dagli elettrodomestici	168
Figura 4.4	Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dagli elettrodomestici	169
Figura 4.5	Potenziale teorico di risparmio dalle caldaie a condensazione	170
Figura 4.6	Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dalle caldaie a condensazione	171
Figura 4.7	Potenziale teorico di risparmio dalle pompe di calore	171
Figura 4.8	Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dalle pompe di calore	173
Figura 4.9	Potenziale teorico di risparmio dai sistemi di <i>Building Automation</i> (parte elettrica)	173
Figura 4.10	Potenziale teorico di risparmio dai sistemi di <i>Building Automation</i> (parte termica)	174
Figura 4.11	Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dai sistemi di <i>Building Automation</i> (parte elettrica)	175
Figura 4.12	Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dai sistemi di <i>Building Automation</i> (parte termica)	175
Figura 4.13	Potenziale teorico di risparmio dalle chiusure vetrate	176
Figura 4.14	Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dalle chiusure vetrate	177
Figura 4.15	Potenziale teorico di risparmio dall'isolamento delle pareti	177
Figura 4.16	Potenziale teorico di risparmio dall'isolamento delle coperture/suolo	178
Figura 4.17	Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dall'isolamento delle pareti	179
Figura 4.18	Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dall'isolamento delle coperture/suolo	179
Figura 4.19	Potenziale teorico di produzione del fotovoltaico sugli edifici	180
Figura 4.20	Potenziale di produzione atteso nei prossimi cinque anni del fotovoltaico sugli edifici	181
Figura 4.21	Potenziale teorico di produzione dell'eolico sugli edifici	181
Figura 4.22	Potenziale di produzione atteso nei prossimi cinque anni dell'eolico sugli edifici	182
Figura 4.23	Potenziale teorico di produzione del solare termico sugli edifici	183
Figura 4.24	Potenziale di produzione atteso nei prossimi cinque anni del solare termico sugli edifici	183
Figura 4.25	Potenziale teorico di produzione della caldaia a biomassa negli edifici	184
Figura 4.26	Potenziale di produzione atteso nei prossimi cinque anni della caldaia a biomassa negli edifici	184
Figura 4.27	Ripartizione del potenziale teorico di risparmio/produzione dell'efficienza energetica negli edifici	185

Figura 4.28	Ripartizione del potenziale di risparmio/produzione effettivo di penetrazione dell'efficienza energetica negli edifici	186
Figura 4.29	Quadro globale del potenziale di risparmio/produzione delle soluzioni di efficienza energetica per gli edifici	187

5. Le Energy Service Companies

Figura 5.1	Il processo per il conseguimento del risparmio energetico implementato dalle ESCo	192
Figura 5.2	Ripartizione delle forme contrattuali utilizzate dalle ESCo in Italia al 2010	195
Figura 5.3	Costo dell'energia pre- e post-intervento della ESCo	196
Figura 5.4	Schema di finanziamento nel modello <i>Guaranteed Savings EPC</i>	198
Figura 5.5	Schema di finanziamento nel modello <i>Shared Savings EPC</i>	198
Figura 5.6	Distribuzione delle fonti di finanziamento di progetti EPC	199
Figura 5.7	Volume d'affari generato dalla ESCo in Italia negli ultimi cinque anni	200
Figura 5.8	Distribuzione percentuale degli interventi da parte delle ESCo dal 2005 a oggi	200
Figura 5.9	Interventi delle ESCo dal 2005 a oggi classificati per fasce di risparmio energetico conseguito	201
Figura 5.10	Ripartizione della numerosità e del volume d'affari delle ESCo in Italia al 2010	201
Figura 5.11	Segmentazione delle ESCo in Italia	202

Indice delle tabelle

1. Definizione ed inquadramento

Tabella 1.1	Stato di conservazione del patrimonio edilizio italiano (Fonte: Cresme)	36
Tabella 1.2	Ripartizione degli edifici residenziali a livello geografico (Fonte: Istat e Agenzia del Territorio)	37
Tabella 1.3	Ripartizione delle abitazioni residenziali a livello geografico (Fonte: Istat e Agenzia del Territorio)	37

2. La normativa

Tabella 2.1	I principi chiave della Direttiva EPBD 2	45
Tabella 2.2	Vincoli di accensione degli impianti di riscaldamento in base alla zona climatica	49
Tabella 2.3	I diversi ambiti della norma UNI/TS 11300	51
Tabella 2.4	Determinazione della prestazione qualitativa dell'involucro per il raffrescamento con il metodo basato su $EP_{e,inv}$	57
Tabella 2.5	Determinazione della prestazione qualitativa dell'involucro per il raffrescamento con il metodo basato su parametri qualitativi	57
Tabella 2.6	Classificazione CasaClima dell'efficienza energetica dell'involucro	59
Tabella 2.7	Classificazione CasaClima dell'efficienza energetica complessiva	59
Tabella 2.8	Risparmi annui certificati dalla scheda <i>standard</i> n. 27	66
Tabella 2.9	Evoluzione del contributo tariffario riconosciuto dall'AEEG ai TEE	67
Tabella 2.10	Ripartizione dei TEE emessi per tipologia di soggetto	69
Tabella 2.11	Ripartizione dei TEE legati ai "soggetti volontari" per classi di volumi	71
Tabella 2.12	Limiti imposti alla detrazione fiscale del 55%	73
Tabella 2.13	L'efficienza energetica nel Piano Casa di ogni Regione italiana	77

3. La tecnologia

Tabella 3.1	Caratteristiche delle principali tecnologie di illuminazione	90
Tabella 3.2	Gli <i>step</i> di applicazione della Direttiva 2010/30/UE	94
Tabella 3.3	<i>Premium price</i> medio riconosciuto agli elettrodomestici altamente efficienti	98
Tabella 3.4	Stima del risparmio annuo di energia derivante dall'adozione di elettrodomestici altamente efficienti	99
Tabella 3.5	I principali interventi per ottimizzare l'efficienza energetica di un banco frigo di tipo "remote"	103
Tabella 3.6	Principio di funzionamento di una pompa di calore a compressione e ad assorbimento	109
Tabella 3.7	Quota di mercato e prezzi medi delle pompe di calore	111

Tabella 3.8	Valori nominali di C.O.P. ed E.E.R. necessari per accedere alla detrazione IRPEF del 55% in base al D.M. del 7/04/2008	113
Tabella 3.9	Coefficiente correttivo del valore del TEE attribuito ad impianti di cogenerazione ad alto rendimento	116
Tabella 3.10	Principali vantaggi e svantaggi delle diverse tipologie di pannelli radianti	118
Tabella 3.11	Esempi di rapporti di forma per diverse tipologie di edificio	125
Tabella 3.12	Trasmittanza termica delle principali tipologie di infissi	126
Tabella 3.13	Influenza del gas in intercapedine sull'emissività (Fonte: UNI TS 11300)	127
Tabella 3.14	Trasmittanza di diversi vetri stratificati	128
Tabella 3.15	Principali tipologie di calcestruzzi e relative prestazioni	136
Tabella 3.16	Caratteristiche dei principali materiali utilizzati per l'isolamento	138
Tabella 3.17	Principali caratteristiche tecniche dei materiali <i>ad hoc</i> per l'isolamento utilizzati più comunemente	140
Tabella 3.18	Valutazione dello spessore necessario di un materiale medio per l'isolamento a fronte del valore di trasmittanza richiesto	140
Tabella 3.19	Principali tecniche di isolamento per l'applicazione di materiali isolanti	141

4. Il mercato

Tabella 4.1	Quadro sinottico del potenziale di mercato di risparmio/produzione dell'efficienza energetica negli edifici	187
-------------	---	-----

5. Le Energy Service Companies

Tabella 5.1	Elenco delle principali ESCo "operanti" (in base all'accezione dell'AEEG) in Italia	203
-------------	---	-----

Indice dei box

2. La normativa

Box 2.1	La Direttiva 2010/31/CE “Energy Performance Building Directive 2”	45
Box 2.2	Le zone climatiche italiane	49
Box 2.3	La norma UNI/TS 11300 sulle prestazioni energetiche degli edifici	51
Box 2.4	Norme tecniche di riferimento, in base a quanto riportato nel D.M. del 26/6/2009	53
Box 2.5	Una procedura di infrazione ai danni dell'Italia scongiurata dall'emanazione del “Decreto rinnovabili”	54
Box 2.6	L'Attestato di Certificazione Energetica	55
Box 2.7	La valutazione qualitativa delle caratteristiche dell'involucro edilizio volte a contenere il fabbisogno per la climatizzazione estiva	57
Box 2.8	La certificazione CasaClima nella Provincia Autonoma di Bolzano	59
Box 2.9	La certificazione ambientale degli edifici	60
Box 2.10	Il rispetto degli obblighi previsti dal Decreto Rinnovabili	63
Box 2.11	Il Fondo Europeo per l'Efficienza Energetica	64
Box 2.12	Esempi di bandi locali di supporto all'efficienza energetica negli edifici	64
Box 2.13	Esempio di intervento di risparmio energetico valutabile con il metodo standardizzato	66
Box 2.14	L'innovazione all'incentivazione dell'efficienza energetica secondo il “Decreto Rinnovabili”	71
Box 2.15	Esempi di applicazione della detrazione d'imposta del 55% per l'efficientamento energetico	73
Box 2.16	Verso la definizione del nuovo Conto Energia Termico	74
Box 2.17	I punti chiave del Piano Casa	76

3. La tecnologia

Box 3.1	Lo <i>switching-off</i> delle lampade ad incandescenza	84
Box 3.2	Il ciclo dei rifiuti delle lampade a fluorescenza	87
Box 3.3	La tecnologia OLED	89
Box 3.4	L'etichettatura energetica degli elettrodomestici	93
Box 3.5	Le misure di supporto allo sviluppo dell'efficienza energetica negli elettrodomestici	95
Box 3.6	L'Energy Efficiency Index (EEI)	95
Box 3.7	L'incentivazione della cogenerazione ad alto rendimento	116
Box 3.8	Le valvole termostatiche e la contabilizzazione del calore	117
Box 3.9	Gli impianti a travi fredde	119
Box 3.10	Materiali trasparenti ad elevata innovazione	129
Box 3.11	L'innovazione nei materiali da costruzione per l'edilizia in laterizio	135
Box 3.12	Gasbeton	136

5. Le Energy Service Companies

Box 5.1	Il processo di qualificazione delle ESCo	191
Box 5.2	Le tipologie contrattuali “ <i>standard</i> ” più diffuse	195
Box 5.3	Energia Plus Roma	205
Box 5.4	ABB	205
Box 5.5	Generale Energia	206
Box 5.6	La <i>partnership</i> tra Solon e Officinae Verdi	207
Box 5.7	Il finanziamento all’efficienza energetica della banca Monte dei Paschi di Siena	208

Introduzione

Dopo aver dedicato particolare attenzione ai mercati ed alle filiere industriali delle energie rinnovabili, con la pubblicazione di diverse edizioni del Solar Energy Report e del Biomass Energy Report, l'Energy & Strategy Group ha ampliato l'orizzonte delle sue attività di ricerca nell'ultimo anno, interessandosi ad un altro tema estremamente "caldo" nel dibattito energetico in Italia, ossia quello dell'efficienza energetica.

Con la prima edizione dell'Energy Efficiency Report qui presentata si apre quindi un nuovo fronte nelle attività del nostro gruppo che, sin dalla sua costituzione nel 2007, intende contribuire ad una migliore conoscenza delle dinamiche tecnologiche, normative, di mercato e di filiera da cui dipende il futuro energetico del nostro Paese.

In particolare, l'Energy Efficiency Report si propone di fornire gli strumenti per comprendere la potenzialità che le soluzioni per l'efficienza energetica adottabili negli edifici, residenziali e non, possono avere nell'assicurare il rispetto degli obiettivi in tema di energia ed ambiente che il nostro Paese ha assunto in sede europea.

L'attenzione si è concentrata sia sulle soluzioni che consentono una riduzione dei consumi di energia elettrica o termica negli edifici (tra cui sistemi di illuminazione artificiale, elettrodomestici, sistemi di *building automation*, caldaie a condensazione, pompe di calore, tecnologie per chiusure trasparenti e per l'isolamento delle strutture opache), sia su quelle che consentono una riduzione dell'energia elettrica o termica acquistata dal mercato per soddisfare

il fabbisogno dell'edificio (tra cui le tecnologie del fotovoltaico, eolico, solare termico e delle caldaie a biomassa).

L'analisi mette in luce gli "squilibri" dell'apparato normativo attualmente in vigore in Italia per promuovere un maggiore ricorso a queste soluzioni, analizza la sostenibilità economica di queste ultime (ed il conseguente potenziale di mercato) assumendo il punto di vista dell'investitore e discute infine i modelli di *business* adottati dalle imprese che hanno sviluppato o promosso queste tecnologie sul mercato.

Come sempre, la ricerca è stata resa possibile dal supporto delle imprese *partner* e *sponsor*, cui va un particolare ringraziamento per l'interesse che da più anni mostrano verso le nostre attività. Il continuo confronto con i *partner* e molti altri operatori di mercato è alla base delle analisi e delle interpretazioni presentate nell'Energy Efficiency Report.

Un ultimo cenno alle attività future dell'Energy & Strategy Group. Nel corso del 2012 verrà pubblicata la quarta edizione del Solar Energy Report e la seconda dell'Energy Efficiency Report, che si concentrerà sulle tecnologie di efficienza energetica negli usi e processi industriali. Saranno però anche attivati nuovi filoni di ricerca, che riguarderanno il tema delle Smart Grid e dell'Eolico, oltre ad uno studio sull'impatto che il nuovo sistema di incentivazione delle rinnovabili termiche ed elettriche – in merito alle quali si attendono per i prossimi mesi i decreti anticipati dal cosiddetto "Decreto Rinnovabili" – potrà avere sulle filiere delle rinnovabili in Italia, ed in particolare sul comparto delle bioenergie.

Umberto Bertelè

Presidente School of Management



Vittorio Chiesa

Direttore Energy & Strategy Group



Executive Summary

L'Energy Efficiency Report, alla sua prima edizione, inaugura un nuovo "filone" di attività dell'Energy & Strategy Group ed approccia in maniera diversa il tema dell'energia, offrendone una lettura più "trasversale" rispetto a quanto fatto sino ad ora nei Rapporti focalizzati sui mercati e le filiere delle rinnovabili. Resta però il medesimo l'obiettivo di fondo dei nostri studi, ossia quello di fornire un **utile strumento di lavoro per tutti coloro che sono interessati al tema dell'efficienza energetica degli edifici**, a partire dai progettisti ed installatori, per arrivare agli operatori industriali, ai ricercatori, ai *policy makers* ed infine al semplice cittadino che vuole orientarsi all'interno di questo comparto così complesso, ma sempre più importante nel futuro energetico ed ambientale del nostro Paese e non solo.

Il Rapporto, come anticipato in precedenza "tra le righe", affronta il tema dell'efficienza energetica concentrandosi sugli edifici – **sia residenziali che non residenziali (uffici, scuole ed università, ospedali, alberghi e ristoranti, edifici della Grande Distribuzione Organizzata ed edifici industriali)** – **cui spetta la maggioranza "relativa" (36%) del totale dei consumi energetici nel nostro Paese**. Con un certo grado di originalità, poi, in questo Rapporto **il concetto di efficienza energetica viene utilizzato sia per indicare quelle soluzioni tecnologiche** (ad esempio di illuminazione o di isolamento di pareti e coperture degli edifici) **la cui adozione riduce l'impiego di energia (termica o elettrica) necessaria per conseguire il medesimo obiettivo** (ad esempio, assicurare un dato livello di riscaldamento o l'illuminazione di un edificio), **sia quelle che hanno come finalità la produzione in loco di energia in sostituzione dell'approvvigionamento "tradizionale"** (ossia fotovoltaico, eolico, biomasse e solare termico).

Il Rapporto è articolato in cinque capitoli: il primo argomenta le ragioni della scelta di focalizzarsi sull'efficienza energetica, ed in particolare negli edifici; il secondo offre un quadro aggiornato delle normative e dei regolamenti in vigore in Italia e che interessano il tema dell'efficienza energetica

negli edifici, in modo da interpretare l'impatto che essi hanno avuto e che verosimilmente avranno nello sviluppo di questo importante comparto; **il terzo descrive, analizza e fornisce una valutazione di convenienza economica delle principali alternative tecnologiche oggi esistenti** ed in fase di sviluppo per l'efficientamento energetico dell'edificio; **il quarto**, a partire dai risultati del precedente, **discute il potenziale teorico di mercato e stima l'effettivo tasso di penetrazione che è ragionevole attendersi da qui al 2016**, identificando le tecnologie più promettenti e comparando i risultati del nostro studio con le aspettative del legislatore nel recente Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica dell'estate 2011; **il quinto, infine, presenta i risultati dell'indagine sulle ESCo (Energy Service Companies) in Italia**, sul modello di *business* che adottano e sul ruolo che esse possono rivestire nella diffusione degli interventi di efficienza energetica.

Il lavoro ha richiesto uno sforzo empirico notevole, con più di 35 soluzioni tecnologiche alternative valutate, un totale di circa 270 scenari di impiego presi in esame per le analisi economiche, quasi 300 imprese profilate su un campione identificato di oltre 1.900 ed un cospicuo numero (oltre 120) di operatori "in senso lato" dell'efficienza energetica intervistati direttamente dal gruppo di lavoro, per "tastare il polso" del mercato e confrontarsi sui risultati ottenuti.

Perché l'efficienza energetica negli edifici

Il Piano e la bozza di Direttiva Europea sull'efficienza energetica presentata dalla Commissione Europea nel mese di Giugno 2011 definiscono con chiarezza l'intenzione delle istituzioni comunitarie di attribuire agli interventi di efficienza energetica negli edifici, tanto fabbricati residenziali quanto non residenziali, un ruolo fondamentale nel raggiungere gli obiettivi del "Pacchetto 20-20-20".

Nel nostro Paese i consumi annui che possono essere fatti risalire agli edifici rappresentano circa il 36% del consumo energetico complessivo italiano

che è pari a 133 Mtep, percentuale solo leggermente inferiore alla media europea (circa il 40%). In compenso, però, **l'Italia è al primo posto in Europa per quanto riguarda la percentuale di emissioni di CO₂ (17,5% sul totale europeo) imputabile agli usi energetici nel comparto abitativo.** Per questi usi, in Italia si emettono annualmente 96 mln ton CO₂, mentre nell'intera Comunità Europea vengono emessi ogni anno circa 550 mln ton CO₂.

Se si guarda a questi dati – e si tengono a mente gli obiettivi ambiziosi del “Pacchetto clima-energia 20-20-20” del Marzo 2007, ulteriormente rafforzati nel Marzo 2011, per la componente efficienza energetica, con il “Piano Europeo per l'efficienza energetica” – si comprende **quale sforzo sia necessario (ma anche quale potenziale sia disponibile) per efficientare il nostro patrimonio edilizio.**

Dei circa 13,7 mln di edifici esistenti in Italia, 12,1 mln sono adibiti ad uso residenziale e i restanti 1,6 mln ad uso non residenziale. Quasi il 70% di questi edifici è stato realizzato prima che venisse introdotta qualsiasi norma sull'efficienza energetica in edilizia, ovvero prima del 1976, e un quarto del patrimonio edilizio non ha mai subito alcun intervento di manutenzione o riqualificazione.

Giova ricordare, da ultimo, che **la riduzione dei consumi energetici è ancora più importante se si tiene conto che l'Italia si contraddistingue in Europa per l'elevata dipendenza energetica.** Con previsioni di una crescita dei consumi tendenziali nei prossimi anni, **il nostro Paese dipende dall'estero per oltre l'85% del suo fabbisogno di energia primaria**, il che si traduce in un incremento dei costi di approvvigionamento, che a loro volta si scaricano sul prezzo dell'energia per l'utilizzatore finale.

Il quadro normativo in Italia

Il primo **Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE) italiano è stato emanato nel 2007 e riguardava un risparmio energetico di circa 10,8 mln tep rispetto alle stime tendenziali (fatte considerando la media dei consumi 2000-2005) al 2016.** Nel Luglio del 2011 il Governo italiano ha presentato alla Commissione Europea un nuovo PAEE, con un obiettivo di risparmio al 2020 di circa 16 mln TEP.

L'impegno preso a livello nazionale sembra essere chiaro e pur tuttavia – come spesso accade con gli interventi normativi nel nostro Paese – è nella

traduzione degli obiettivi in strumenti concreti di **verifica (ossia di certificazione dei consumi energetici), obbligo e incentivazione delle soluzioni di efficienza energetica che il processo rischia di “incepparsi”.**

L'Italia – che già nel 1976 (sulla spinta delle varie crisi energetiche verificatesi a metà degli anni Settanta) era stato il **primo Paese ad introdurre il concetto di isolamento termico minimo necessario**, con l'obiettivo di ridurre i consumi energetici degli edifici – **si è posta infatti all'avanguardia su scala internazionale con l'emanazione della Legge n. 10 del 1991** avente per oggetto “Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”. Con due anni di anticipo rispetto alla Direttiva Comunitaria 1993/76/CE, volta a limitare le emissioni di CO₂ ed a migliorare l'efficienza energetica degli edifici, **viene introdotto il principio della certificazione energetica degli edifici**, come strumento di controllo della “qualità” del patrimonio edilizio del nostro Paese. Viene stabilito **l'obbligo per le Province e Comuni con più di 40.000 abitanti di effettuare controlli periodici, atti a verificare l'osservanza delle norme sul rendimento di combustione degli impianti termici.** Viene introdotto, **in linea di principio, l'obbligo per gli edifici pubblici e privati di essere progettati e messi in opera in modo tale da contenere al massimo i consumi di energia termica ed elettrica**, sfruttando quanto messo a disposizione dal progresso tecnologico. **Si assegna alla Pubblica Amministrazione un ruolo prioritario per la diffusione delle fonti rinnovabili di energia o assimilate**, mettendo in capo ad essa l'obbligo di soddisfare il fabbisogno energetico degli edifici di cui è proprietaria ricorrendo anche alle fonti menzionate, salvo impedimenti di natura tecnica o economica.

Se sui principi l'Italia si mostra quindi decisamente all'avanguardia, sull'applicazione concreta del dettato legislativo si possono sollevare parecchi dubbi: **solo nel 2009, con la approvazione delle Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica degli edifici, viene approvata una forma univoca a livello nazionale per l'Attestazione di Certificazione Energetica (ACE)**, che però già a partire dal 1° Gennaio 2007 era obbligatoria per gli edifici di nuova costruzione; **la certificazione obbligatoria è ancora limitata ai consumi per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria**, mentre per la climatizzazione estiva è prevista

solamente una valutazione “qualitativa” dell’involo-
lucro; **non è prevista una qualificazione a livello nazionale che individui le caratteristiche dei professionisti che possono rilasciare l’ACE, ed anzi è ancora ammessa – in deroga a quanto previsto in ambito europeo – a livello generale la possibilità di autocertificazione dell’appartenenza a classe a minore efficienza.**

La situazione si complica ulteriormente, come purtroppo spesso accade in Italia, **se dal livello nazionale si passa ad analizzare quello che accade a livello regionale.** Sono solo quattro le Regioni italiane (Emilia-Romagna, Liguria, Lombardia e Piemonte), cui si devono aggiungere la Provincia autonoma di Trento e quella di Bolzano, a prevedere obblighi specifici per la prestazione energetica degli edifici.

Anche l’obbligo di soddisfare il fabbisogno energetico degli edifici pubblici, favorendo il ricorso a fonti rinnovabili di energia che era previsto nella Legge n.10 del 1991, non vede mai la promulgazione dei provvedimenti attuativi necessari. Dopo un susseguirsi di rinvii e proroghe che si rincorre ormai da un quinquennio, il **“Decreto Rinnovabili” del 3 Marzo 2011 abroga tutta la normativa esistente in tema di rinnovabili nell’edilizia e ridefinisce completamente i criteri ed i tempi di integrazione delle rinnovabili negli edifici.**

Sul tema degli incentivi – cui è dedicata larga parte del capitolo sulla normativa – va rilevato che **le soluzioni di efficienza energetica**, nell’accezione della riduzione del consumo di energia, **sono incentivate essenzialmente attraverso due meccanismi: i Titoli di Efficienza Energetica**, che introducono un meccanismo di mercato per rendere “liquidi” e “monetizzabili” gli effetti di risparmio energetico resi possibili dall’adozione di determinate soluzioni tecnologiche; **le agevolazioni fiscali**, che invece riducono l’impatto dell’investimento iniziale, permettendone, anche se solo in parte, un recupero ai fini fiscali, **nella misura del 55% per gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici e nella misura del 36% previste per gli interventi di ristrutturazione edilizia ed il cosiddetto “Piano Casa”.**

Il meccanismo italiano dei Titoli di Efficienza Energetica (“TEE” o anche detti Certificati Bianchi) è stata la prima esperienza al mondo di applicazione di strumenti incentivanti e di creazione di un apposito mercato di scambio titoli per la promozione dell’efficienza energetica negli usi finali. Successivamente all’introduzione in Italia, la

struttura del meccanismo e della relativa regolazione attuativa sono stati oggetto di approfonditi studi ed analisi da parte della Commissione Europea, dell’Agenzia Internazionale per l’Energia e di un numero crescente di Paesi, sia europei che extra-europei (Stati Uniti, Australia, Giappone, Corea).

La remunerazione economica garantita (100 €/tep sino al 2008 e poco meno di 94 €/tep nel 2011) – finanziata da un prelievo sulle tariffe dell’energia elettrica e del gas naturale, nell’ordine rispettivamente di 2,5 € e 3,5 € all’anno per una famiglia media – **ha avuto però un effetto doppiamente negativo:** innanzitutto **non sono i soggetti obbligati per legge** (ovvero i grandi distributori di energia elettrica e gas) **i principali “generatori” di TEE, che in oltre l’83% dei casi sono invece immessi sul mercato** (o rivenduti con contratti bilaterali al di fuori di esso) **dalle ESCo; inoltre, circa il 66% dei risparmi certificati finora è stato ottenuto grazie ad interventi “piccoli” come la sostituzione delle lampade a incandescenza, l’installazione di erogatori a basso flusso e rompigitto aerati per i rubinetti.**

Non è quindi certo grazie a questo meccanismo che si garantisce l’efficientamento energetico del patrimonio edilizio, che evidentemente richiede interventi più “strutturali”.

Lo scenario, qualora ve ne fosse bisogno, è stato reso ulteriormente più incerto dal “Decreto rinnovabili”, che ha posto le basi (con Decreti di attuazione da adottarsi entro sei mesi dall’entrata in vigore del suddetto Decreto, non ancora promulgati alla data di redazione di questo Rapporto) **per un cambio “radicale” nei meccanismi di incentivazione all’efficienza energetica, che già a partire dal 2012 dovrebbero distinguere tra contributi sulle tariffe del gas naturale, per gli interventi di piccole dimensioni di incremento dell’efficienza energetica, ed il rilascio dei TEE per gli interventi più rilevanti.**

Analoga incertezza pesa sui meccanismi di detrazione fiscale (55% e 36%) che, nonostante abbiano esercitato (soprattutto il primo) sino ad ora un evidente ruolo propulsivo degli interventi di efficientamento energetico, risentono del medesimo problema di “incentivare” primariamente interventi relativamente “piccoli” e con tempi di rientro modesti. **Non è, al momento della stesura di questo Rapporto, ancora chiaro se la misura della detrazione del 55% verrà prorogata anche per il 2012** (come parrebbe da alcune dichiarazioni di esponenti del Ministero dello Sviluppo Economico), **oppure sarà**

definitivamente abbandonata. In questo clima di incertezza, si inserisce la proposta fatta nel Settembre 2011 da ENEA di un sistema estensivo del 55%, denominato “55% plus”: per stimolare e far crescere gli interventi di riqualificazione energetica, ENEA propone un nuovo meccanismo di agevolazione, in base al quale il conseguimento e la certificazione di un risparmio energetico consentano l'accesso a prestiti agevolati fino ad un massimo sia individuale che condominiale stabilito, in abbinamento a forme di incentivazione già consolidate come il 55% per le somme rimanenti. **In base alla bozza del “Decreto Sviluppo”, che è ancora in fase di elaborazione e discussione nei giorni in cui questo Rapporto viene redatto e presentato, si prevede il prolungamento fino al 31 Dicembre 2014 della detrazione fiscale del 55%, con però una consistente rimodulazione delle aliquote per alcune tipologie di interventi e con l'introduzione di tetti di spesa specifici.**

Ben diverso, almeno se ci si limita agli intendimenti del legislatore, era il contributo potenziale all'efficientamento energetico – oltre che ovviamente alla ripresa del settore dell'edilizia – conseguente all'emanazione del cosiddetto “Piano Casa” del Marzo 2009. La situazione che si osserva oggi è tuttavia molto differente da quanto inizialmente ipotizzato: solo in dieci Regioni il vincolo di efficienza energetica viene esplicitamente definito come pre-requisito per avere accesso ai benefici del Piano Casa. Di questi solo nel caso della Provincia Autonoma di Bolzano i vincoli sono effettivamente “sfidanti” ed in grado di contribuire fattivamente all'efficientamento energetico del parco edilizio, mentre negli altri casi è possibile – a detta degli operatori – assolvere all'obbligo previsto con semplici accorgimenti.

Le tecnologie per l'efficienza energetica

Il Rapporto analizza le **tecnologie impiantistiche** (sistemi di illuminazione, elettrodomestici, tecnologie efficienti per la produzione di energia termica e sistemi di *building automation*), **quelle che interessano la struttura dell'edificio** (sostanzialmente chiusure trasparenti e strutture opache, oltre alle soluzioni per la progettazione energeticamente efficiente degli edifici) e **le tecnologie per la generazione in loco di energia** (impianti fotovoltaici, eolici, i sistemi solari termici e le caldaie a biomassa solida).

Per ogni tipologia di soluzione di efficienza energetica e per le diverse categorie di edifici (edifici residenziali e non residenziali, tra cui, in particolare,

uffici, scuole ed università, ospedali, alberghi e ristoranti, edifici della GDO ed edifici industriali) si sono **identificate e descritte le principali alternative tecnologiche disponibili a livello commerciale.** Per ognuna di esse è stata quindi analizzata la **convenienza economica**, sia nel caso di **adozione della tecnologia di efficienza energetica in edifici esistenti**, sia nel caso di **nuove realizzazioni.** Il **calcolo è effettuato sia in assenza di incentivi, sia considerando l'impatto dei sistemi di incentivazione applicabili caso a caso.** Così facendo, la nostra analisi ci permette di simulare due momenti decisionali differenti, ma ugualmente importanti per la diffusione delle soluzioni di efficienza energetica in *building* residenziali e non, ossia il caso in cui si vuole capire se conviene intervenire per migliorare le prestazioni energetiche di un edificio esistente, e quello in cui si desidera capire se orientarsi, in sede di progettazione, verso una soluzione tradizionale, ma meno costosa, piuttosto che una tecnologia altamente efficiente, ma che normalmente comporta un investimento maggiore.

In sostanza, il Rapporto coglie l'ambizioso obiettivo di **rendere direttamente confrontabili fra di loro le diverse soluzioni per l'efficientamento energetico degli edifici e di comprendere le eventuali reali necessità di incentivazione.**

Le conclusioni delle nostre analisi sono piuttosto interessanti, giacché permettono di distinguere le tecnologie in tre categorie:

(i) le tecnologie per cui la convenienza “assoluta” (ovvero senza alcuna incentivazione) si ha già oggi in qualsiasi contesto di adozione. Fra queste spiccano le **tecnologie per l'illuminazione**, che si accompagnano in questa categoria alle **soluzioni per il fabbisogno termico degli edifici: le caldaie a condensazione, le pompe di calore, i sistemi di isolamento delle coperture e del suolo e, forse un po' sorprendentemente, le caldaie a biomassa** (che con 12 TWh di energia termica prodotta annualmente e una convenienza “assoluta” di -1% rappresentano uno dei principali contributori) evidentemente “premiato” dal rendimento energetico che è più elevato per le fonti termiche rispetto a quelle elettriche. **Per tutte queste tecnologie, anche in assenza di forme di incentivazione, sussiste una convenienza “assoluta” nell'effettuare l'investimento** che varia dal punto percentuale delle caldaie a biomassa al **caso limite dell'illuminazione** per i nuovi edifici (-106%);

(ii) le tecnologie che risultano convenienti soltan-

to se adottate congiuntamente alla realizzazione di un nuovo edificio. Rientrano in questa categoria, andando a ritroso da quelle più convenienti, le soluzioni di **building automation** (che consentono di risparmiare quasi il 50% del costo dell'energia rispetto alla soluzione "tradizionale"), gli **elettrodomestici del freddo** e le **chiusure vetrate**;

(iii) le tecnologie per cui, indipendentemente dal contesto di riferimento, non vi è la convenienza "assoluta" dell'investimento. In questa categoria rientrano le restanti tecnologie di generazione energetica da fonti rinnovabili e le soluzioni di efficienza energetica relative agli **elettrodomestici del lavaggio**. In particolare **per questi ultimi il costo di investimento e gestione delle soluzioni energeticamente più efficienti** è abbondantemente oltre il doppio rispetto all'effetto di risparmio sull'acquisto di energia, precisamente il 350% per gli edifici esistenti e il 141% per quelli di nuova realizzazione. Per completezza vanno inserite in questa categoria (anche se riferite ovviamente solo agli edifici esistenti) **le soluzioni per l'efficienza energetica relative all'adozione del cappotto e isolamento delle pareti**, che sono prossime alla soglia di convenienza assoluta, ed anzi proprio per questo, aiutate da un sistema di incentivazione quale quello della detrazione IRPEF al 55%, **rappresentano le tecnologie di questa categoria ad aver dato sino ad ora il maggior contributo (4,32 TWh termici) in termini di riduzione dei consumi.**

Le valutazioni di convenienza economica cui si è fatto cenno hanno richiesto ovviamente di fare diverse semplificazioni ed assunzioni. Per questo motivo è stata introdotta una sezione dedicata alla metodologia in cui si riassumono le più importanti tra queste ipotesi semplificative, il che permette al lettore di comprendere meglio l'origine dei nostri risultati.

Il potenziale di mercato in Italia

Una volta definite le caratteristiche di convenienza "economica" delle soluzioni di efficienza energetica **appare necessario completare il quadro stimando il potenziale di mercato ad esse associato.** Questa valutazione è stata effettuata considerando da un lato lo stato attuale di diffusione delle diverse tecnologie e la presenza di alcune barriere che ne limitano giocoforza l'adozione (rappresentate, ad esempio, dall'esistenza di vincoli particolari per edifici storici). Dall'altro, per quanto riguarda la stima del potenziale teorico su nuovi edifici, si è calcolato il tasso medio di crescita delle nuove edificazioni

che è stato registrato in Italia negli ultimi dieci anni, per ogni segmento di mercato considerato. Questo tasso è stato quindi proiettato negli anni a venire considerati nell'indagine.

Chiaramente il potenziale fornisce un'idea del contributo massimo che una certa soluzione di efficienza energetica potrebbe assicurare in linea teorica, senza considerare la sua reale convenienza economica né la presenza o meno di sistemi di incentivazione capaci di promuoverne la diffusione. Per questo motivo **si è anche proceduto a stimare un verosimile grado di penetrazione**, tanto nel comparto degli edifici esistenti quanto in quello degli edifici di nuova costruzione, **che le diverse tecnologie potranno sperimentare in Italia da qui al 2016.**

Così facendo, **si offrono al lettore gli strumenti per valutare dei ragionevoli scenari di sviluppo del comparto dell'efficienza energetica negli edifici in Italia** e quindi di pianificare al meglio possibili investimenti e nuove attività di *business*, **ed al legislatore la possibilità di "progettare" un sistema di supporto che sia coerente con le caratteristiche tecnologiche e di potenziale di ciascuna soluzione tecnologica.**

Lasciando alla lettura del Rapporto i dettagli sul contributo delle diverse soluzioni di efficientamento energetico, è opportuno richiamare qui i principali dati di sintesi.

Appare innanzitutto con chiarezza come, nonostante l'impiego di soluzioni energeticamente efficienti anche negli edifici non residenziali sia più che auspicabile, è nell'enorme parco edilizio residenziale italiano – che come più volte ricordato è **frutto di una scelta di urbanizzazione più "frammentata"** di quanto per esempio accade in altri Paesi anche europei **e che allo stesso tempo risente di una vetustà media piuttosto elevata** – **che risiede la larghissima parte del potenziale di intervento.**

Il 73% degli oltre 148 TWh elettrici complessivamente risparmiabili e l'88% dei quasi 654 TWh termici che possono essere il risultato di interventi di riduzione dei consumi **sono da imputarsi agli edifici residenziali.**

Il ruolo degli edifici non residenziali (e fra questi in particolare vanno segnalate le scuole-università, gli uffici e gli edifici industriali) è nonostante tutto relativamente marginale, soprattutto per quanto riguarda gli impieghi termici, mentre in relazione al con-

sumo elettrico è possibile accreditare ai *building* non utilizzati a fini abitativi il 27% dei teorici risparmi.

Se si trasformano i TWh elettrici e termici in tep, il **potenziale teorico derivante dall'adozione di soluzioni di efficientamento energetico in Italia da qui al 2016 (senza tener conto di quanto già è stato fatto sino al 2011) è pari complessivamente a circa 44 mln tep**. Un valore, quindi, ben più elevato (circa 3 volte tanto) dei circa 16 mln tep che l'Italia si è posta come obiettivo nel Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE) che è stato approvato nel 2011. E' evidente che **in questo squilibrio vi sia anche da considerare il "punto di partenza", ossia la relativa "arretratezza" del nostro parco edilizio che offre quindi enormi spazi di miglioramento**, ma è anche altrettanto evidente come **il puntare sull'efficienza energetica possa rappresentare una leva poderosa per un "rinnovamento accelerato" che rimetta l'Italia, anche da questo punto di vista, al passo con l'Europa**.

Ben diversa la situazione se si guarda alle stime di penetrazione. Per quanto riguarda i **consumi elettrici** la riduzione che si ritiene possa essere ragionevolmente acquisita da qui al 2016 attraverso l'adozione di soluzioni di efficientamento energetico è pari a **21,6 TWh, ossia solo poco più del 14% del potenziale teorico; il risparmio energetico invece imputabile ad azioni di efficientamento dei consumi termici**, sul medesimo orizzonte e con le medesime ipotesi del precedente, **può essere ragionevolmente stimato in 118 TWh termici, circa il 18%** (ossia appena più significativo del caso elettrico) **del potenziale teorico**.

Se si "traducono" i dati di penetrazione del mercato si ottiene un potenziale di risparmio ragionevolmente acquisibile da qui al 2016 pari a 9,9 mln tep, a cui vanno aggiunti 3,8 mln tep già risultanti dalla base attualmente "installata". In altre parole, **significa che l'impatto dell'adozione delle tecnologie per l'efficienza energetica entro il 2016 sarà, secondo le stime elaborate in questo Rapporto, ragionevolmente superiore (13,7 mln tep) rispetto ai 10,8 mln tep che era stabilito inizialmente nel PAEE approvato nel 2007**. Se si proietta, poi, il risparmio acquisibile entro il 2016 sull'orizzonte al 2020 si ottiene un valore pari a 21,5 mln TEP, oltre il 30% in più rispetto al valore soglia definito nel PAEE.

Appare possibile fare dell'Italia un Paese all'avanguardia per l'efficienza energetica negli edifici, obiettivo assai ambizioso se si considera il punto

di partenza ma anche "giustificato" dai numeri. **E' necessario tuttavia superare le logiche** – tipiche del nostro approccio ai meccanismi di stimolo allo sviluppo dei settori dell'efficienza energetica e delle rinnovabili – **di "omogenea" distribuzione delle risorse a favore di una maggiore "equità", ossia di una corrispondenza fra il "peso" (economico o impositivo) della misura e l'effettivo contributo (in termini di potenziale di risparmio) all'obiettivo che si intende realizzare**.

Le Energy Service Companies (ESCO)

Le ESCo (o anche secondo la "traduzione" italiana SSE - Società di Servizi Energetici) sono i **oggetti deputati alla promozione dell'efficienza energetica negli usi finali**, riconosciute come tali a livello europeo dalla Direttiva Europea 2006/32/CE e a livello italiano dal suo recepimento con il Decreto Legislativo n. 115 del 30 Maggio 2008. Quest'ultimo, in particolare, fornisce una precisa definizione di ESCO come *"persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici e/o altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa (totalmente o parzialmente) sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti"*.

A Settembre 2011, erano oltre 1.900 le imprese "accreditate" come ESCo presso l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG). L'analisi condotta sui principali operatori del mercato ha messo in luce un volume d'affari generato nel corso del 2010 (ultimo anno per cui si dispongono di dati di consuntivo) pari a oltre 3,5 mld. €, in costante crescita negli ultimi anni e con una previsione a finire per il 2011 di raggiungere i 4,2 mld €.

Due sono gli aspetti che meritano un ulteriore approfondimento: (i) **l'estrema frammentazione degli interventi, con più del 50% dei progetti realizzati dalle ESCo (e per cui si è chiesta l'emissione di TEE) relativi a risparmi energetici inferiori a 200 tep/anno**. Solo nel 6% dei casi si sono conseguiti risparmi superiori ai 5.000 tep/anno. Più è ridotta la portata dell'intervento più è "piccolo" (in termini relativi) l'edificio presso cui viene fatto e quindi maggiori saranno le difficoltà per il cliente – in un periodo di crisi economica così prolungata – a sostenere l'onere dell'intervento di una ESCo; (ii) **la frammentazione dell'offerta, con il volume d'affari generato che è "equamente" diviso fra un 5% di**

ESCO di grandi dimensioni – con più di 250 addetti e che appartengono tipicamente a grandi Gruppi multinazionali – **ed il restante 95% di imprese medie e piccole (nel 60% con meno di 10 addetti)**. Una disparità così significativa che è legata, a detta degli operatori, alla presenza di basse barriere all'ingresso del settore (con il risvolto negativo di avere in taluni casi un livello di professionalità “non ottimale”), ma anche al “peso” che il *brand* e le relazioni già consolidate con clienti di grandi dimensioni hanno nel determinare il successo dei grandi Gruppi.

Altra peculiarità del sistema italiano è la presenza ancora “prevalente” di forme contrattuali “*standard*”. In altre parole la maggior parte delle ESCo che operano in Italia configurano, nella pratica, la propria attività come una sorta di *outsourcing della gestione dell'energia*. L'obiettivo primario del contratto è un risparmio di costo (e non necessariamente una razionalizzazione dei consumi energetici), la remunerazione della ESCo è definita in via forfetaria per i singoli interventi oppure coincide con il risparmio di costo conseguito per tutto il periodo oggetto di contratto, e non si ha una vera e contestuale condivisione dell'effetto di risparmio energetico fra i due soggetti contraenti su un comune obiettivo di efficientamento del consumo di energia.

Sono relativamente poche le ESCo che invece adottano sistemi contrattuali “evoluti” di tipo EPC (*Energy Performance Contracting*). Il rapporto contrattuale vede la ESCo obbligata alla cura ed al coordinamento di tutte le attività volte alla progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione dell'intervento individuato, attraverso l'assunzione su di sé del rischio tecnico e, a seconda delle diverse varianti, anche del rischio finanziario e della garanzia in senso tecnico-giuridico circa l'effettivo raggiungimento del livello di risultato ipotizzato. La peculiarità del meccanismo contrattuale EPC sta nel fatto che la ESCo viene remunerata sulla base dei risultati effettivi che il cliente consegue attraverso l'implementazione e l'ammmodernamento della tecnologia, degli impianti e delle strutture esistenti.

La maggiore “apertura” del sistema bancario, indispensabile per sostenere i necessari investimenti di ammodernamento, è tuttavia un prerequisito indispensabile dello sviluppo ed anche una delle principali problematiche al momento lamentate dagli operatori del settore.

Oltre ad evolvere nel loro rapporto contrattuale con il cliente, tuttavia, le ESCo – secondo quanto emerge dalla nostra indagine – dovrebbero puntare di più sulla “integrazione” dei servizi offerti, con un pacchetto di tecnologie e soluzioni che rispondano in maniera sempre più specifica alle esigenze non solo di riduzione dei consumi ma anche di generazione *in loco* di energia. Non è un caso che al mondo delle ESCo guardi con attenzione ricambiata anche il vasto numero di operatori EPC (questa volta nell'accezione *Engineering, Procurement & Construction*) che già sono attivi nel mondo delle rinnovabili, fotovoltaico e biomasse in testa. Dovrebbero inoltre accrescere l'offerta per il mondo delle imprese industriali, che richiede evidentemente un incremento delle competenze specifiche degli operatori (giacché ogni processo industriale ha caratteristiche di unicità che lo rendono molto più complesso rispetto all'analisi del fabbisogno energetico dell'edificio), ma allo stesso tempo può garantire marginalità connesse ai risparmi energetici ancora maggiori. Dovrebbero, infine, “svincolarsi” dal sistema di incentivazione “*standard*” dei TEE per concentrarsi su tipologie di intervento che siano intrinsecamente vantaggiose per il cliente e per la ESCo stessa, sfruttando la disponibilità di soluzioni tecnologiche che certo non mancano.

I segnali incoraggianti ci sono, come ad esempio il trend di crescita della diffusione delle forme contrattuali “evolute”, oppure la spinta all'integrazione delle competenze e dei servizi cui si è assistito di recente, ma sono ancora molte le barriere da superare. Senza un efficace e capillare “tessuto” di ESCo è più difficile raggiungere gli obiettivi di efficientamento energetico che ci si è dati e soprattutto impensabile esplicitare il ben maggiore potenziale di risparmio di cui il nostro Paese dispone.

Davide Chiaroni

Responsabile della Ricerca



Federico Frattini

Responsabile della Ricerca



Marco Alberti

Project Manager



1.
DEFINIZIONE ED
INQUADRAMENTO

Il presente Rapporto affronta il problema dell'efficienza energetica negli edifici residenziali e non residenziali. L'obiettivo di questo capitolo è quello di illustrare l'importanza che questo tema riveste nell'attuale scenario energetico, con particolare riferimento al caso italiano. In questo studio il concetto di **efficienza energetica** viene utilizzato per indicare la **riduzione dell'impiego di energia (termica o elettrica) necessaria per conseguire un determinato obiettivo** (ad esempio, assicurare il riscaldamento o l'illuminazione di un edificio, garantire il funzionamento di un processo produttivo), **senza che ciò comporti un ridimensionamento dell'obiettivo stesso** (quali, ad esempio, un abbassamento della temperatura interna dell'edificio o una riduzione della produttività di un processo). In altre parole, il termine efficienza energetica è utilizzato in questo Rapporto in modo differente rispetto a quello di **risparmio energetico, concetto più ampio che comprende anche la riduzione dell'impiego di energia realizzata attraverso un cambiamento del comportamento dei soggetti economici ed un ridimensionamento degli obiettivi** che essi si prefiggono di conseguire. Ciò è vero nonostante i due concetti siano difficili da distinguere nella pratica e siano utilizzati spesso in modo intercambiabile, come ad esempio accade nel recente Piano Europeo per l'Efficienza Energetica, presentato l'8 Marzo 2011 con l'obiettivo di intraprendere un'azione congiunta per sfruttare il potenziale di efficienza energetica in diversi ambiti, dagli edifici, ai trasporti e ai prodotti e processi.

Per comprendere il motivo per cui il tema dell'efficienza energetica ha assunto oggi un'importanza centrale nel dibattito e nelle politiche energetiche dei Paesi più industrializzati, è necessario innanzitutto riconoscere come l'energia rappresenti un fattore che, lungo tutta l'intera storia dell'umanità, è stato all'origine di crescita economica, benessere e progresso tecnologico e sociale. **La crescita della ricchezza e del benessere che ha interessato i Paesi più industrializzati negli ultimi decenni non ha tuttavia precedenti**: basti pensare che la popolazione mondiale è aumentata di quasi tre volte

dal 1950 e con essa il PIL (cresciuto di 10 volte dal 1950) ed il consumo di combustibili fossili (di 10 volte dal 1950). Questi rapidissimi e profondi cambiamenti hanno inevitabilmente determinato delle forti tensioni a livello di sistema energetico globale, mettendo in evidenza la drammatica importanza del concetto di sviluppo sostenibile. In particolare, la **crescita incondizionata dei consumi globali** – già condannata nel tanto pionieristico quanto catastrofico “Rapporto sui limiti dello sviluppo” (meglio noto come “Rapporto *Meadows*”) del Club di Roma del 1972, in cui si prevedeva che “(...) la crescita economica non può continuare indefinitamente a causa della limitata disponibilità di risorse naturali, specialmente petrolio, e della limitata capacità di assorbimento degli inquinanti da parte del pianeta; a causa di ciò l'umanità è destinata a confrontarsi nei primi decenni del XXI secolo con le conseguenze del superamento dei limiti fisici del pianeta” – **ha comportato una notevole dipendenza dai combustibili fossili** ed una conseguente **forte pressione sui prezzi dell'energia**, in special modo nei Paesi a scarsa autonomia energetica.

Secondo le stime elaborate dall'Agenzia Internazionale dell'Energia nel 2009 (o IEA – *International Energy Agency*), la domanda globale di energia primaria nello scenario di riferimento¹ sarebbe aumentata dell'1,6% all'anno tra il 2009 e il 2030, raggiungendo 16,8 mld tonnellate equivalenti di petrolio (o TEP) – per una crescita complessiva del 40% dal 2009 al 2030. Queste stime devono essere riviste al ribasso, a causa del verificarsi della crisi economica finanziaria che ha interessato i primi anni del periodo oggetto di previsione da parte della IEA. Mediamente, infatti, la domanda globale di energia ha fatto registrare un calo dello 0,2% all'anno nel periodo 2009-2010, il che rappresenta la prima contrazione nell'utilizzo globale dell'energia dal 1981. Le ultime stime del 2010 prevedono che la domanda globale di energia riprenderà a crescere, a tassi anche più consistenti di quelli previsti dall'IEA nel 2009, stimati nell'ordine del 2,5% all'anno tra il 2011 ed il 2015. Il tasso di crescita della domanda

¹ Come spiega la stessa IEA, lo scenario di riferimento non è da considerarsi una previsione di quello che accadrà, ma una fotografia base di come potranno evolvere i mercati globali dell'energia se i governi non introdurranno cambiamenti nelle politiche e negli interventi esistenti.

rallenterà progressivamente dopo il 2015, con un tasso medio di crescita dell'1,5% annuo fino al 2030. Chiaramente, si tratta di previsioni che potrà essere necessario rivedere nella loro entità alla luce degli sviluppi futuri che la crisi del debito sovrano di questi ultimi mesi farà registrare. È tuttavia indiscutibile il fatto che il fabbisogno globale di energia, da qui al 2030, crescerà significativamente, per effetto dell'inevitabile aumento dei consumi nei Paesi in via di sviluppo o che si trovano ancora in una fase di forte espansione della loro economia.

Nell'ambito di questa inarrestabile crescita dei consumi di energia primaria, **i combustibili fossili rimarranno le fonti dominanti, contando per quasi il 77% dell'incremento complessivo nella domanda di energia tra il 2009 e il 2030**, secondo le stime dell'IEA. La loro quota sul totale della domanda mondiale, ciò nonostante, calerà marginalmente, da 81% a 80%. Tra le varie fonti fossili, il carbone farà verosimilmente registrare il più importante aumento della domanda di energia nel periodo di previsione considerato, seguito da gas naturale e dal petrolio, come si desume dalla FIGURA 1.1.

Il preponderante peso che i combustibili fossili continueranno ad avere nello scenario energetico globale, nonostante il repentino e considerevole sviluppo delle fonti rinnovabili, accentuerà se possibile **il problema della dipendenza energetica** dei Paesi europei nei confronti dei Paesi produttori. Basti considerare a questo proposito che circa **il 55% dell'energia primaria in Europa viene attualmente importata** e, in seguito al recente calo della produzione di pe-

trolio e gas nel Mare del Nord, questa percentuale potrebbe salire fino al 58% entro il 2030. La forte dipendenza energetica dell'Europa la espone a notevoli rischi ed incertezze, e questo per una serie di ragioni. Innanzitutto la crescita della domanda di petrolio e gas da parte delle economie emergenti renderà più complesso per i Paesi europei approvvigionarsi di queste materie prime a condizioni vantaggiose. Ciò anche a causa di una crescita degli investimenti in capacità produttiva non in linea con l'aumento della domanda. **L'IEA calcola ad esempio che entro il 2035 circa il 75% della produzione convenzionale di petrolio greggio dovrà provenire da giacimenti ancora da esplorare o da scoprire.** Infine, le più importanti riserve di combustibili fossili a livello globale sono spesso situate in Regioni geo-politicamente instabili e sono sotto il controllo di aziende a partecipazione pubblica che non sempre sottostanno alle comuni regole di mercato.

Nello scenario europeo, **l'Italia se possibile si contraddistingue per un sistema energetico ancora più esposto ai rischi determinati dalla dipendenza energetica.** Con previsioni di una crescita dei consumi tendenziali nei prossimi anni, **il nostro Paese dipende dall'estero per oltre l'85% del suo fabbisogno di energia primaria**, che si traduce in un incremento dei costi di approvvigionamento, che a loro volta si scaricano sul prezzo dell'energia per l'utilizzatore finale. Quanto questo elemento sia peculiare dell'Italia risulta evidente considerando la FIGURA 1.2, che rappresenta l'evoluzione temporale del prezzo dell'energia elettrica nei principali mercati borsistici europei.

Figura 1.1

Evoluzione dei consumi mondiali di energia primaria ripartiti per fonte di energia (Fonte: IEA)

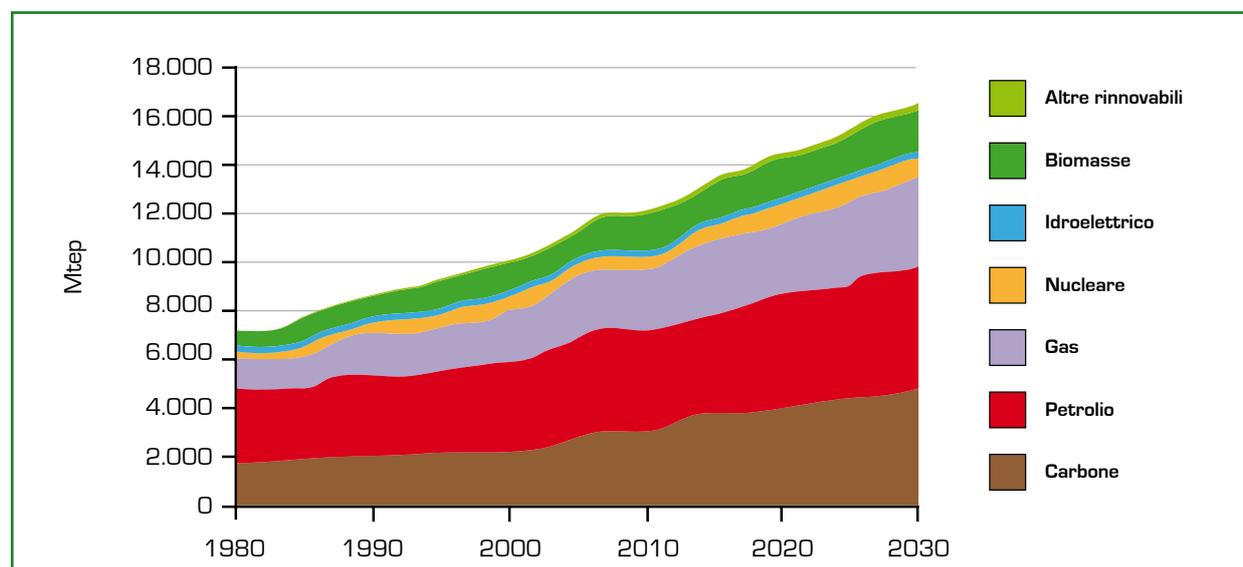
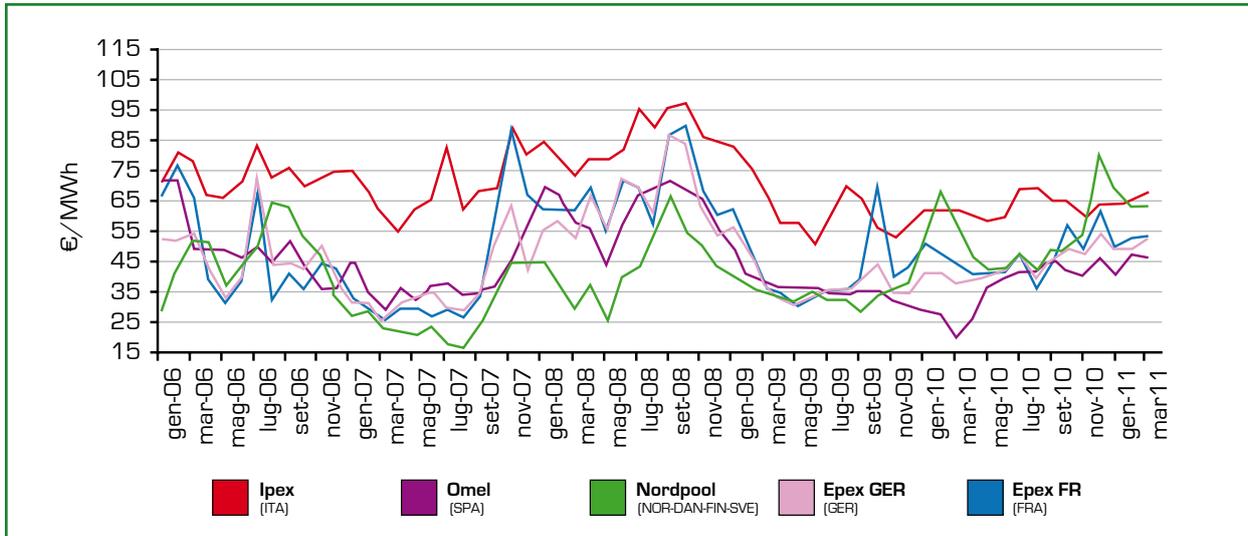


Figura 1.2

Evoluzione del prezzo dell'energia elettrica nei principali mercati borsistici dell'energia europei
 (Fonte: REF, Renewable Energy Foundation)



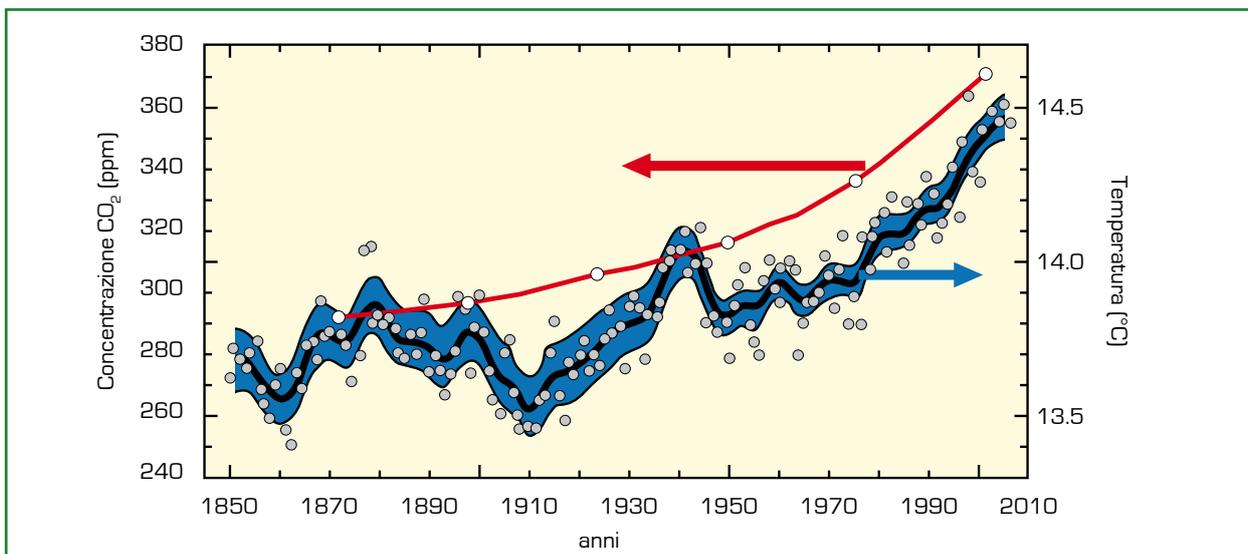
Alla luce dei dati sopra riportati, è evidente come la riduzione dell'impiego di energia termica ed elettrica negli usi finali, ossia quello che abbiamo chiamato in apertura di capitolo efficienza energetica, possa giocare un ruolo di enorme importanza, anche e soprattutto nei decenni a venire, nel garantire ai Paesi europei un sistema energetico meno esposto ai rischi ed alla volatilità che la crescita economica globale inevitabilmente determina.

Non è solo il problema energetico, tuttavia, a ren-

dere il tema dell'efficienza di importanza cruciale negli anni a venire. Ad esso si associa infatti una questione climatica che è altrettanto rilevante. La produzione di energia che, come abbiamo visto, è e continuerà ad essere in larga parte basata sull'impiego di combustibili fossili, comporta infatti pesanti "effetti collaterali" dal punto di vista climatico, ossia l'emissione di sostanze inquinanti nocive per la salute dell'uomo e di gas serra², i cosiddetti GHG - GreenHouse Gases. Nonostante esistano alcuni studiosi che negano l'esistenza di una causa

Figura 1.3

Cambiamenti osservati nella temperatura media globale dal 1850 ad oggi
 (Fonte: IPCC - Intergovernmental Panel for Climate Change)



² I principali gas serra sono: CO2 (biossido di carbonio), CH4 (metano), N2O (ossido di diazoto), HFC (idrofluorocarburi), PFC (perfluorocarburi), SF6 (esafluoro di zolfo) "normalizzati" al CO2 equivalente.

antropomorfa alla base dei cambiamenti climatici che si osservano da decenni nel nostro pianeta, è opinione largamente condivisa che l'aumento della concentrazione di gas serra nell'atmosfera terrestre porti ad un aumento della temperatura globale. Il grafico riportato in FIGURA 1.3 rappresenta la concentrazione a livello mondiale di CO₂ equivalente nell'atmosfera terrestre, mostrando l'esistenza di una evidente correlazione nel corso degli ultimi due secoli tra quest'ultima e la variazione della temperatura sul nostro pianeta.

Concentrandoci su periodi più recenti della storia del nostro pianeta, **si nota come ben undici dei dodici anni compresi nel periodo 1995-2006 si collocano fra i più caldi mai registrati da quando si hanno misure globali di temperatura alla superficie** (ossia dal 1850). La crescita della temperatura globale registrata negli ultimi 100 anni (1906-2005) è di 0,74°C, mentre l'aumento del riscaldamento negli ultimi 50 anni (0,13°C per decennio) è quasi il doppio di quello osservato negli ultimi 100 anni. L'aumento totale della temperatura dal 1850-1899 al 2001-2005 è di 0,76°C. Questo fenomeno di surriscaldamento porta con sé una serie di importanti cambiamenti dal punto di vista ambientale, che riguardano ad esempio il livello dei mari e l'estensione dei ghiacciai. Su questo punto, ad esempio, il livello del mare medio globale è cresciuto ad un tasso medio di 1,8 mm all'anno dal 1961 al 2003 e la stima dell'innalzamento totale per il XXI secolo è pari a 0,17 m. Ovviamente, una parte importante di questi cambiamenti climatici potrebbe essere evitata attraverso una riduzione dei consumi finali di energia termica ed elettrica, che spiega la centralità che assume anche da questo punto di vista il tema dell'efficienza energetica.

Sulla spinta di queste preoccupanti dinamiche evolutive, **nel 2007 per la prima volta la Commissione Europea ha introdotto degli obiettivi quantitativi in materia di efficienza energetica**. Essi confluiscono nel Piano d'Azione "Una politica energetica per l'Europa", meglio noto come "Pacchetto clima-energia 20-20-20", approvato l'8 Marzo del 2007. Il Piano d'Azione intende aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico, garantire la competitività delle economie europee e la disponibilità di energia a prezzi accessibili e promuovere la sostenibilità ambientale e contrastare i cambiamenti climatici. Esso stabilisce tre obiettivi ben precisi:

- ridurre di almeno il 20%, entro il 2020, le emis-

sioni di gas serra derivanti dal consumo di energia nell'UE-27 rispetto ai livelli del 1990;

- raggiungere una percentuale del 20% di energia da fonti rinnovabili sul totale di quella consumata entro il 2020. In aggiunta, raggiungere una quota minima del 10% per i biocarburanti nel totale dei consumi di benzina e gasolio per auto-trazione dell'UE-27 entro il 2020;
- **ridurre del 20% i consumi energetici finali dell'UE-27** rispetto alle proiezioni per il 2020.

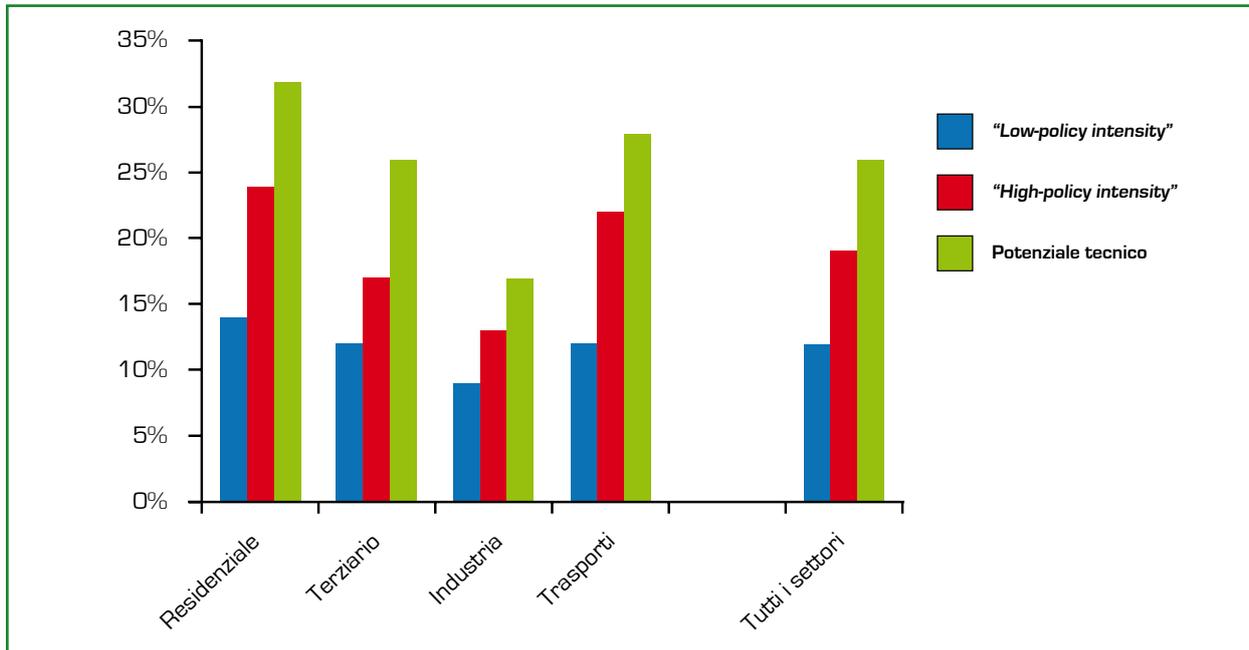
L'efficienza energetica gioca un ruolo chiave nel raggiungimento dell'ultimo di questi tre ambiziosi obiettivi, che richiede una riduzione di 368 mln TEP, rispetto a un consumo stimato al 2020 in 1.842 mln TEP. Va subito detto tuttavia **che questo obiettivo è l'unico a non essere vincolante**, ossia la Commissione Europea non ha impegnato gli Stati membri a conseguirlo nei termini stabiliti, pena sanzioni economiche. Solo recentemente il Parlamento Europeo ha chiesto di rendere cogente questo obiettivo, anche sulla base dei risultati di uno studio promosso dallo stesso Parlamento, che ha coinvolto tutti i 27 Stati membri e che mostra come l'81% degli europei (l'80% degli italiani) chiede di rendere obbligatorio il *target* del 20% di riduzione del consumo energetico al 2020. Bisogna tuttavia notare come, **agendo sulla leva dell'efficienza energetica, si rendono anche maggiormente accessibili gli obiettivi relativi alle rinnovabili ed alle emissioni di gas serra**: infatti, la riduzione dei consumi di energia permette da un lato di ridurre il denominatore su cui deve essere calcolato la quota obbligatoria di utilizzo di energia rinnovabile, dall'altro riduce le emissioni di gas serra legate alla produzione ed all'utilizzo di energia.

L'Europa riconosce un significativo potenziale di risparmio dei consumi energetici al 2020, come illustrato nella FIGURA 1.4. A questi risparmi si assocerebbero degli indiscussi benefici dal punto di vista della **competitività economica** (stimabili in una riduzione della fattura energetica per i Paesi dell'EU-27 di 200 mld € e nella creazione di 2 mln di nuovi posti di lavoro, forte stimolo all'innovazione in diversi settori industriali), della **sicurezza degli approvvigionamenti** (con una notevole riduzione della dipendenza energetica, contenimento degli investimenti infrastrutturali e miglioramento della bilancia commerciale) e della **sostenibilità ambientale**.

Ciononostante, la natura non vincolante dell'obiettivo del "Pacchetto 20-20-20" relativo all'efficienza

Figura 1.4

Potenziale di risparmio di energia finale nei Paesi UE-27 al 2020 (Fonte: Fraunhofer Institut)

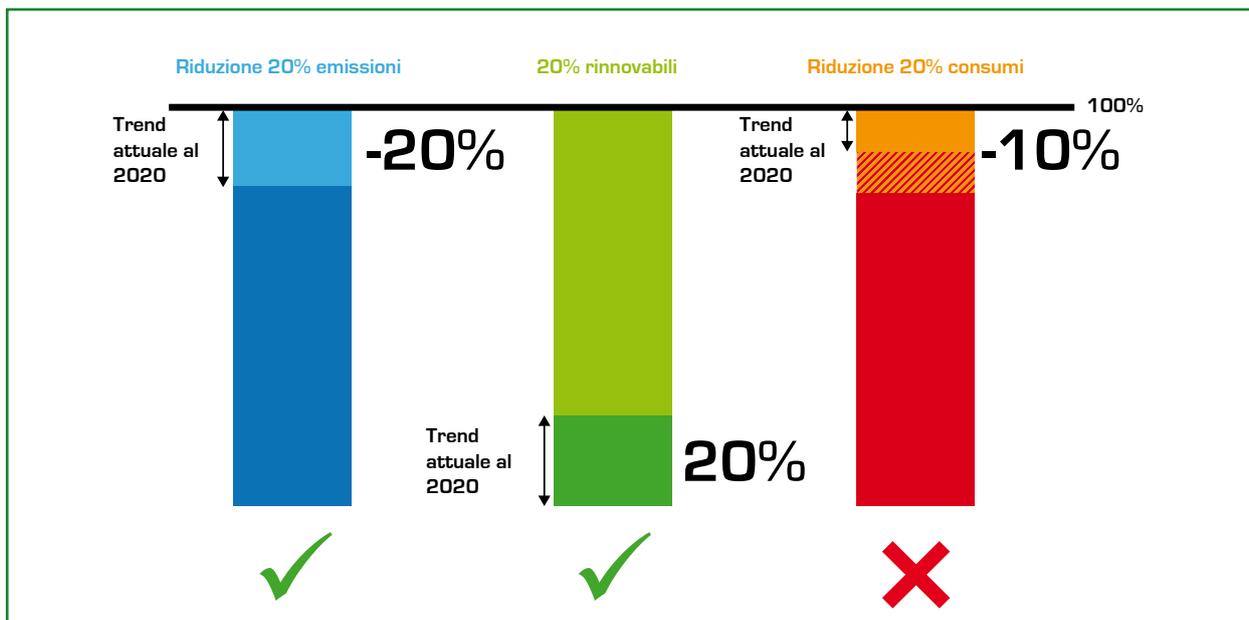


energetica fa sì che esso sia quello che con più difficoltà potrà essere raggiunto. **Le stime recentemente presentate dall'Unione Europea proiettano al 2020 una riduzione solamente del 10% dei consu-**

mi rispetto al 20% stabilito, mentre le previsioni di raggiungimento degli altri due obiettivi sono molto più positive. Si veda a questo proposito la FIGURA 1.5. Per porre rimedio a questo ritardo nell'attuazione

Figura 1.5

Trend attuali stimati di raggiungimento degli obiettivi a livello europeo del "Pacchetto 20-20-20" (Fonte: Commissione Europea)



³Per "Low-policy intensity" si intende il risparmio conseguibile con interventi previsti con i provvedimenti attuali; per "High-policy intensity" si intende il risparmio conseguibile con l'applicazione massima possibile da un punto di vista di efficienza economica (allo stato attuale) delle migliori tecnologie di risparmio disponibili; per "Potenziale tecnico" si intende il risparmio conseguibile con l'applicazione massima possibile da un punto di vista tecnico (allo stato attuale) delle migliori tecnologie di risparmio disponibili.

del “Pacchetto 20-20-20”, è stato varato nel **Marzo 2011 il “Piano Europeo per l’efficienza energetica”**, che individua una serie di misure vincolanti che gli Stati membri dovranno implementare nei prossimi anni sul tema dell’efficienza energetica, senza tuttavia introdurre alcun obiettivo nazionale vincolante. Solamente nel 2013 la Commissione Europea valuterà i risultati dell’applicazione di queste misure e valuterà se modificare il terzo obiettivo del “Pacchetto 20-20-20” e se renderlo vincolante. Tra le principali misure introdotte dal Piano approvato a Marzo 2011 si ricordano:

- per quanto riguarda il comparto della Pubblica Amministrazione si stabilisce che:
 - gli enti pubblici dovranno riqualificare energeticamente ogni anno il 3% del proprio patrimonio edilizio;
 - ogni riqualificazione dovrà portare gli edifici ristrutturati a prestazioni pari al livello del 10% più efficiente del patrimonio edilizio del Paese in cui si trovano;
 - gli enti pubblici dovranno affittare o acquistare solo edifici della classe energetica più alta;
 - alti *standard* energetici dovranno essere applicati a tutti gli acquisti e le spese del settore pubblico: dai macchinari e gli elettrodomestici alle ristrutturazioni;
- per quanto concerne invece l’edilizia privata:
 - gli Stati membri sono incoraggiati ad introdurre misure per dividere equamente costi e vantaggi degli interventi di efficienza energetica tra proprietari e inquilini;
 - i Governi dovranno sostenere l’attività delle ESCo – *Energy Service Companies* –, ossia aziende che realizzano profitti migliorando le prestazioni energetiche di edifici e processi produttivi.

Inoltre, si stabilisce che le **utility** dovranno favorire il risparmio energetico dei clienti, mentre nel campo dell’**industria** le aziende dovranno sottoporsi ad *audit* energetici globali e indipendenti e scambiare e condividere buone pratiche tra loro, mentre gli Stati membri dovranno incoraggiare le aziende stesse ad usare opportuni sistemi di *management* dell’energia.

Dall’analisi del Piano e della bozza della Direttiva Europea sull’efficienza energetica presentata dalla Commissione Europea nel mese di Giugno 2011, emerge chiaramente **l’intenzione delle istituzioni comunitarie di attribuire agli interventi di effi-**

cienza energetica negli edifici, tanto fabbricati residenziali quanto industriali, un ruolo fondamentale per raggiungere gli obiettivi più volte citati in questo documento. Questa scelta pare giustificata dal fatto che in Europa la parte in assoluto preponderante del consumo finale di energia è quella utilizzata per riscaldare, illuminare, climatizzare e, più in generale, per alimentare tutte le utenze di case, uffici pubblici e privati, negozi e altri edifici. **Essi assorbono circa il 40% del consumo finale di energia a livello europeo e si prevede, nello scenario di riferimento, che tale valore crescerà del 5,4% al 2020.** A livello comunitario, dall’analisi del Piano e della bozza della Direttiva precedentemente citati, appare chiaro che le direzioni che si intendono seguire per agire sull’efficienza energetica negli edifici sono sostanzialmente due:

- adottare strumenti atti ad incentivare il processo di **ristrutturazione degli edifici** ed a migliorare il rendimento energetico dei componenti e degli apparecchi in essi utilizzati;
- promuovere il **ruolo esemplare del settore pubblico** (che possiede, direttamente o indirettamente, circa il 12% di tutti gli edifici), sia accelerando il tasso di rinnovo dei fabbricati pubblici mediante un obiettivo vincolante, sia realizzando nuove costruzioni solo con alti canoni di efficienza energetica, come previsto dalla Direttiva Europea 2010/31/CE sulle prestazioni energetiche degli edifici (la cosiddetta EPBD II - “*Energy Performance Building Directive*” – non ancora recepita in Italia, SI VEDA PARAGRAFO 2.1.1). Essa prevede che i nuovi edifici pubblici costruiti a partire dal 2019 (per quelli privati è a partire dal 2021) dovranno raggiungere elevati *standard* di efficienza energetica e che il loro fabbisogno energetico dovrà essere coperto in misura molto significativa da fonti rinnovabili. Si tratta dei cosiddetti NZEB - “*Nearly Zero Energy Building*” (SI VEDA PARAGRAFO 2.1.1).

Ad oggi, nel comparto del *building* il potenziale europeo di risparmio *cost-effective* – ossia legato all’adozione di soluzioni tecnologiche vantaggiose dal punto di vista dei costi di adozione e mantenimento, se confrontati con il costo di acquisto della stessa unità di energia risparmiata – con quelle che sono le misure attuali si può stimare, sulle basi delle analisi del *Fraunhofer Institut* (SI VEDA FIGURA 1.4), in un intorno del 15%. Tuttavia, come mostrato in FIGURA 1.4, **in questo settore risiede un enorme potenziale inespresso** (oltre il 30% di risparmio), legato anche alla probabilità che innovazioni tecnologiche nel campo dei materiali, della generazione di energia elettrica e termica, della *building automa-*

tion facciano compiere dei significativi passi avanti alle *performance* energetiche degli edifici.

Come conseguenza dell'importanza attribuita a livello europeo alle politiche per l'efficienza energetica nel settore del *building*, queste misure hanno trovato ampio spazio in tutti i **Piani di azione energetica degli Stati membri**, redatti per effetto del recepimento della Direttiva 2002/91/CE (EPBD I) inerente le prestazioni energetiche degli edifici, che è stata recentemente sostituita dalla 2010/31/CE (EPBD II), e della Direttiva 2006/32/CE riguardante i servizi energetici. Questo vale anche per i "Piani d'Azione per l'Efficienza Energetica" (PAEE) approvati dal Governo italiano, il primo dei quali è stato presentato a Luglio 2007 ed il secondo più recentemente, a Luglio 2011. In particolare, **il primo PAEE, a fronte di una stima tendenziale dei consumi finali di energia in Italia al 2020 di 166 mln TEP, stabiliva un obiettivo intermedio di risparmio al 2016 pari a 10,8 mln TEP**. Questo in recepimento della sopracitata Direttiva 2006/32/CE, che stabiliva un obiettivo di risparmio energetico per ogni Stato membro pari al 9% al nono anno di applicazione rispetto ai consumi medi fatti registrare nel periodo 2000-2005. Per quanto riguarda le aree di intervento previste dal PAEE 2007, come

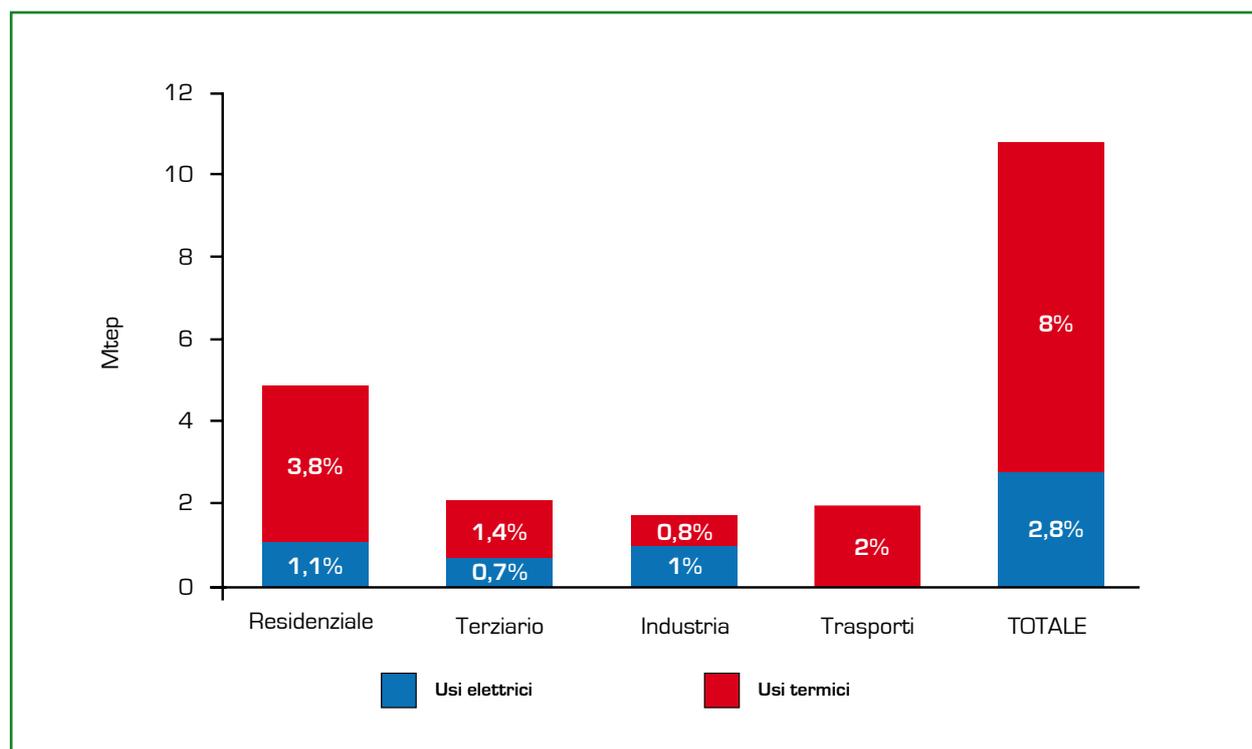
si vede dalla FIGURA 1.6, esso attribuisce particolare importanza agli interventi che riguardano gli edifici nei settori residenziale e terziario.

La stima tendenziale di consumo finale lordo al 2020 in Italia deve essere quindi rivista a 145,6 mln TEP, per effetto dell'apporto del Piano d'Azione italiano per l'Efficienza Energetica 2007 e dell'attuale crisi economica (che si stima possa comportare una riduzione dei consumi di circa 10,1 mln TEP rispetto alla proiezione al 2020). Più recentemente, nel 2010 **il Piano d'Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili** (che recepisce la Direttiva Europea 2008/29/CE) **traguarda al 2020 un consumo finale lordo di energia pari a circa 133 mln TEP, che comporta un ulteriore abbattimento dei consumi di ulteriori 12,6 mln TEP** rispetto al valore di 145,6 mln TEP.

Bisogna notare che è **su questo valore di 133 mln TEP che verrà valutato l'eventuale raggiungimento dell'obiettivo vincolante del 17% di produzione da fonte rinnovabile al 2020**. Ciò rende particolarmente critico per il nostro Paese trovare un modo per ridurre di ulteriori 12,6 mln TEP i consumi finali lordi. Se così non fosse, sarebbe verosimilmente molto complesso raggiungere l'obiettivo previsto dal

Figura 1.6

Risparmi previsti al 2016 per l'Italia dal PAEE 2007



“Pacchetto 20-20-20” in tema di produzione da fonti rinnovabili, con le conseguenti sanzioni a carico del nostro Paese. Per cercare di risolvere questo problema, è stato presentato dal Governo italiano alla Commissione Europea nel **Luglio 2011 un nuovo PAEE, che estende al 2020 le misure contenute nel PAEE 2007** (che aveva invece un orizzonte fino al 2016). Grazie a questo intervento, si stima che si riuscirebbero a risparmiare ulteriori 5 mln TEP al 2020, chiaramente non sufficienti a colmare la differenza di 12,6 mln TEP di cui si diceva sopra, con 7,6 mln TEP che mancano all'appello. Per questo motivo, in tali condizioni non si potrà raggiungere l'obiettivo del 17% sulla produzione da fonti rinnovabili al 2020 e sono necessari ulteriori interventi legislativi in questo senso.

Ciò detto, dall'analisi dei PAEE 2007 e 2011 emerge con chiarezza la centralità che gli interventi di efficienza energetica in ambito edilizio hanno per il raggiungimento degli obiettivi di contenimento dei consumi finali lordi di cui si è parlato in precedenza.

Nel nostro Paese **i consumi che possono essere fatti risalire agli edifici rappresentano circa il 36% del consumo complessivo italiano** (si veda la FIGURA 1.7), dato leggermente inferiore alla media europea (circa il 40%).

Considerando il confronto con la media europea,

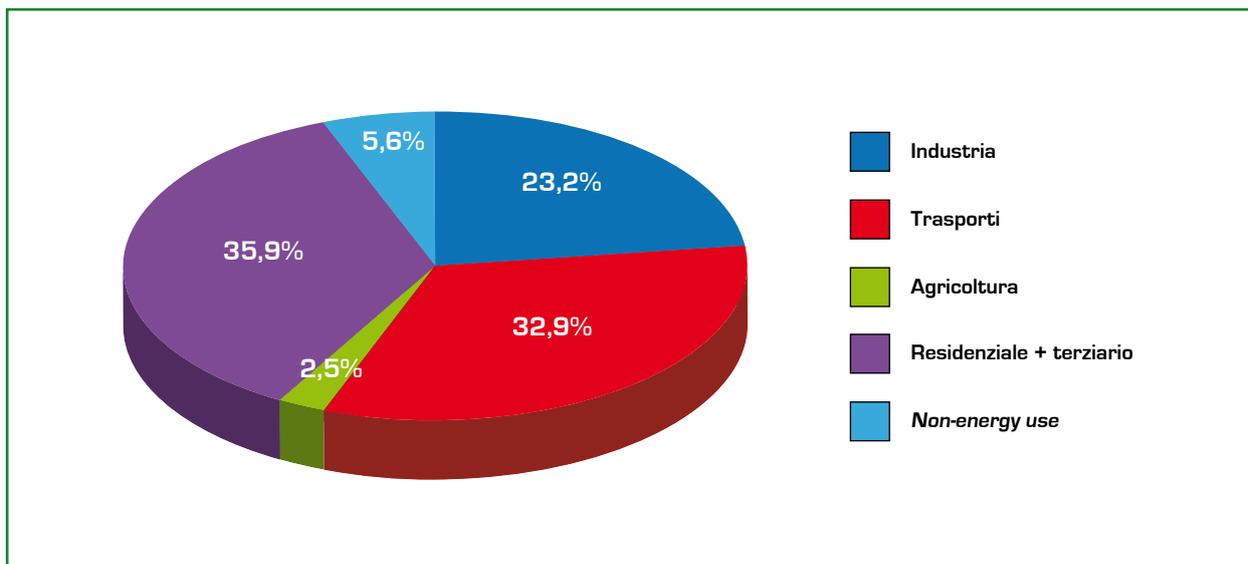
sembrerebbe quindi che gli edifici in Italia siano mediamente più efficienti energeticamente rispetto agli altri Paesi europei. Questo dato tuttavia non deve trarre in inganno e deve essere messo in relazione al contesto climatico in cui si colloca il nostro Paese. Se si rapportano infatti i dati di consumo con i gradi giorno invernali⁴, l'apparente virtuosità della situazione italiana viene decisamente ridimensionata. In un contesto in cui la maggior parte dei consumi energetici negli edifici è dovuto al loro riscaldamento, si deduce che il minore impatto sui consumi finali lordi degli edifici residenziali e del terziario in Italia è sostanzialmente dovuto alla mitezza del clima nel nostro Paese, piuttosto che ad un parco edilizio energeticamente efficiente.

Il basso grado di efficienza nei nostri edifici è evidente anche se si considera un altro parametro, ossia le emissioni climalteranti di cui essi si rendono responsabili. Guardando alla fotografia della situazione in Europa relativamente alle emissioni medie di CO₂ da edifici (FIGURA 1.8), si nota come **l'Italia sia al primo posto per quanto riguarda la percentuale di emissioni di CO₂ (17,5% sul totale europeo) imputabile agli usi energetici nel comparto abitativo**. Per questi usi, in Italia si emettono annualmente 96 mln ton CO₂, mentre nell'intera Comunità Europea vengono emessi ogni anno circa 550 mln ton.

La scarsa efficienza energetica del parco edilizio ita-

Figura 1.7

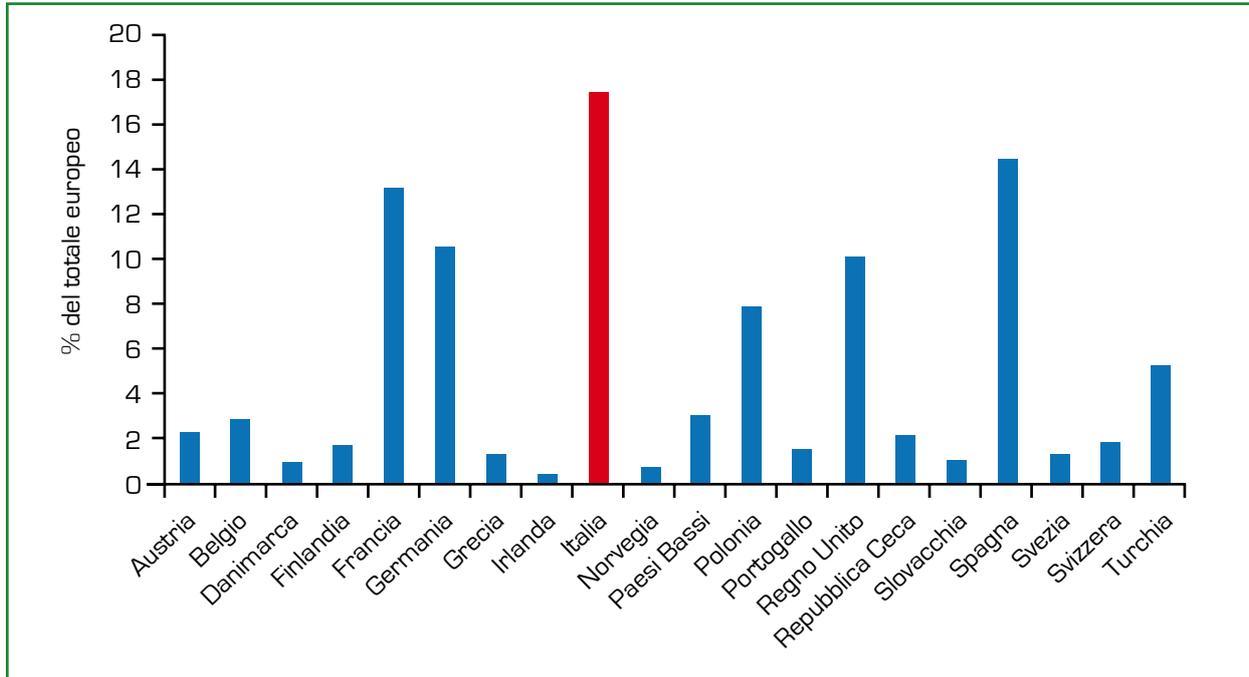
Ripartizione per settore dei consumi finali di energia nel 2010 in Italia (Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico)



⁴ Per gradi-giorno di una località si intende la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura degli ambienti interni (convenzionalmente fissata a 20°C) e la temperatura media esterna giornaliera. Più sono alti i gradi giorno, più la località si trova in un clima freddo.

Figura 1.8

Ripartizione percentuale delle emissioni annue medie di CO₂ da edifici nei principali Paesi europei (Fonte: Eurima)



liano è strettamente collegata alla sua obsolescenza. Si consideri a questo proposito che nel nostro Paese esistono circa 13,7 mln di edifici, di cui 12,1 mln sono adibiti ad uso residenziale e i restanti 1,6 mln ad uso non residenziale. **Quasi il 70% di questi edifici è stato realizzato prima che fosse introdotta**

qualsiasi norma sull'efficienza energetica in edilizia (la prima è stata la 373 del 1976, SI VEDA PARAGRAFO 2.1.1) ed un quarto del patrimonio edilizio non ha mai subito alcun intervento di manutenzione o riqualificazione. Si vedano a questo proposito le FIGURE 1.9 e 1.10 e la TABELLA 1.1.

Figura 1.9

Ripartizione degli edifici per epoca di costruzione (Fonte: Istat e Agenzia del Territorio)

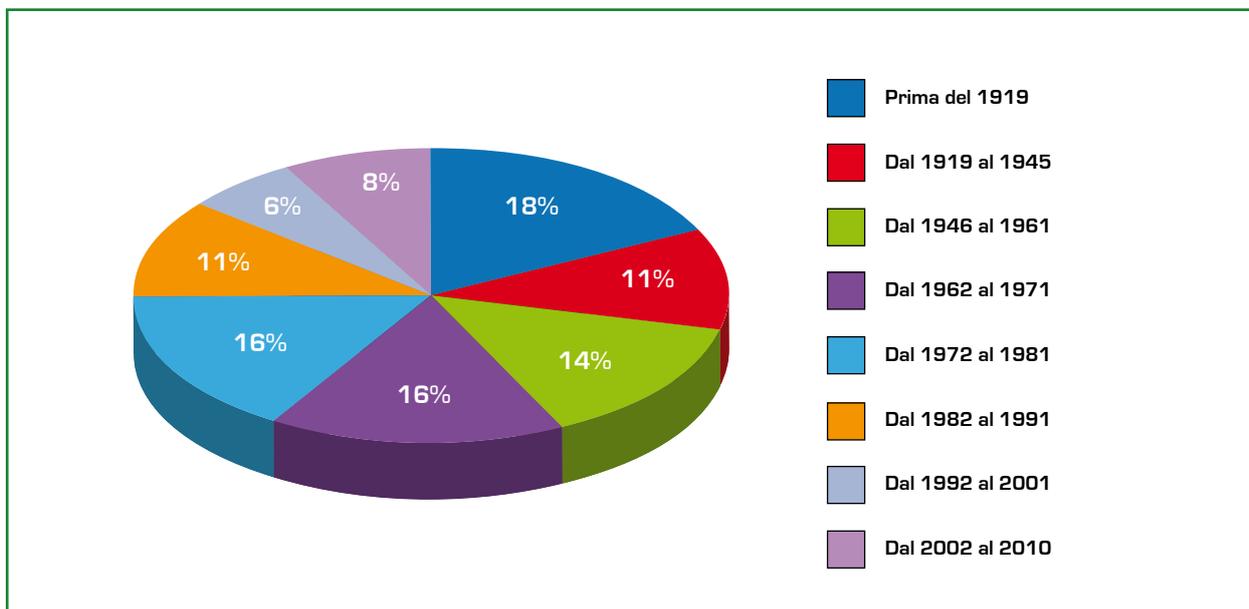


Figura 1.10

Ripartizione degli edifici di nuova realizzazione a livello geografico e per epoca di costruzione
 (Fonte: Istat e Agenzia del Territorio)

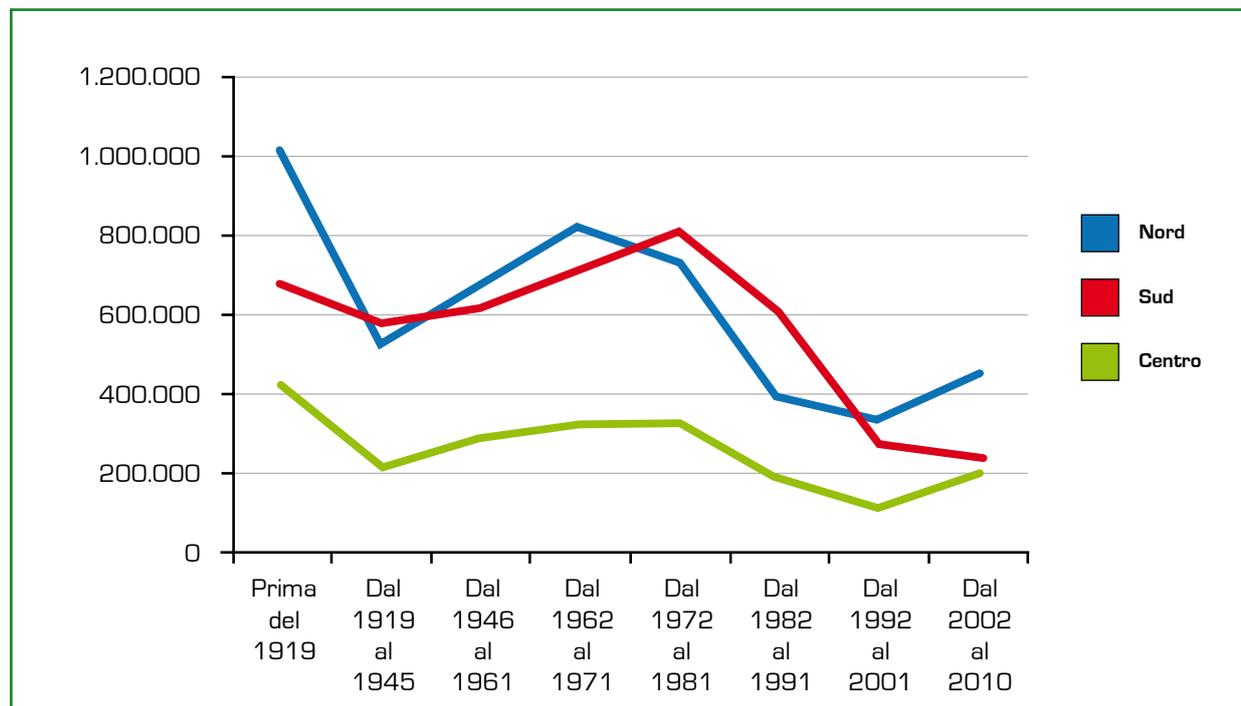


Tabella 1.1

Stato di conservazione del patrimonio edilizio italiano (Fonte: Cresme)

EPOCA DI COSTRUZIONE	Stato di conservazione			
	Ottimo	Buono	Mediocre	Pessimo
Prima del 1919	14,7%	48,8%	31,6%	4,8%
Dal 1919 al 1945	14,0%	50,0%	31,6%	4,5%
Dal 1946 al 1961	16,8%	55,0%	25,6%	2,5%
Dal 1962 al 1971	22,6%	58,1%	18,2%	1,2%
Dal 1972 al 1981	31,2%	56,2%	12,0%	0,6%
Dal 1982 al 1991	34,9%	55,0%	9,6%	0,4%
Dal 1992 al 2001	49,2%	44,0%	6,5%	0,3%
Dopo il 2001	73,1%	24,0%	2,7%	0,2%
TOTALE	25,9%	52,1%	19,9%	2,2%

Tabella 1.2

Ripartizione degli edifici residenziali a livello geografico (Fonte: Istat e Agenzia del Territorio)

NORD TOTALE		5.112.243	42,1%
	NORD OVEST	2.771.532	22,8%
	NORD EST	2.340.710	19,3%
CENTRO TOTALE		2.061.351	17,0%
SUD TOTALE		4.973.240	40,9%
	SUD	3.059.121	25,2%
	ISOLE	1.914.119	15,8%
ITALIA		12.146.833	100,0%

Per quanto riguarda i 12,1 mln di edifici residenziali, il fabbisogno medio si attesta intorno a 180 kWh/m² di energia primaria; a titolo di confronto, in Spagna tale fabbisogno è di circa 160 kWh/m² ed in Francia di circa 150 kWh/m². La Lombardia e la Sicilia ospitano da sole una parte consistente di tutti gli edifici presenti sul territorio italiano (raccolti in zone geografiche nella TABELLA 1.2), rispettivamente il 12,5% e l'11,6%. La distribuzione geografica degli edifici è meno sbilanciata se si guarda al numero di abitazioni, che in Italia si attesta a poco più di 32 mln (SI VEDA LA TABELLA 1.3). Ad esso corrispondono circa 3 mld m² di superficie, che si stima richiedano circa 32 mld € di spesa energetica complessiva annua.

Per quanto riguarda il consumo di energia primaria negli edifici in Italia, considerando sia il comparto residenziale che quello non residenziale, esso si ripartisce mediamente come indicato in FIGURA 1.11.

Come si nota, la parte più importante del consumo è legata al riscaldamento degli ambienti (circa il 48%), cui segue il raffrescamento (con il 12% dei consumi totali) e l'illuminazione (con l'11%). Di minore impatto sono invece la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e la cottura. Tra gli altri impieghi sono inclusi l'utilizzo di elettrodomestici o applicazioni elettroniche e consumi accessori.

I dati presentati e discussi in questa introduzione mostrano come **il comparto del building rivesta un ruolo chiave se si vogliono conseguire dei benefici tangibili in tema di efficienza energetica** a livello di sistema Paese, tanto in Europa quanto, in modo ancora più evidente, in Italia. Emerge anche come esista una pluralità di sistemi, tecnologie e soluzioni che possono essere utilizzate per perseguire una maggiore efficienza energetica degli edifici. Il progetto di ricerca i cui risultati sono raccolti in

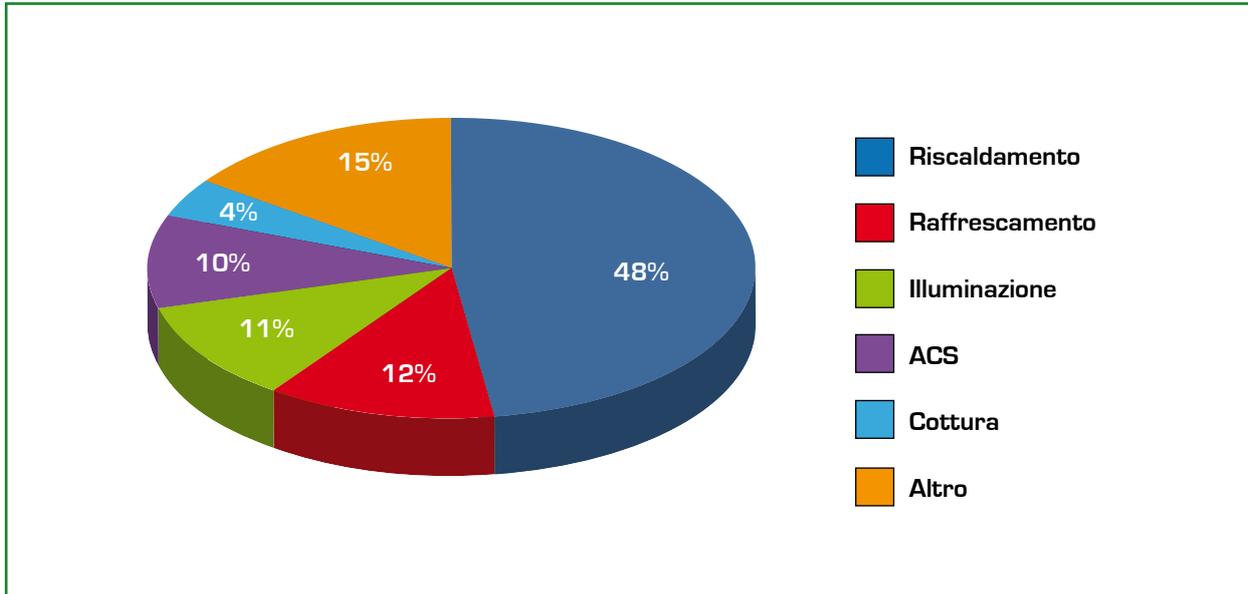
Tabella 1.3

Ripartizione delle abitazioni residenziali a livello geografico (Fonte: Istat e Agenzia del Territorio)

NORD TOTALE		14.846.412	46,3%
	NORD OVEST	8.839.179	27,6%
	NORD EST	6.007.233	18,7%
CENTRO TOTALE		6.173.590	19,3%
SUD TOTALE		11.034.118	34,4%
	SUD	7.184.874	22,4%
	ISOLE	3.849.244	12,0%
ITALIA		32.054.120	100,0%

Figura 1.11

Ripartizione dei consumi medi degli edifici per categoria d'impiego



questo Rapporto si è proposto di fornire un **quadro aggiornato sulle principali tra queste soluzioni, studiando in particolare la loro convenienza economica e le potenzialità che esse hanno di contribuire al raggiungimento di ambiziosi obiettivi di efficienza energetica in Italia.** In particolare, le soluzioni discusse in questo Rapporto **sono state classificate in base al fatto che esse consentano di conseguire una riduzione dei consumi di energia piuttosto che una riduzione della dipendenza**

dell'edificio dall'approvvigionamento di energia elettrica o di combustibile (gas naturale) utilizzato per la produzione di energia termica, a parità di consumi (SI VEDA LA FIGURA 1.12).

Nella prima categoria rientrano quindi le soluzioni di efficienza energetica nell'accezione più propria del termine, che possono a loro volta essere distinte in soluzioni che intervengono a livello di **impiantistica** e quelle che interessano invece la

Figura 1.12

Classificazione delle soluzioni di efficienza energetica considerate nel Rapporto

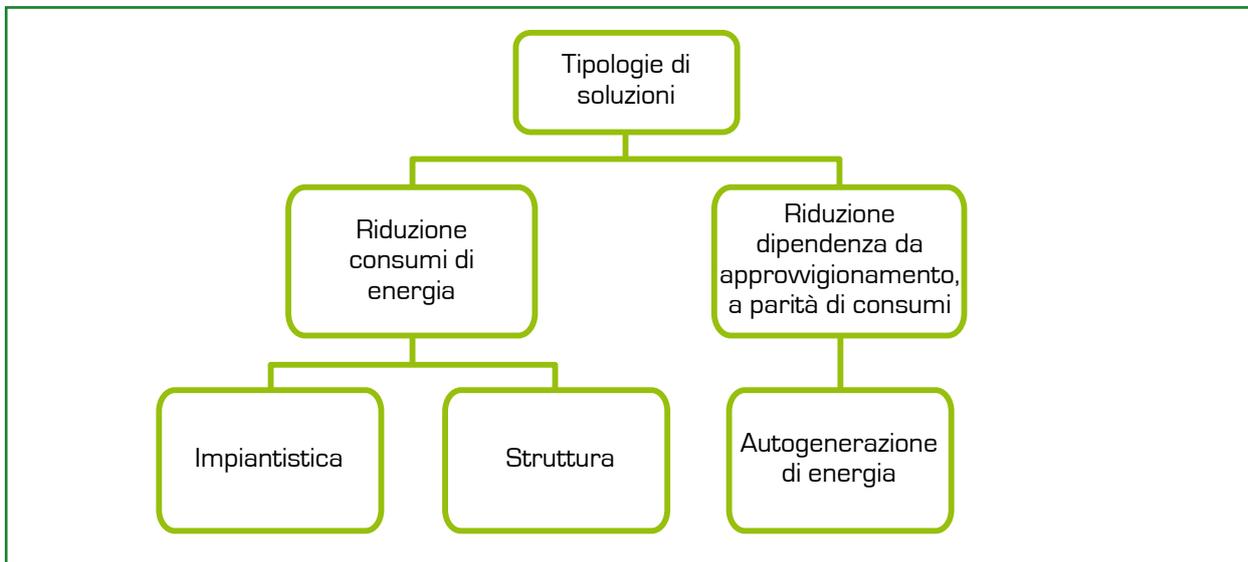
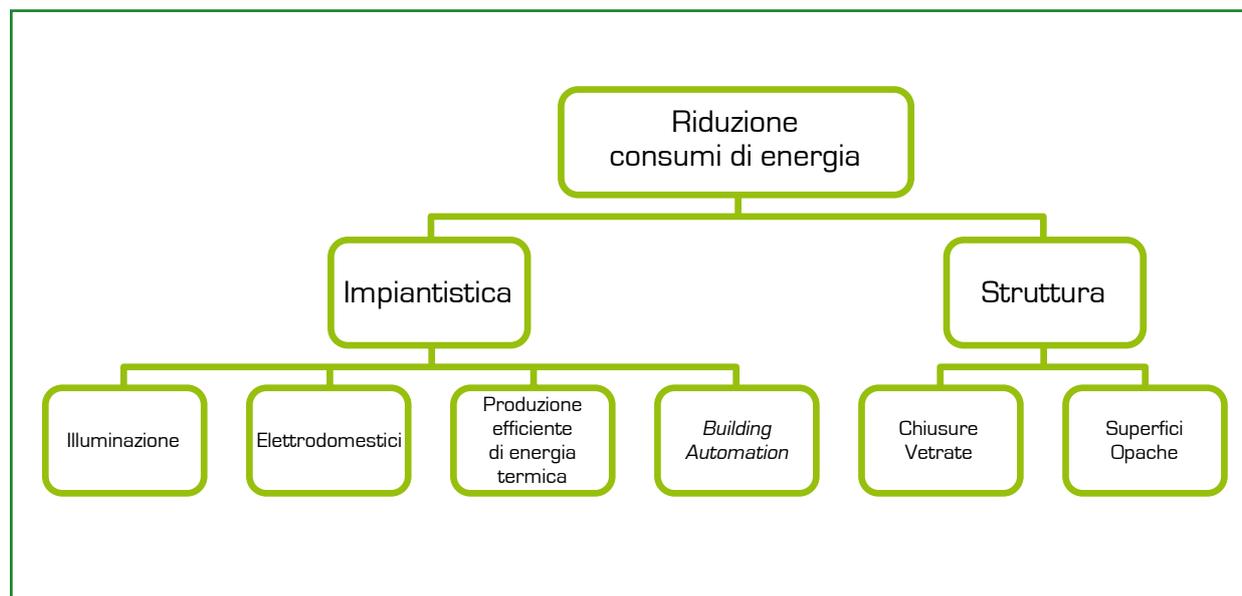


Figura 1.13

Le principali soluzioni per la riduzione dei consumi di energia considerate nel Rapporto



struttura stessa dell'edificio. Le soluzioni di efficienza energetica in grado di consentire una riduzione dei consumi di energia considerate nel progetto di ricerca sono rappresentate in FIGURA 1.13.

Nel Rapporto si approfondirà anche il ruolo che la progettazione dell'edificio, a prescindere dalle soluzioni di impiantistica e strutturali impiegate, può avere nell'assicurare il raggiungimento di livelli superiori di efficienza energetica.

Per quanto riguarda invece le soluzioni che consentono, a parità di consumi, di ridurre la dipendenza del sistema edificio dalla rete di approvvigionamento dell'energia elettrica o del combustibile (gas naturale) utilizzato per la produzione di energia termica, esse comprendono sostanzialmente i sistemi di auto-generazione da fonti rinnovabili, tra cui vengono annoverate le **tecnologie per la produzione elettrica (fotovoltaico e mini-eolico) e quelle che sono impiegate nella generazione dell'energia termica (caldaia a biomassa e solare termico)** (SI VEDA FIGURA 1.14).

Non solamente si fornirà una valutazione di convenienza economica delle principali alternative tec-

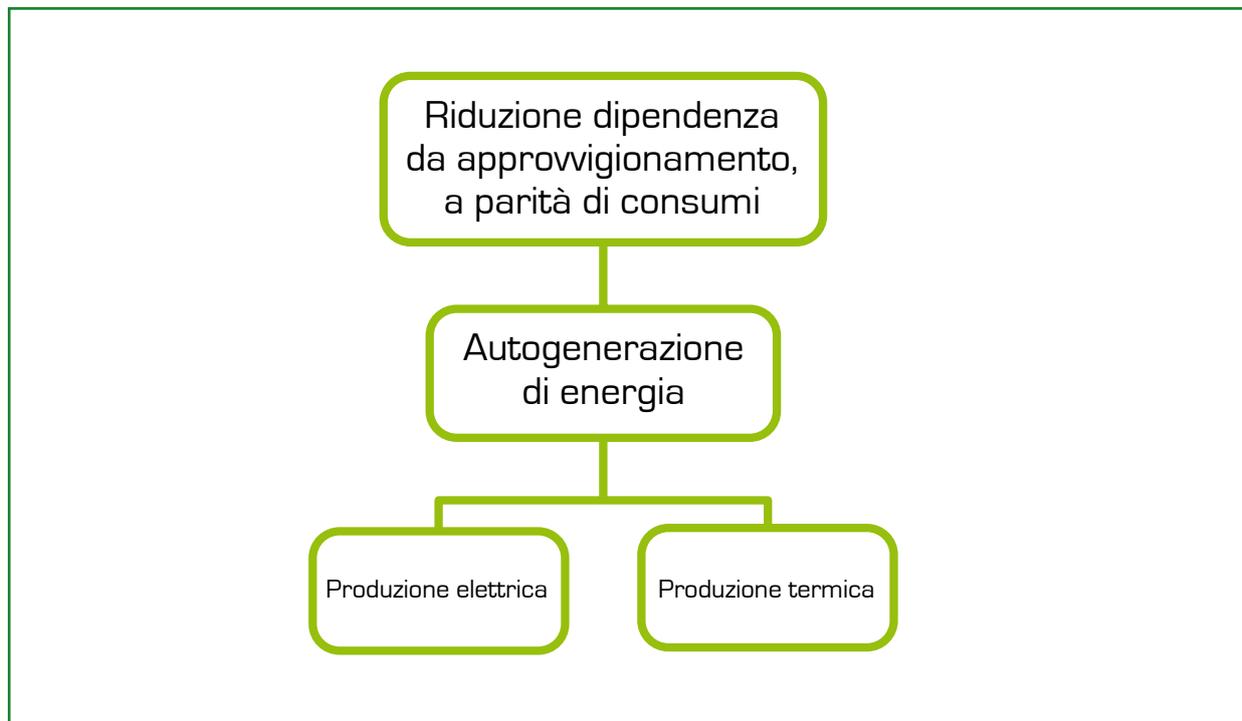
nologiche oggi esistenti ed in fase di sviluppo, per ciascuna delle classi di soluzioni sopracitate (ad esempio, illuminazione, chiusure vetrate, pareti). **Lo studio si propone anche di offrire un quadro aggiornato delle normative e dei regolamenti in vigore in Italia e che interessano il tema dell'efficienza energetica negli edifici**, in modo da interpretare l'impatto che essi hanno avuto e che verosimilmente avranno nello sviluppo di questo importante comparto. Inoltre, si presenteranno **i risultati di uno studio sulle ESCo (Energy Service Companies)⁵ nel nostro Paese**, sul modello di *business* che adottano e sul ruolo che esse possono rivestire nella diffusione degli interventi di efficienza energetica.

In questo modo, il presente studio si propone di rappresentare un **utile strumento di lavoro per tutti coloro i quali sono interessati al tema dell'efficienza energetica degli edifici**, a partire da progettisti ed installatori, per arrivare agli operatori industriali, ai ricercatori, ai *policy maker* ed infine al semplice cittadino che voglia orientarsi all'interno del complesso comparto dell'efficienza energetica. Un comparto che tuttavia giocherà un ruolo sempre più importante nel futuro energetico ed ambientale del nostro Paese e del mondo intero.

⁵ Le ESCo (o Società di Servizi Energetici) sono definite dal Decreto Legislativo n. 115 del 30 Maggio 2008 "Efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici - Attuazione della Direttiva 2006/32/CE" come una "[...] persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici e/o altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa [totalmente o parzialmente] sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti".

Figura 1.14

Le principali soluzioni per la riduzione della dipendenza dall'approvvigionamento a parità di consumi considerate nel Rapporto



2. LA NORMATIVA

Affrontare il tema della normativa sull'efficienza energetica è quanto mai complesso, considerando che – come discuteremo nel CAPITOLO 3 – le soluzioni a disposizione ed appartenenti a settori anche merceologici completamente differenti sono tali e tante da rendere praticamente impossibile offrirne un quadro esaustivo. Si pensi – tanto per citare alcuni esempi estremi – agli elettrodomestici, che soggiacciono alla normativa dedicata alle apparecchiature elettriche di uso domestico, ed ai materiali da costruzione, che invece hanno a riferimento le norme per le costruzioni in edilizia, oppure ancora agli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, che rientrano nell'ambito di riferimento del Decreto Rinnovabili e/o del Quarto Conto Energia, che tanto dibattito hanno suscitato nel corso del 2011.

Si è dovuto quindi scegliere **un taglio di presentazione che fosse il più possibile funzionale all'obiettivo di comprendere se e come l'impianto normativo italiano** – sia riguardo ai processi di autorizzazione/obblighi di adozione di determinate soluzioni che riguardo ai meccanismi di incentivazione – **fosse coerente con il rispetto degli obiettivi europei del cosiddetto “pacchetto 20-20-20”** (SI VEDA IL CAPITOLO 1). A questo scopo:

- si sono trattate separatamente le normative **relative agli obblighi di riduzione dei consumi e quelle aventi ad oggetto la produzione di energia da fonti rinnovabili**, che nell'accezione vista nel CAPITOLO 1 del presente Rapporto invece “normano” la riduzione della dipendenza dell'edificio dall'approvvigionamento di energia elettrica o di combustibile (gas naturale) utilizzato per la produzione di energia termica, a parità di consumi;
- si sono distinti, all'interno delle prime, i **provvedimenti “fondanti”**, ovvero quelli il cui obiettivo è di costituire l'ossatura del sistema normativo relativo all'efficienza energetica, rispetto a **quelli di natura “operativa”**, altrettanto indispensabili per tradurre in pratica le intenzioni del legislatore,

ma **rispetto ai quali** – come si vedrà meglio più avanti nel PARAGRAFO 2.1.2 – **il sistema italiano mostra con evidenza grandi difficoltà**;

- si sono affrontati, da ultimo, i **meccanismi di incentivazione specificamente dedicati all'efficienza energetica (intesa in senso stretto con il contenimento dei consumi di energia)**, con una particolare attenzione, anche in questo caso, a comprendere le problematiche che gli operatori lamentano soprattutto nelle procedure applicative, oltre che a investigare l'efficacia dello schema generale di incentivazione in termini di impatto economico sulle scelte dei clienti.

Il quadro che ne esce, come più volte è capitato nei nostri Rapporti di dover mettere in evidenza, è quello di **una realtà – quella italiana – che si distingue spesso in fase iniziale per essere precursore di tendenze che si affermano e consolidano solo più tardi a livello europeo, e pur allo stesso tempo incapace** – quando invece l'evoluzione del tema richiederebbe un procedere più spedito ed un rapido adattamento alle mutate condizioni di contesto – **di “mantenere il passo”, incagliandosi nei mille rivoli delle procedure applicative e nell'estrema varietà dei recepimenti (spesso vere e proprie riscritture) a livello locale degli intendimenti generali.**

2.1 Gli obblighi normativi sulla riduzione dei consumi

2.1.1 I principi cardine ed i principali provvedimenti legislativi

Mentre all'interno dell'Europa stava lentamente salendo alla ribalta il tema della riduzione dei consumi energetici come uno dei temi su cui concentrare l'azione legislativa¹, **l'Italia** – che già nel 1976 (sulla spinta delle varie crisi energetiche verificatesi a metà degli anni Settanta) era stato il **primo Paese ad in-**

¹ La crisi petrolifera del 1973 rivelò la debolezza delle politiche energetiche vigenti nei Paesi europei, che fino a quel momento avevano prevalentemente carattere nazionale, e la necessità di trasferire parte della sovranità alle istituzioni europee in tema di energia. Il primo atto congiunturale sull'energia, adottato dall'Unione Europea a valle di tale crisi, fu la Risoluzione del Consiglio Europeo del 1974, denominata “Una nuova strategia per la politica energetica della comunità. Obiettivi dal 1975-1985”, seguita nel 1985 (dopo il secondo shock petrolifero del 1979) dalla Risoluzione “Linee direttrici per le politiche energetiche degli Stati membri. Obiettivi dal 1985-1995”, che si pone, tra gli altri, l'obiettivo di riduzione della curva dei consumi energetici.

trovare il concetto di isolamento termico minimo necessario², con l'obiettivo di ridurre i consumi energetici degli edifici – si pone all'avanguardia su scala internazionale con l'emanazione della Legge n. 10 del 1991 avente per oggetto “Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”.

Molte sono le “novità” introdotte allora dalla Legge appena citata:

- **con due anni di anticipo rispetto alla Direttiva Comunitaria 1993/76/CE**, volta a limitare le emissioni di anidride carbonica ed a migliorare l'efficienza energetica degli edifici, **viene introdotto il principio della certificazione energetica degli edifici**, come strumento di controllo della “qualità” del patrimonio edilizio del nostro Paese;
- viene introdotto **l'obbligo per le Province e i Comuni con più di 40.000 abitanti di effettuare controlli periodici, atti a verificare l'osservanza delle norme sul rendimento di combustione degli impianti termici**. Anche in questo caso giova osservare che l'intento, esplicitamente citato dal legislatore, sia quello di controllare i consumi connessi al riscaldamento degli edifici;
- viene stabilito, **in linea di principio, l'obbligo per gli edifici pubblici e privati di essere progettati e messi in opera in modo tale da contenere al massimo i consumi di energia termica ed elettrica, sfruttando quanto messo a disposizione dal progresso tecnologico. In altre parole, si precorre**, anche se non lo si nomina ovviamente in questo modo, **il principio delle *best available technologies* (BAT)**, ovvero dell'impiego delle soluzioni tecnologiche “migliori” fra quelle sul mercato, che tanta diffusione ha oggi nelle normative di rispetto ambientale e contenimento delle emissioni e dei consumi³;
- viene stabilito che **gli impianti di riscaldamento al servizio di edifici di nuova costruzione debbano essere progettati e realizzati in modo tale da consentire l'adozione di sistemi di termoregolazione e di contabilizzazione del calore per**

ogni singola unità immobiliare. Per gli edifici esistenti, inoltre, si derubrica da intervento “straordinario” (che quindi richiede l'unanimità degli aventi diritto) ad intervento “ordinario” (e quindi deciso a maggioranza semplice nelle assemblee di condominio) l'adozione di sistemi di termoregolazione e di contabilizzazione del calore.

Sempre la Legge n. 10 del 1991 assegna alla Pubblica Amministrazione un ruolo prioritario per la diffusione delle fonti rinnovabili di energia o assimilate, mettendo in capo ad essa l'obbligo di soddisfare il fabbisogno energetico degli edifici di cui è proprietaria ricorrendo anche alle fonti menzionate, salvo impedimenti di natura tecnica o economica.

Oltre dieci anni più tardi, arriva il primo atto di indirizzo di un qualche rilievo da parte del Parlamento Europeo, che il 16 Dicembre 2002 emana la Direttiva 2002/91/CE, sul rendimento energetico nell'edilizia, denominata “Energy Performance Building Directive” (EPBD).

La Direttiva, con l'obiettivo ultimo di instaurare un sistema diffuso di certificazione energetica degli edifici sul territorio europeo e di favorire la presenza di edifici “a basso impatto energetico”, impone **agli Stati membri di dotarsi di un apparato legislativo** che prevede tre elementi principali:

- lo sviluppo di una **metodologia per il calcolo del rendimento energetico** integrato degli edifici e della conseguente **procedura per l'ottenimento della certificazione energetica**;
- l'applicazione di **requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici nuovi ed esistenti**, anche se quest'ultimi limitatamente a quelli di grande metratura⁴ e sottoposti ad interventi di ristrutturazione “pesante”;
- l'avvio di un **meccanismo di ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici**, nonché di una **perizia del complesso degli impianti termici** le cui caldaie abbiano più di quindici anni.

Vale la pena sottolineare come i principi cardine

² La Legge n. 373 del 30 Aprile del 1976 introduce per la prima volta il concetto di isolamento termico minimo necessario. Il primo aggiornamento con il Decreto Ministeriale del 10 Marzo 1977 (e quasi dieci anni più tardi con il D.M. del 30 Luglio 1986) stabilisce i valori minimi e massimi del coefficiente volumico di dispersione termica.

³ Il concetto di BAT è stato introdotto nella legislazione europea dalla Direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e controllo integrati dell'inquinamento (per i settori industriali), nota come “Direttiva IPPC” *Integrated Pollution Prevention and Control*, successivamente modificata, senza però modificarne le disposizioni di base, dalla Direttiva 2008/1/CE.

della Direttiva europea del 2002 siano un sottoinsieme di quelli che l'Italia aveva già sancito nel 1991 e quindi come non si aggiunga molto all'impianto complessivo su cui poggia (o, come si vedrà meglio più avanti, dovrebbe poggiare) il quadro normativo dell'efficienza energetica in Italia.

Nel corso del 2010, la Direttiva 2002/91/CE viene riformulata quasi interamente nella Direttiva 2010/31/CE del 19 Maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia.

La nuova Direttiva, che non a caso viene denominata "EPBD 2" (SI VEDA BOX 2.1), si pone l'ambizioso obiettivo di aumentare in maniera significativa il numero di "edifici a energia quasi zero" (o NZEB "Net Zero Energy Building")⁵ presenti sul territorio europeo. Proprio per questa ragione, la Direttiva dispone la compilazione di un Attestato di Certificazione Energetica al momento della costruzione, della compravendita o della locazione di un edificio di nuova costruzione o esistente, con una

validità massima di 10 anni. L'attestato di certificazione energetica deve raffrontare la prestazione energetica di un edificio a valori di riferimento (i cosiddetti requisiti minimi di prestazione energetica), al fine di consentire ai proprietari o locatari dell'edificio o dell'unità immobiliare di valutare – ed evidentemente di considerare nella determinazione del prezzo – anche la performance energetica dell'immobile.

La Direttiva auspica infine che gli Stati membri provvedano alla istituzione di sistemi di controllo indipendenti per il rilascio di tali attestati, così come per i rapporti di ispezione degli impianti di riscaldamento e condizionamento d'aria.

L'introduzione del principio di "edificio a energia quasi zero" come punto di arrivo dell'impianto normativo, nonché l'enfasi data alla certificazione energetica, rappresentano due importanti novità cui il quadro normativo dei diversi Stati membri, e quindi anche dell'Italia, dovrà adeguarsi.

Box 2.1

La Direttiva 2010/31/CE "Energy Performance Building Directive 2"

Il 19 Maggio 2010 l'Unione Europea ha emanato la Direttiva 2010/31/CE, che ha rivisto e abrogato la Direttiva 2002/91/CE.

Le tempistiche di recepimento della Direttiva fissano al 9 Luglio 2012 l'obbligo di adozione e pubblicazione delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative e al periodo tra Gennaio e Luglio 2013 l'obbligo di appli-

cazione delle disposizioni riguardanti la metodologia di calcolo, la certificazione della prestazione energetica, il sistema di controllo indipendente, i requisiti di prestazione energetica e le ispezioni di caldaie e impianti di condizionamento d'aria.

I principi chiave di questa nuova versione della Direttiva EPBD sono riportati nella TABELLA 2.1.

Tabella 2.1

I principi chiave della Direttiva EPBD 2

Principio	Contenuto
Metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici	Il concetto di prestazione energetica di un edificio viene definito come la quantità di energia, calcolata o misurata, necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico connesso ad un uso normale dell'edificio, compresa, in particolare, l'energia utilizzata per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda e l'illuminazione. Gli Stati membri dovranno adottare, a livello nazionale o regionale, una metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici che tenga conto di determinati aspetti che, coerentemente con quanto proposto nella definizione, vanno dalle caratteristiche impiantistiche a quelle progettuali degli spazi e delle "luci" ed alla presenza o meno di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili.

⁴ Superiore ai 1.000 m².

⁵ La Direttiva 2010/31/CE definisce questi edifici come (Art. 2) "[...] edificio ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze".

Fissazione di requisiti minimi in materia di prestazione energetica	<p>Gli Stati membri dovranno fissare, in conformità alla citata metodologia di calcolo, i requisiti minimi di prestazione energetica in modo da conseguire livelli ottimali in funzione dei costi. I requisiti minimi di prestazione energetica sono riveduti ogni cinque anni.</p> <p>Nel fissare i requisiti minimi, gli Stati membri possono distinguere tra gli edifici già esistenti e quelli di nuova costruzione, nonché tra diverse tipologie edilizie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • gli edifici nuovi dovranno rispettare i requisiti e, prima dell'inizio dei lavori di costruzione, essere sottoposti ad una valutazione sulla fattibilità relativa all'installazione di sistemi di fornitura di energia da fonti rinnovabili, pompe di calore, sistemi di teleriscaldamento o teleraffrescamento urbano o collettivo e sistemi di cogenerazione. • gli edifici esistenti, destinati a subire ristrutturazioni importanti, dovranno beneficiare di un miglioramento della loro prestazione energetica in modo da poter soddisfare i requisiti minimi. <p>In caso di nuova installazione, sostituzione o miglioramento, i sistemi tecnici per l'edilizia, quali gli impianti di riscaldamento, gli impianti di produzione di acqua calda, gli impianti di condizionamento d'aria e i grandi impianti di ventilazione, e gli elementi dell'involucro edilizio devono anch'essi rispettare i requisiti in materia di prestazione energetica.</p>
Edifici a energia quasi zero	<p>La Direttiva stabilisce che gli Stati provvedano affinché a partire dal 1° Gennaio 2021 tutti gli edifici di nuova costruzione siano "edifici a energia prossima allo zero", in cui il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo sia coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa quella prodotta in loco o nelle vicinanze. Gli stessi requisiti, ma a partire dal 1° Gennaio 2019, vengono applicati per i nuovi edifici pubblici. La Commissione promuove l'incremento degli edifici di questo tipo tramite l'attuazione di piani nazionali, che comprendano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'indicazione del modo in cui lo Stato membro applica la definizione di edifici a energia quasi zero; • gli obiettivi intermedi di miglioramento della prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione entro il 2015; • informazioni sulle politiche e sulle misure finanziarie o di altro tipo adottate per promuovere il miglioramento della prestazione energetica degli edifici.
Sistema di certificazione della prestazione energetica	<p>Gli Stati membri dovranno adottare un sistema di certificazione energetica degli edifici. L'attestato può comprendere informazioni sul consumo energetico degli edifici, nonché delle raccomandazioni per il miglioramento in funzione dei costi. Il certificato energetico obbligatorio avrà una validità massima di 10 anni, ed andrà allegato nei casi di edifici di nuova edificazione ma anche nei casi di vendita e locazione. Un'altra novità importante è l'obbligatorietà di inserire l'indicatore di prestazione energetica anche negli annunci commerciali di vendita. Per gli edifici in cui una metratura utile totale di oltre 500 m² è occupata da enti pubblici e per gli edifici con una superficie totale di oltre 500 m² abitualmente frequentati dal pubblico, l'attestato di prestazione energetica va affisso in un luogo chiaramente visibile per il pubblico (il 9 Luglio 2015 tale soglia sarà abbassata a 250 m²).</p>
Sistema di controllo ed esperti indipendenti	<p>Il recepimento della Direttiva prevede che la certificazione sia effettuata in maniera indipendente e da esperti accreditati che dovranno risultare in elenchi periodicamente aggiornati e messi a disposizione del pubblico.</p>

Il recente dettato normativo a livello europeo, unito a quello già esistente, appare **estremamente chiaro nel definire un percorso per l'efficienza energetica al 2020, che si basa su quattro principi cardine:**

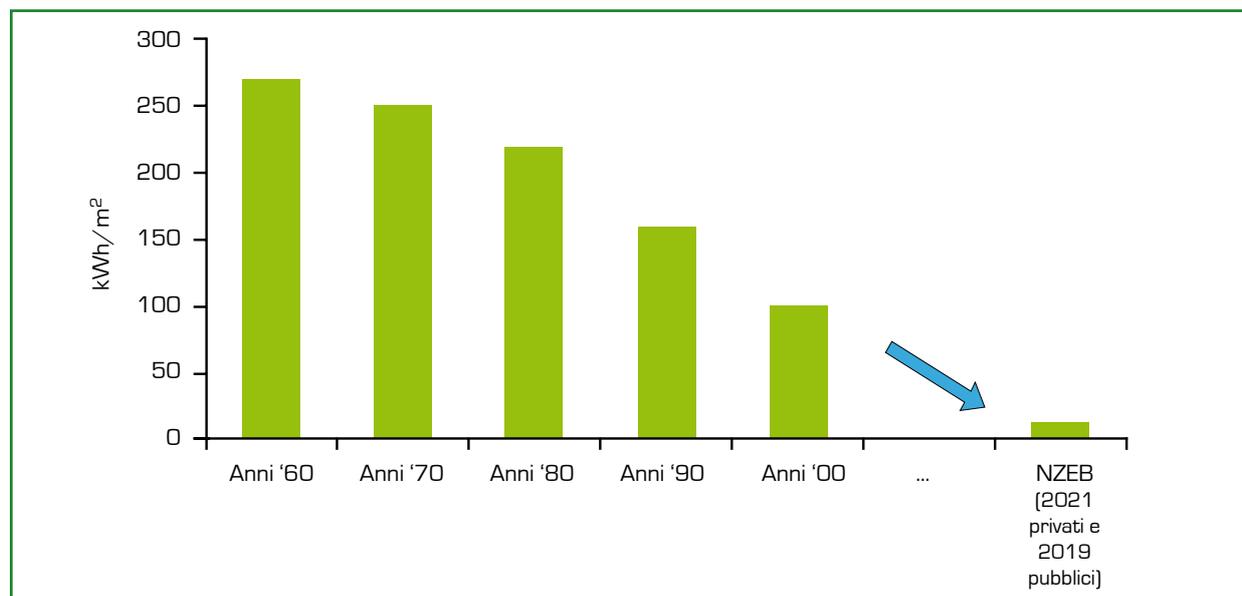
- **lo sviluppo – come prerequisito indispensabile – di una metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici** quanto più possibile **oggettiva, univocamente definita ed oggetto di applicazione da parte di professionalità**

adeguatamente formate e certificate;

- **la presenza di un sistema di monitoraggio pressoché continuo delle prestazioni energetiche del patrimonio edilizio**, sia esistente che di nuova realizzazione, attraverso il controllo periodico degli impianti termici, ma anche soprattutto l'obbligo di certificazione energetica ad ogni "passaggio" (locazione o compravendita) della vita dell'edificio;
- la progressiva introduzione di **obblighi di incre-**

Figura 2.1

Evoluzione temporale del fabbisogno annuo medio di energia per riscaldamento negli edifici di nuova costruzione



mento della prestazione energetica degli edifici, connessi al normale scorrere del tempo per gli edifici di nuova costruzione (si veda la FIGURA 2.1 per l'evoluzione temporale dei consumi medi degli edifici) oppure a momenti di discontinuità legati ad interventi di manutenzione straordinaria per gli edifici esistenti;

- **lo sviluppo di una coscienza dell'efficienza energetica come componente di "valore" dell'immobile.** In questo senso, al di là della traduzione monetaria del risparmio energetico consentito da tecnologie efficienti, e di cui si discuterà ampiamente nel CAPITOLO 3, appare chiaro il disegno di "forzare" la transizione del patrimonio edilizio esistente verso l'efficienza energetica sfruttando ad ogni "passaggio" (locazione o compravendita appunto) l'effetto premiante di interventi di efficientamento, siano essi impiantistici o di involucro.

In linea di principio – e l'espressione appare qui particolarmente adatta – **il percorso tracciato appare coerente con l'obiettivo e soprattutto internamente consistente.** Il problema, di cui si tratterà diffusamente nel prossimo paragrafo, è che proprio tale "coerenza" è anche il principale rischio cui può andare incontro. In altre parole, **il sistema normativo può funzionare adeguatamente solo se tutti e quattro i "cardini" visti sopra sono adeguatamente sviluppati e tradotti in norme di pratica attuazione.** Se essi vengono invece sviluppati in maniera indipendente e/o con "velocità" differenti,

l'effetto che si rischia di ottenere è quanto mai lontano dal (per non dire l'opposto del) principio di fondo che li ha ispirati.

2.1.2 I decreti attuativi e le procedure di applicazione

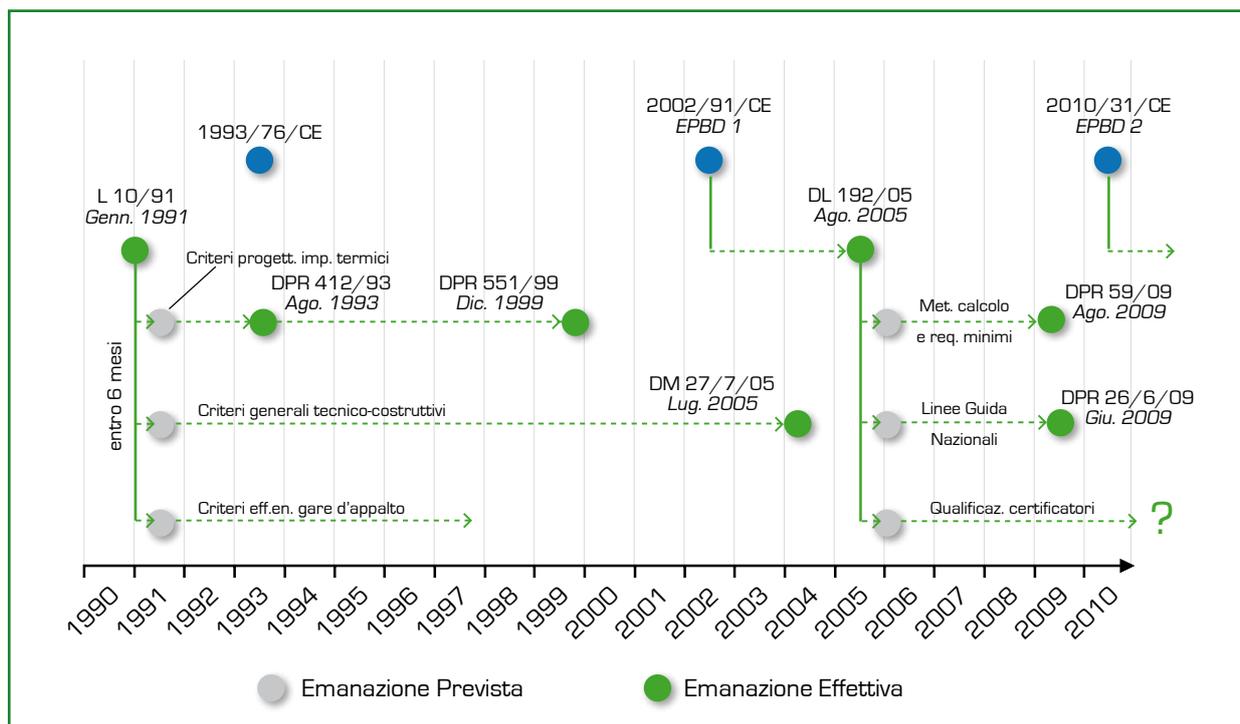
Nel paragrafo precedente si sono discussi i principi guida che sottendono allo sviluppo delle norme di efficienza energetica nel nostro Paese. Obiettivo di questo paragrafo è quello di analizzare, invece, quanto di quei principi sia stato effettivamente tradotto in pratica e quanto rimanga ancora da fare.

Per avere un'idea, ancorché sommaria, di quanto sia diverso il quadro che appare se si osserva lo stato dei decreti attuativi e delle procedure di applicazione delle norme sull'efficienza energetica in Italia è sufficiente prendere in esame la FIGURA 2.2, **che raffronta lo scenario atteso – conseguenza di quanto stabilito nei provvedimenti "fondanti" discussi in precedenza – con quello invece concretamente realizzatosi.**

I ritardi e le "mancanze" sono più che evidenti, ma ovviamente meritano di essere investigati più nel dettaglio, così come particolare attenzione deve essere rivolta a quei provvedimenti che, invece, sono stati emanati e che quindi "traducono in pratica" i principi ispiratori della normativa italiana sull'efficienza energetica.

Figura 2.2

Quadro temporale della normativa italiana sulla riduzione dei consumi degli edifici



Il principale strumento attuativo della Legge n. 10 del 1991 arriva due anni più tardi con il Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26 Agosto 1993 “Regolamento recante norme per la progettazione, l’installazione, l’esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi d’energia, in attuazione all’articolo 4 comma 4 della legge 10/1991”.

Il Decreto, che è stato poi modificato ed integrato dal D.P.R. n. 551⁶ del 21 Dicembre 1999, **definisce il concetto di Fabbisogno di Energia Primaria (FEP), ossia la quantità di energia da destinare all’impianto di riscaldamento**, che permetta di mantenere una temperatura costante di 20 °C negli ambienti riscaldati. **La modalità di calcolo identificata si basa principalmente su una suddivisione del territorio italiano in sei zone climatiche** (SI VEDA IL BOX 2.2) cui si fa corrispondere un profilo “standard” delle temperature esterne ed un conseguente periodo e durata giornaliera di attivazione degli impianti di riscaldamento. **Oltre al criterio geografico, il Decreto introduce una classificazione degli edifici in otto differenti categorie, a**

seconda della destinazione d’uso (distinguendo ad esempio fra edifici adibiti a residenza e assimilabili (definiti con la sigla E1) ed edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili (E8)), cui corrisponde l’indicazione della temperatura massima interna consentita, che è ad esempio di 20 °C (più 2 °C di tolleranza) per gli edifici adibiti a residenza e 18 °C (più 2 °C di tolleranza) per quelli adibiti ad attività industriali ed artigianali.

Se il primo obiettivo del Decreto è chiarire il concetto di FEP espresso nella Legge n. 10 del 1991, ad esso si deve anche la definizione del valore limite di rendimento per gli impianti termici ed i generatori di calore ad acqua ed aria calda e l’avvio del meccanismo di verifica periodica annuale che ancora oggi li caratterizza. Sebbene i valori limite identificati allora (pari ad esempio a $83 + 2 \log P_n$ ⁷, espresso in percentuale, per i generatori di calore ad aria calda con potenza termica utile nominale non superiore a 400 kW) siano ad oggi largamente superati dall’avanzamento della tecnologia (SI VEDA IL CAPITOLO 3), è opportuno sottolineare come la “messa in pratica” del principio del controllo del

⁶ D.P.R. n. 551 del 21 Dicembre 1999, “Regolamento recante modifiche al Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26 Agosto 1993, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia”.

⁷ $\log P_n$ indica il logaritmo in base 10 della potenza nominale, espressa in kW.

Box 2.2**Le zone climatiche italiane**

La classificazione climatica dei Comuni italiani è stata introdotta dal D.P.R. n. 412 del 26 Agosto 1993, allegato A. Gli oltre 8.000 Comuni sono stati suddivisi in sei zone climatiche (SI VEDA FIGURA 2.3), in base al valore dei “gradi giorno” annuali, ossia la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell’ambiente, convenzionalmente fissata a

20 °C, e la temperatura media esterna giornaliera.

Ad ogni zona climatica corrisponde la durata giornaliera di attivazione e il periodo annuale di accensione degli impianti di riscaldamento secondo lo schema riportato in TABELLA 2.2 e che prevede quindi un minimo di 630 ore anno ad un massimo di 2.562 ore anno di funzionamento (escludendo, ovviamente, la zona non soggetta a limitazioni).

Figura 2.3**Ripartizione in zone dei Comuni italiani in base ai “gradi giorno” annuali****Tabella 2.2****Vincoli di accensione degli impianti di riscaldamento in base alla zona climatica**

Zona climatica	Periodo di accensione	Orario consentito
A	1 Dicembre - 15 Marzo	6 ore giornaliere
B	1 Dicembre - 31 Marzo	8 ore giornaliere
C	15 Novembre - 31 Marzo	10 ore giornaliere
D	1 Novembre - 15 Aprile	12 ore giornaliere
E	15 Ottobre - 15 Aprile	14 ore giornaliere
F	Nessuna limitazione	Nessuna limitazione

fabbisogno energetico sia qui avvenuta agendo sia sulla metodologia di calcolo che sulla verifica periodica e la definizione di valori ammissibili di riferimento, ovvero proprio con quegli strumenti

“virtuosi” di cui si è discusso al termine del paragrafo precedente.

Purtroppo però, l’attuazione virtuosa dei dettami

della Legge n. 10 del 1991 si è sostanzialmente arrestata con il provvedimento appena visto e che si concentra quasi esclusivamente sul fabbisogno termico dell'edificio.

Per trovare, invece, i primi provvedimenti “pratici” relativi al tema della certificazione energetica bisogna attendere quasi quattordici anni e – soprattutto – l'avvento della Direttiva CE del 2002. Il “vantaggio” tutto italiano di aver precorso i tempi dal punto di vista del quadro normativo si è poi “inceppato” nella fase di traduzione “pratica”.

Il sistema normativo, infatti, riparte solo con il Decreto di recepimento della Direttiva Comunitaria 2002/91/CE, ossia il **Decreto Legislativo n. 192 del 19 Agosto 2005** “Attuazione della Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio sul rendimento energetico nell'edilizia”, **successivamente modificato con l'emanazione del Decreto Legislativo n. 311 del 29 Dicembre 2006** “Disposizioni correttive ed integrative al Decreto Legislativo 19 Agosto 2005, n. 192”.

Il Decreto Legislativo 192/2005 prevedeva entro centoventi giorni (centottanta per le Linee Guida) dall'entrata in vigore l'emanazione di diversi provvedimenti attuativi:

- un regolamento definitivo delle metodologie di calcolo e dei requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, da applicarsi sin dalla fase di progettazione degli edifici;
- un Decreto Ministeriale per l'emanazione delle Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica degli edifici;
- un regolamento con i criteri di riconoscimento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici e le ispezioni degli impianti di climatizzazione.

Di questi tre provvedimenti:

- il primo è stato approvato solo il 2 Aprile 2009,

tre anni più tardi del previsto, con il Decreto del Presidente della Repubblica n. 59 “Rendimento energetico in edilizia - Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del D. Lgs. 192/2005”;

- le Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica sono state pubblicate con Decreto Ministeriale del 26 giugno 2009, dopo l'inizio della procedura di messa in mora per il ritardo nei confronti della Repubblica Italiana da parte dell'Unione Europea⁸;
- l'accreditamento dei certificatori, infine, in assenza di una linea guida nazionale⁹, ha fatto sì che il panorama regionale si sia molto diversificato, e che ciò sia costato all'Italia, come si vedrà meglio più avanti, nel Settembre del 2011 l'invio di un parere motivato della Commissione dell'Unione Europea che ha chiesto formalmente al nostro Paese di conformarsi all'integralità delle norme europee in materia di rendimento energetico dell'edilizia¹⁰.

Prima di entrare nel dettaglio dell'analisi, giova ricordare che la nuova Direttiva 2010/31/CE (la cosiddetta “EPBD 2” che contiene, tra l'altro, il riferimento agli “edifici a energia quasi zero”) **non è ancora stata recepita dall'Italia**, così come dagli altri Paesi europei che hanno tempo fino a Luglio 2012 per “farla propria” a livello nazionale.

La valutazione della prestazione energetica degli edifici

Secondo quanto previsto dalle norme italiane, la valutazione della prestazione energetica di un edificio passa attraverso la quantificazione dei flussi di energia in entrata ed in uscita dall'edificio stesso.

Le norme di riferimento – alle quali si rimanda ovviamente per un trattamento più completa – sono quelle UNI/TS 11300 (SI VEDA IL BOX 2.3) (di cui Linee Guida Nazionali del 26 Giugno 2009 dettagliano maggiormente i riferimenti nei vari casi ai fini della certificazione energetica), che si occupano in particolare di definire le condizioni di applicazione

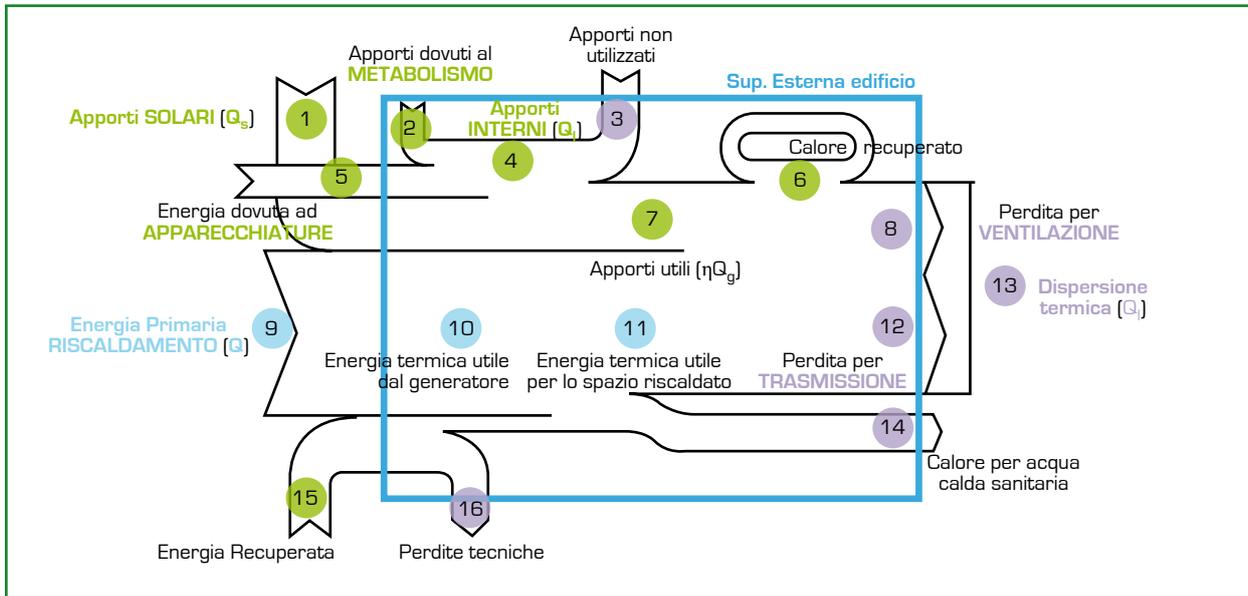
⁸ Sino all'approvazione delle Linee Guida Nazionali erano rimasti in vigore come riferimento i provvedimenti connessi alla L. 10/1991, che ovviamente – nella definizione dei limiti di prestazione energetica – erano ormai ampiamente superati dallo sviluppo commerciale di nuove tecnologie.

⁹ Ad oggi, il Decreto Legislativo n. 115 del 30 Maggio 2008 “Efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici - Attuazione della Direttiva 2006/32/CE” detta, nell'allegato 3, i requisiti per i certificatori. Resterà valido fino alla pubblicazione del Decreto del Presidente della Repubblica richiesto come attuativo dal D.Lgs. 192/2005.

¹⁰ In caso di mancato adeguamento entro due mesi dal ricevimento della diffida, la Commissione dell'Unione Europea potrà ricorrere contro l'Italia presso la Corte di Giustizia europea, ottenendo con tutta probabilità la condotta al pagamento di sanzioni che potrebbe essere anche rilevanti.

Figura 2.4

Schematizzazione dei flussi di energia riguardanti l'edificio



e le eventuali esenzioni¹¹. Il meccanismo di calcolo è piuttosto complesso e richiede di considerare tutti gli apporti di energia (compresi quelli “gratuiti” ovvero per esempio derivanti dall’irraggiamento solare

o dal normale metabolismo delle persone che abitano l’edificio) e le perdite e dispersioni che dipendono sia dalle caratteristiche di efficienza degli impianti che da quelle dell’involucro (SI VEDA FIGURA 2.4).

Box 2.3

La norma UNI/TS 11300 sulle prestazioni energetiche degli edifici

La norma UNI/TS 11300 è nata con l’obiettivo di definire una metodologia di calcolo univoca per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici. La norma è suddivisa in

quattro parti (SI VEDA LA TABELLA 2.3), solo tre delle quali sono però già approvate (ed hanno quindi valore applicativo) mentre l’ultima risulta ancora in fase di definizione.

Tabella 2.3

I diversi ambiti della norma UNI/TS 11300

Identificazione	Descrizione	Data di approvazione	Contenuti principali
UNI/TS 11300 - Parte 1	Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale	Maggio 2008	<ul style="list-style-type: none"> La specifica tecnica definisce le modalità di applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790 Viene applicato il metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica <ul style="list-style-type: none"> per riscaldamento per raffrescamento Il metodo comprende il calcolo dei seguenti termini: <ul style="list-style-type: none"> lo scambio termico per trasmissione e ventilazione; il contributo degli apporti termici interni e solari.

¹¹ A solo titolo di esempio, e rimandando al dettato delle Linee Guida Nazionali per ulteriori dettagli, è possibile citare le esenzioni previste per: (i) gli edifici di pregio storico-culturale e testimoniale individuati dalla pianificazione urbanistica, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe una alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici; (ii) i fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili; (iii) i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 m²; (iv) gli impianti installati ai fini del processo produttivo realizzato nell’edificio, anche se utilizzati, in parte non preponderante, per gli usi tipici del settore civile.

UNI/TS 11300 - Parte 2	Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria	Maggio 2008	<ul style="list-style-type: none"> • La Parte 2 consente di determinare: <ul style="list-style-type: none"> - il fabbisogno di energia utile per la preparazione dell'acqua calda sanitaria - il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari dei sottosistemi dell'impianto termico; - il rendimento dei sottosistemi dell'impianto termico e il rendimento globale medio stagionale; - il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la preparazione ACS.
UNI/TS 11300 - Parte 3	Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva	Marzo 2010	<ul style="list-style-type: none"> • La Parte 3 consente di determinare: <ul style="list-style-type: none"> - i rendimenti e i fabbisogni di energia dei sistemi di climatizzazione estiva; - i fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva.
UNI/TS 11300 - Parte 4	Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria	Bozza in fase di approvazione	<ul style="list-style-type: none"> • La Parte 4 considera i sistemi di generazione che sfruttano le fonti rinnovabili o comunque tecnologie diverse dalla combustione a fiamma. In particolare: <ul style="list-style-type: none"> - sorgenti di energia rinnovabile per la produzione di energia termica (solare termico, impianti a biomasse); - sorgenti di energia rinnovabile per la produzione di energia elettrica (fotovoltaico); - generazione con processi diversi dalla combustione a fiamma (cogenerazione, pompe di calore, teleriscaldamento).

Gli aspetti coperti dalla normativa, almeno per quanto riguarda l'individuazione di idonee metodologie di calcolo, sono molteplici e vanno dal fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale, alla produzione di acqua calda sanitaria, alla climatizzazione estiva e ventilazione e (anche se ancora in fase di approvazione) all'utilizzo di fonti rinnovabili di produzione di energia. **Sul fronte degli obblighi, tuttavia, gli unici elementi effettivamente da considerare sono quelli per il riscaldamento invernale e la produzione di acqua calda sanitaria**, ovvero ancora e solo quelli che già dal 1991 sono entrati nel nostro "DNA normativo". **Si tratta, anche a detta degli operatori, di un tipico caso di normativa "a due velocità", e che però si traduce in un sostanziale disinteresse da parte del mercato per la parte di certificazione energetica non obbligatoria.** Viene meno, in altre parole, il legame fra i quattro "cardini" del sistema che si sono discussi al termine del PARAGRAFO 2.1.1.

La situazione si complica ulteriormente, come

pur troppo spesso accade in Italia, se dal livello nazionale si passa ad analizzare quello che accade a livello regionale. Sono solo 4 le Regioni italiane (Emilia-Romagna, Liguria, Lombardia e Piemonte), cui si devono aggiungere la Provincia autonoma di Trento e quella di Bolzano, a prevedere obblighi specifici per la prestazione energetica degli edifici. I limiti imposti riguardano il valore massimo di trasmittanza termica¹² delle pareti esterne e una percentuale minima di schermatura delle superfici vetrate (che è pari al 50% in Emilia-Romagna ed al 70% in Liguria, Lombardia e Piemonte) per ridurre gli effetti del soleggiamento estivo. **Assai più desolante è il quadro delle altre Regioni, con Valle d'Aosta e Puglia che hanno stabilito, rispettivamente con la Legge Regionale n. 21/2008 e con le Leggi Regionali n. 13/2008 e 3/2009, la necessità di introdurre delle soglie per la prestazione energetica degli edifici**, ma che sono ancora in attesa di definirne i valori di riferimento; mentre in Campania e Toscana ci si è limitati a generici atti di indirizzo relativi alla promozione del rispar-

¹² La trasmittanza termica è il flusso di calore che passa attraverso una parete per m² di superficie della parete e per grado Kelvin di differenza tra la temperatura interna ad un locale e la temperatura esterna o del locale contiguo. È indicata dalla lettera 'U' e l'unità di misura è W/m²K.

mio energetico e dell'edilizia sostenibile.

La certificazione energetica degli edifici

In forza del Decreto Legislativo 192 del 2005 "Attuazione della Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio sul rendimento energetico nell'edilizia" viene introdotta anche in Italia una vera e propria carta di identità energetica dell'edificio. Tale documento, che assume il nome di "Attestato di Certificazione Energetica" (ACE), riporta come informazione chiave l'indice di prestazione energetica globale (EP_{gl}), ovvero la quantità annua di energia effettivamente consumata (o che si prevede possa essere necessaria, se si tratta di un edificio in fase di progettazione) per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso *standard* dell'edificio.

Sebbene solo nel 2009, con la citata approvazione delle Linee Guida Nazionali (che contengono anche l'indicazione delle norme tecniche di riferimento in materia di efficienza energetica in edilizia, SI VEDA IL BOX 2.4) per la certificazione energetica degli edifici, venga approvata una forma univoca a livello nazionale di tale documento – anche se il processo di allineamento a queste Linee Guida non è oggi ancora giunto totalmente a compimento –, già a partire a partire dal 1° Gennaio 2007, su tutto il territorio nazionale gli edifici di nuova costruzione devono essere dotati dell'Attestato di Certificazione Energetica. La certificazione va richiesta, a proprie spese, dall'interessato del titolo abilitativo a costruire a un soggetto certificatore. Il certificatore – in assenza di ulteriori definizioni – deve essere scelto in modo da assicurare "indipendenza ed imparzialità di giudizio" e quindi nella prassi si esclude che il progettista dell'edificio possa anche attestarne il grado di efficienza energetica.

Box 2.4

Norme tecniche di riferimento, in base a quanto riportato nel D.M. del 26/6/2009

Le Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica riportano un quadro dettagliato di riferimenti a norme tecniche ed altre normative che, nel loro insieme, ne costituiscono l'ossatura. Al fine di guidare il lettore nell'interpretazione della norma e, soprattutto, di dargli evidenza della complessità che essa sottende si riportano di seguito i principali rimandi citati nel D.M. del 26 giugno 2009.

NORME QUADRO DI RIFERIMENTO NAZIONALE:

- UNI/TS 11300 - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- UNI/TS 11300 - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- UNI/TS 11300 - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
- UNI/TS 11300 - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria

NORME PER LA DETERMINAZIONE DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO:

- UNI EN ISO 13790 Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento

NORME PER LA CARATTERIZZAZIONE DELL'INVOLUCRO:

- UNI EN ISO 6946 Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 10077-1 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti – Calcolo della trasmittanza termica – Parte 1: Generalità
- UNI EN ISO 10077-2 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo numerico per i telai
- UNI EN ISO 13786 Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termodinamiche – Metodi di calcolo
- UNI EN ISO 13789 Prestazione termica degli edifici – Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione – Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo
- UNI EN ISO 10211 Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali – Calcoli dettagliati
- UNI EN ISO 14683 Ponti termici in edilizia – Coeffi-

ciente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento

- UNI EN ISO 13788 Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale – Metodo di calcolo
- UNI EN 13363-1 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato
- UNI EN 13363-2 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato
- UNI 11235 Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde

NORME PER LA VENTILAZIONE:

- UNI 10339 Impianti aeraulici a fini di benessere – Generalità, classificazione e requisiti – Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura
- UNI EN 13779 Ventilazione degli edifici non residenziali – Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione

- UNI EN 15242 Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni

BANCHE DATI E NORME DI SUPPORTO:

- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici
- UNI 10351 Materiali da costruzione – Conduttività termica e permeabilità al vapore
- UNI 10355 Murature e solai – Valori di resistenza termica e metodo di calcolo
- UNI EN 410 Vetro per edilizia – Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate
- UNI EN 673 Vetro per edilizia – Determinazione della trasmittanza termica (valore U) – Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 7345 Isolamento termico – Grandezze fisiche e definizioni
- UNI 8065 Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile
- UNI EN 303-5 Caldaie per riscaldamento - Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale e automatica, con una potenza termica nominale fino a 300 kW - Parte 5: Terminologia, requisiti, prove e marcatura

Per quanto riguarda, invece, gli edifici esistenti, la *timeline* prevista dalle norme per l'introduzione della ACE è distribuita lungo un triennio:

- devono essere **dotati dell'Attestato di Certificazione Energetica sempre a partire dal 1° Gennaio 2007 tutti gli edifici soggetti a “ristrutturazione” o “demolizione e ricostruzione”;**
- devono essere dotati dell'Attestato di Certificazione Energetica **a partire dal 1° Luglio 2007**

(se con superficie utile superiore ai 1.000 m²), o dal 1° Luglio 2008 (anche se con superficie utile inferiore a 1.000 m², ma solo nel caso in cui sia interessato l'intero immobile), o dal 1° Luglio 2009 (in tutti gli altri casi, ovvero anche per singole unità abitative di qualsiasi dimensione di un immobile più grande), tutti gli edifici che vengono trasferiti a titolo oneroso, ovvero che sono oggetto di vendita o di locazione.

Box 2.5

Una procedura di infrazione ai danni dell'Italia scongiurata dall'emanazione del “Decreto rinnovabili”

Il legislatore, dopo aver disposto con il D. Lgs. 133/2008, relativo alla “Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legislativo n. 112 del 25 Giugno 2008, recante disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria” l'abrogazione dei commi 3 e 4 dell'art. 6 e dei commi 8 e 9 dell'art. 15 del D. Lgs. 192/2005 ovvero di quelli che prevedevano l'obbligo di allegazione dell'Attestato di Certificazione

Energetica agli atti di trasferimento a titolo oneroso (e la messa a disposizione nel caso di locazione) e le rispettive sanzioni di nullità, è stato costretto a correre ai ripari dopo che la Commissione Europea aveva fatto sentire la sua voce. In particolare, l'Unione Europea ha aperto nell'Ottobre 2006 una procedura d'infrazione che riguarda la “incompleta trasposizione della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia”. Inoltre, a seguito di richieste di aggiornamenti presentate in seno al

Parlamento europeo, la Commissione UE ha reso noto di aver confermato ed aggravato la procedura di infrazione nei confronti dell'Italia per il mancato rispetto della suddetta Direttiva, inviando all'Italia, il 25 Maggio 2009, una lettera di messa in mora per chiedere chiarimenti in merito alla cancellazione dell'obbligo di allegare il certificato di rendimento energetico agli atti di compravendita. Con il "Decreto rinnovabili" (o meglio il Decreto Legislativo n. 28 del 3 Marzo 2011 "Attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili") è infatti ritornato l'obbligo di consegna dell'ACE in tutti i rogiti d'Italia, con l'inserimento di due nuovi commi, il 2-ter e il 2-quater all'art. 6 del D.Lgs. 192/2005.

Il comma 2-quater dispone (recependo la Direttiva Europea 2010/31/CE), che a decorrere dal 1° Gennaio 2012 gli annunci commerciali di vendita di edifici o singole unità immobiliari riportino l'indice di prestazione energetica contenuto nell'ACE.

Il nuovo comma 2-ter prevede invece l'inserimento, nei contratti di compravendita o di locazione di singole unità immobiliari di "apposita clausola con la quale l'acquirente o il conduttore danno atto di aver ricevuto le informazioni e la documentazione in ordine alla certificazione energetica degli edifici". Per i contratti di locazione la disposizione si applica solo se gli edifici o i singoli enti immobiliari sono già dotati di ACE (trattasi di immobili oggetto di recente costruzione o compravendita o di interventi per i quali si è usufruito delle detrazioni fiscali del 55%).

In sostanza, la disposizione in esame dovrebbe avere un impatto solo in quelle Regioni che non si sono dotate di propri obblighi di allegazione e consegna dell'ACE. D'altra parte, dare atto di aver ricevuto "le informazioni e la documentazione inerente la certificazione energetica" equivale all'obbligo di preventiva dotazione e consegna dell'ACE. Tuttavia, non sono previste sanzioni in caso di mancata osservanza di tale disposizione.

Nonostante alcuni "svariamenti" intervenuti nel processo legislativo (si veda a questo proposito il BOX 2.5), **l'Attestato di Certificazione Energetica sembra ormai essere entrato nella "prassi" del nostro Paese.** L'attestato – valido per 10 anni¹³ a partire dalla data di emissione – prevede un modello rappresentativo "a cruscotto" delle classi (come esemplificato nel BOX 2.6) e vuole essere uno strumento informativo per l'"acquirente" (o il locatario) circa il grado di efficienza energetica dell'immobile. Gli edifici sono suddivisi in 8 classi energetiche, identificate con le lettere maiuscole dalla A, migliori prestazioni, alla G, peggiori prestazioni, più la classe A+ ad indicare l'eccellenza, ovvero il migliore indice

di prestazione energetica globale.

L'obiettivo principale è certamente quello di una sensibile riduzione dei consumi energetici, a partire dai nuovi edifici e progressivamente anche in tutto il parco esistente del nostro Paese. Inoltre, attraverso una chiara identificazione della classe di consumo delle unità immobiliari si **"spinge" a ottenere una maggiore trasparenza nel mercato immobiliare, nel quale verranno finalmente premiati gli immobili con certificazione energetica di classe superiore.** La logica con cui è stato concepito tale meccanismo – e che si è già discussa nel paragrafo precedente – è quindi quella di innescare un ciclo

Box 2.6

L'Attestato di Certificazione Energetica

Si riporta in FIGURA 2.5 l'esempio di un ACE per una abitazione in un edificio pluri-familiare in zona climatica D. Come si vede, il cruscotto mette in evidenza le prestazioni in termini di riscaldamento e ACS che concorrono alla

determinazione della classe energetica di efficienza dell'edificio, in aggiunta alle quali si riportano anche il dato puntuale sulla prestazione raffrescamento e la valutazione qualitativa sull'involucro ai fini del raffrescamento.

¹³ L'ACE deve essere aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione, edilizio e impiantistico, che modifica la prestazione energetica dell'edificio e quindi almeno nei seguenti casi: (i) ad ogni intervento migliorativo della prestazione energetica a seguito di interventi di riqualificazione che riguardino almeno il 25% della superficie esterna dell'immobile; (ii) ad ogni intervento migliorativo della prestazione energetica a seguito di interventi di riqualificazione degli impianti di climatizzazione e di produzione di acqua calda sanitaria che prevedono l'installazione di sistemi di produzione con rendimenti più alti di almeno 5 punti percentuali rispetto ai sistemi preesistenti; (iii) ad ogni intervento di ristrutturazione impiantistica o di sostituzione di componenti o apparecchi che, fermo restando il rispetto delle norme vigenti, possa ridurre la prestazione energetica dell'edificio.

Figura 2.5
Esempio di Attestato di Certificazione Energetica



virtuoso in cui sia economicamente conveniente, sia per i costruttori sia per gli acquirenti, costruire strutture sempre più efficienti energeticamente.

Vi sono tuttavia **tre grandi limiti che anche gli operatori riconoscono come particolarmente rilevanti nell'impedire il pieno sviluppo della certificazione energetica degli edifici come stru-**

mento “cardine” della normativa sull'efficienza energetica.

Il primo limite è di carattere prettamente “procedurale” e riguarda il fatto che, ancora oggi, costituiscono elementi obbligatori ai fini della certificazione e della conseguente classificazione energetica dell'edificio solo gli indici di presta-

Box 2.7

La valutazione qualitativa delle caratteristiche dell'involucro edilizio volte a contenere il fabbisogno per la climatizzazione estiva

Nella valutazione dell'indice di prestazione energetica estiva attualmente non si tiene conto dell'impianto eventualmente utilizzato per il condizionamento e quindi non si parla di energia primaria ma solo di energia richiesta dall'involucro per mantenere le condizioni di comfort estivo (26 °C). L'indicazione della qualità termica estiva dell'involucro edilizio può tuttavia essere riportata nell'Attestato di Certificazione Energetica e sono previsti due metodi per la sua valutazione qualitativa:

- **il metodo basato sulla determinazione dell'indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento ($EP_{e,inv}$):**
- con il metodo riportato nelle UNI/TS 11300 - Parte 1, si procede alla determinazione dell'indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento ($EP_{e,inv}$), espresso in kWh/m² anno, pari al rapporto tra il fabbisogno di energia termica per il raffrescamento dell'edificio (energia richiesta dall'involucro edilizio per mantenere negli ambienti interni le condizioni di comfort, non tiene conto dei rendimenti dell'impianto che fornisce il servizio e quindi non è energia primaria) e la superficie calpestabile del volume climatizzato. Si definisce la classificazione riportata in TABELLA 2.4, valida per tutte le destinazioni d'uso.

Tabella 2.4

Determinazione della prestazione qualitativa dell'involucro per il raffrescamento con il metodo basato su $EP_{e,inv}$

$EP_{e,inv}$ [kWh/m ² anno]	Prestazioni	Qualità prestazionale
$EP_{e,inv} < 10$	Ottime	I
$10 \leq EP_{e,inv} < 20$	Buone	II
$20 \leq EP_{e,inv} < 30$	Medie	III
$30 \leq EP_{e,inv} < 40$	Sufficienti	IV
$EP_{e,inv} \geq 40$	Mediocri	V

- **il metodo basato sulla determinazione di parametri qualitativi:**

nel caso di edifici esistenti con superficie utile inferiore a 1.000 m² in alternativa al metodo precedentemente descritto, è possibile fare una valutazione della qualità termica estiva dell'involucro in base alle caratteristiche dinamiche dello stesso, ossia sfasamento¹⁴ (S – espresso in ore) e attenuazione dell'onda termica¹⁵ (fa – coefficiente adimensionale). Sulla base dei valori assunti da tali parametri si definisce la classificazione riportata in TABELLA 2.5 valida per tutte le destinazioni d'uso.

Tabella 2.5

Determinazione della prestazione qualitativa dell'involucro per il raffrescamento con il metodo basato su parametri qualitativi

Sfasamento [ore]	Fattore di Attenuazione	Prestazioni	Qualità prestazionale
$S > 12$	$fa < 0,15$	Ottime	I
$12 \Rightarrow S > 10$	$0,15 \leq fa < 0,30$	Buone	II
$10 \Rightarrow S > 8$	$0,30 \leq fa < 0,40$	Medie	III
$8 \Rightarrow S > 6$	$0,40 \leq fa < 0,60$	Sufficienti	IV
$6 \Rightarrow S$	$0,60 \leq fa$	Mediocri	V

¹⁴ Lo sfasamento è il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.

¹⁵ Il fattore di attenuazione o fattore di decremento è il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie.

zione energetica per la climatizzazione invernale (EP_i) e per la produzione di acqua calda sanitaria (EP_{acs}), mentre per la climatizzazione estiva è prevista solamente una valutazione “qualitativa” dell’involucro ($EP_{e, invol}$), secondo le modalità descritte nel BOX 2.7, peraltro non obbligatoria in caso di unità abitative residenziali a superficie utile inferiore a 200 m².

L'assenza di una certificazione “a tutto tondo” del fabbisogno energetico, soprattutto se si considera che la climatizzazione estiva rappresenta una delle voci di consumo elettrico più significativo ed in forte crescita negli ultimi anni, è sintomo del fatto che il sistema normativo italiano è ancora pervicacemente ancorato al solo calcolo del fabbisogno termico istituito con la Legge n. 10 del 1991 e non è stato in grado di seguire l'evoluzione che nel frattempo ha interessato invece il resto d'Europa.

Il secondo limite, ancora più rilevante, in quanto può rappresentare una minaccia alla “credibilità” complessiva dell'Attestato di Certificazione Energetica, riguarda la procedura di rilascio dello stesso, in quanto:

- **non esiste ancora il terzo provvedimento di attuazione** previsto dal D. Lgs. 192/2005, che definisce i **requisiti professionali e i criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione ed indipendenza degli esperti o degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti**. In assenza di tale provvedimento, si applicano i criteri di base della “competenza specifica” e della “assenza di conflitti di interesse”, così come definiti nel D. Lgs. 115/2008¹⁶;
- è prevista, in palese difformità rispetto a quanto prevedono le Direttive europee in materia, la possibilità per i proprietari di tutti gli edifici di superficie utile inferiore o uguale a **1.000 m² di autocertificare l'edificio assegnandogli la classe G**, ed in pratica escludendo ogni possibilità di valutazione. Va sottolineato tuttavia come l'autocertificazione sia esclusa dai regolamenti regionali di Emilia-Romagna, Liguria, Lombardia e Piemonte;
- **l'assenza di “certezza” nel meccanismo di certificazione e la presenza di una “scappatoia”**

(in molti casi giustificata dai proprietari – e dagli acquirenti stessi – con la necessità di sveltire le pratiche e risparmiare i costi della certificazione) **riduce significativamente il valore percepito sull'immobile dell'Attestato di Certificazione Energetica, ancor una volta minando uno dei “cardini” del sistema normativo. Non è un caso che questi problemi procedurali**, ed in particolare quello relativo all'autocertificazione, **siano stati oggetto nel Settembre 2011 di un provvedimento di diffida da parte della Commissione Europea**. Già nel Novembre dello scorso anno la Commissione aveva informato l'Italia circa l'inosservanza della Direttiva 2002/91/CE, soprattutto sul fatto che gli attestati di rendimento energetico siano rilasciati solo da esperti qualificati indipendenti, sia per tutti gli edifici nuovi che per quelli già esistenti. Entro due mesi dal ricevimento della diffida, e quindi entro la fine dell'anno 2011, l'Italia dovrà prevedere idonei correttivi alla propria legislazione. In caso contrario, vi è il rischio che la Commissione ricorra alla Corte di Giustizia dell'Unione Europea per l'ingiunzione di sanzioni economiche.

Il terzo limite, tipicamente italiano, è la presenza di difformità estremamente significative (e già ricordate più volte in precedenza) fra le diverse Regioni. A causa del ritardo nella pubblicazione delle Linee Guida Nazionali – giunte nel 2009 ma su una Legge del 2005 che prevedeva l'introduzione dell'Attestato di Certificazione Energetica dal 2007 – alcune Regioni (in particolare Emilia Romagna, Lombardia, Liguria, Piemonte e Provincia Autonoma di Bolzano) hanno adottato **schemi propri, in alcuni casi anche significativamente differenti da quelli poi definiti a livello nazionale**. Particolarmente evidente è la differenza con il caso della Provincia Autonoma di Bolzano, che ha sviluppato un proprio modello di certificazione e dato vita ad una agenzia competente ed indipendente (quindi pienamente rispondente ai criteri della Direttiva Europea 2002/91/CE), le cui caratteristiche sono discusse nel BOX 2.8.

Il caso di Bolzano è indubbiamente un caso “virtuoso”, ma il panorama italiano è decisamente più varie-

¹⁶ In particolare in merito al conflitto di interessi il Decreto precisa al punto 2 comma 3 dell'allegato 3 che “Ai fini di assicurare l'indipendenza ed imparzialità di giudizio i tecnici abilitati all'atto della sottoscrizione dell'attestato di certificazione energetica dichiarano: (i) nel caso di certificazione di edifici di nuova costruzione, l'assenza di conflitto di interessi, tra l'altro espressa attraverso il non coinvolgimento diretto o indiretto nel processo di progettazione e realizzazione dell'edificio da certificare o con i produttori dei materiali e dei componenti in esso incorporati, nonché rispetto ai vantaggi che possano derivarne al richiedente; (ii) nel caso di certificazione di edifici esistenti, l'assenza di conflitto di interessi, ovvero di non coinvolgimento diretto o indiretto con i produttori dei materiali e dei componenti in esso incorporati, nonché rispetto ai vantaggi che possano derivarne al richiedente [...]”.

Box 2.8**La certificazione CasaClima nella Provincia Autonoma di Bolzano**

Nella Provincia Autonoma di Bolzano, la struttura competente in materia di certificazione energetica è l'Agenzia CasaClima, nata nel 2006 e di proprietà della stessa Provincia. CasaClima è l'ente unico designato per la certificazione energetica degli edifici nella Provincia, anche se fornisce un servizio di certificazione anche al di fuori del territorio provinciale nella forma di applicazione volontaria.

La filosofia di CasaClima privilegia la qualità della costruzione in quanto tale e mira a certificare un edificio da un punto di vista ambientale, ancora prima che energetico. In questo senso, si premiano gli edifici con migliori performance in termini di isolamento, nonché di buona gestione degli apporti e dei flussi di calore che derivano dalle condizioni "naturali" in cui sono posti.

La certificazione energetica CasaClima classifica gli edifici in base:

- all'efficienza energetica dell'involucro (sulla base del fabbisogno energetico per il riscaldamento, come da TABELLA 2.6), valida ai fini dell'individuazione della classe energetica dell'edificio (SI VEDA FIGURA 2.6);
- all'efficienza complessiva (dell'involucro con tutti gli

impianti e l'indicazione delle emissioni di CO₂, come da TABELLA 2.7);

- alla sostenibilità ambientale (CasaClima Più / CasaClima Nature). La certificazione "CasaClima Più", in particolare, viene attribuita ad edifici che presentano bassi fabbisogni di energia termica e che sono realizzati utilizzando materiali e tecnologie ecocompatibili. Per l'attribuzione di tale contrassegno, l'edificio deve soddisfare i seguenti criteri: (i) fabbisogno termico per il riscaldamento inferiore ai 50 kWh/m² anno; (ii) nessun utilizzo di fonti energetiche di origine fossile; (iii) nessun utilizzo di isolanti termici sintetici e/o contenenti fibre nocive; (iv) nessun utilizzo di pavimenti, finestre e porte in PVC; (v) nessun utilizzo per gli ambienti chiusi di impregnanti chimici per il legno, di colori e vernici contenenti solventi; (vi) nessun utilizzo di legno tropicale.

Dal 7 Maggio 2011, tutti gli edifici di nuova costruzione nella Provincia Autonoma di Bolzano – ad esclusione degli edifici agricoli, industriali e per il commercio all'ingrosso – devono avere un fabbisogno energetico annuo pari o inferiore a quello della classe B del certificato CasaClima¹⁷.

Tabella 2.6

Classificazione CasaClima dell'efficienza energetica dell'involucro

Classe d'efficienza dell'involucro	Fabbisogno di energia termica dell'edificio per climatizzazione invernale [kWh/m ² anno]
Gold	<= 10
A	<= 30
B	<= 50
C	<= 70
D	<= 90
E	<= 120
F	<= 160
G	> 160

Tabella 2.7

Classificazione CasaClima dell'efficienza energetica complessiva

Classe d'efficienza complessiva dell'edificio	Indice CO ₂ -NGF [kg/m ² anno]
Gold	<= 5
A	<= 10
B	<= 20
C	<= 30
D	<= 40
E	<= 75
F	<= 100
G	> 100

¹⁷ Decreto del Presidente della Provincia n. 9 del 15 Febbraio 2011.

Figura 2.6

Esempio di certificato CasaClima



gato. In Sicilia, ad esempio, soltanto nel Marzo 2011 si è provveduto a emanare un decreto contenente le disposizioni regionali in materia di certificazione energetica degli edifici, attraverso il Decreto del Dirigente generale del Dipartimento regionale dell'Energia del 3 Marzo 2011 che detta "Disposizioni in materia di certificazione energetica degli edifici nel territorio della Regione siciliana". In Umbria, al contrario, si è introdotto l'obbligo per gli edifici pubblici (e la facoltà per quelli privati) di ottenere anche la certificazione ambientale (SI VEDA BOX 2.9).

2.2 Il quadro normativo per la generazione di energia da fonti rinnovabili

I paragrafi precedenti hanno affrontato il tema degli obblighi imposti, si potrebbe dire con varia efficacia e convinzione, dalla normativa italiana nel tentativo di ridurre il consumo di energia necessario per garantire l'utilizzo *standard* di un edificio. **In questo paragrafo**, anche se in maniera più rapida (giacchè

Box 2.9

La certificazione ambientale degli edifici

In Italia la certificazione ambientale degli edifici privati, a differenza di quella energetica, non è obbligatoria in nessuna Regione e tuttavia ha l'obiettivo di fornire un attestato della sostenibilità ambientale dell'edificio, con un approccio "*from cradle to grave*", quindi dalla progettazione fino allo smaltimento degli scarti di demolizione, prendendo in considerazione diversi fattori: dalla progettazione ecologicamente orientata, alla scelta delle materie prime, sino allo smantellamento dell'edificio e allo smaltimento dei materiali residui.

A livello europeo, è in corso di definizione il marchio Ecolabel per la certificazione ambientale degli edifici,

mentre a livello italiano sono attivi diversi marchi:

- il Protocollo Itaca, che nasce nel 2004 dal gruppo di lavoro sulla bioedilizia di ITACA (Associazione Federale delle Regioni Italiane) ed è stato identificato come strumento di certificazione energetica ambientale dalla Regione Marche e come strumento di valutazione di riferimento per il Piano Casa della Regione Piemonte, oltre ad essere variamente adottato in Basilicata, Friuli Venezia Giulia, Toscana, Umbria e Lombardia (in quest'ultimo caso per l'incentivazione economica degli edifici bioclimatici);

- la certificazione CasaClima, di cui si è già discusso nel BOX 2.8;
- il marchio SB100 (*Sustainable Building 100*) che è il sistema studiato da ANAB (Associazione Nazionale Architettura Bioecologica) ed è attualmente adottato dal Comune di Asti;
- il marchio GBC Italia – LEED; *Green Building Council* Italia è un'associazione *no-profit* promossa

dalla Società Consortile Distretto Tecnologico Trentino che si propone di introdurre la progettazione e certificazione secondo i parametri LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Tali parametri contemplano: sostenibilità del sito, gestione delle acque, energia ed atmosfera, materiali e risorse, qualità ambientale interna, innovazione nella progettazione e priorità regionale.

larga parte delle normative di incentivazione sono trattate nei nostri altri Rapporti sulle rinnovabili¹⁸), **si presenta un quadro delle norme che invece “spingono” all'utilizzo di fonti rinnovabili per la generazione di energia presso gli edifici.** L'effetto che si ottiene, e così lo si era rubricato nel CAPITOLO 1 del presente Rapporto, è quello di ridurre la dipendenza dall'approvvigionamento di energia elettrica e di combustibili fossili per la generazione di energia termica, a parità di consumi.

Anche in questo caso, **come nel paragrafo precedente, si ritrova però una costante della produzione normativa italiana: il fatto di essere inizialmente all'avanguardia (per lo meno sul fronte europeo) e poi di perdere di efficacia lungo gli anni e soprattutto nei passaggi “applicativi”.**

In anticipo su tutti gli altri Paesi europei, **l'Italia introduce con la già più volte citata Legge n. 10 del 1991 l'obbligo di soddisfare il fabbisogno energetico degli edifici pubblici, favorendo il ricorso a fonti rinnovabili di energia**, salvo impedimenti di natura tecnica o economica. **Ma i provvedimenti attuativi necessari al computo del fabbisogno energetico e alle modalità di rispetto di questo obbligo non vengono mai promulgati.**

Il D.Lgs. 311/2006, che integra e sostituisce il D.Lgs. 192/2005, ripropone l'obbligo di utilizzo delle rinnovabili, sia elettriche che termiche, negli edifici pubblici e privati. In particolare, vi si afferma che “nel caso di edifici di nuova costruzione o in occasione di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici esistenti, **l'impianto di produzione di energia termica deve essere progettato e realizzato in modo da coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria con l'utilizzo delle fonti rinnovabili. Tale limite è ridotto al 20% per gli edifici situati nei centri storici**”. Anche in questo caso però i

provvedimenti attuativi atti a fornire le modalità applicative degli obblighi, le prescrizioni minime e le caratteristiche degli impianti di produzione di energia termica ed elettrica per l'utilizzo di fonti rinnovabili non vedono mai la luce.

Tre anni più tardi, il D.P.R. 59/2009, già provvedimento attuativo del D.Lgs. 192/2005, riafferma il medesimo obbligo per l'energia termica da fonti rinnovabili, ma rimandando (con la possibilità per taluni di cogliervi una vena di ironia) la definizione delle modalità applicative, delle prescrizioni minime, e delle caratteristiche tecniche e costruttive degli impianti, **ad un successivo provvedimento, tuttora non promulgato.**

È lo stesso D.P.R. ad introdurre, però, due ulteriori vincoli:

- **l'obbligo di installazione di impianti fotovoltaici**, senza tuttavia indicarne la soglia minima, nel caso di edifici di nuova costruzione, pubblici e privati, o di ristrutturazione integrale degli esistenti;
- **la predisposizione delle opere riguardanti l'involucro e gli impianti necessari a favorire il collegamento a reti di teleriscaldamento**, nel caso di presenza ad una distanza inferiore a 1.000 m dall'edificio di tratte di rete esistente, oppure di progetti approvati nell'ambito di opportuni strumenti pianificatori.

Pare superfluo affermare che anche tali obblighi non abbiano ricevuto adeguato supporto procedurale ed applicativo.

Anche nelle recenti Finanziarie si è tentato di introdurre alcuni obblighi sulla produzione di energia da fonti rinnovabili negli edifici. **La Finanziaria 2008** introduce nel Testo Unico dell'Edilizia (D.P.R. 380/2001), ovvero il testo di riferimento su cui si basano i diversi regolamenti edilizi comunali, un

¹⁸ Cfr. Solar Energy Report ed. Aprile 2011 e Biomass Energy Report ed. Giugno 2011.

nuovo comma: “(...)A decorrere dal 1° Gennaio 2009, ai fini del rilascio del permesso di costruire, deve essere prevista, per gli edifici di nuova costruzione, l’installazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, in modo tale da garantire una produzione energetica non inferiore a 1 kW per ciascuna unità abitativa, compatibilmente con la realizzabilità tecnica dell’intervento. Per i fabbricati industriali, di estensione superficiale non inferiore a 100 m², la produzione energetica minima è di 5 kW (...)”. Il principio appare assai chiaro, ma l’entrata in vigore della norma slitta per ben due volte, prima al 1° Gennaio 2010, ed in seguito al 1° Gennaio 2011 con il Decreto Legislativo n. 194 del 30 Dicembre 2009 (il cosiddetto “Decreto Milleproroghe”). Quest’ultimo Decreto viene convertito in Legge alla fine di Febbraio del 2010, e quindi l’obbligo previsto dalla versione precedente del provvedimento (con decorrenza al 1° Gennaio 2010) rimane in realtà in vigore per due mesi, all’interno dei quali alcuni Comuni più virtuosi, che avevano già modificato i propri regolamenti edilizi, rilasciano i primi “permessi di costruire” subordinati al vincolo delle rinnovabili.

L’1 Gennaio 2011 entra effettivamente in vigore l’obbligo, anche se l’assenza di sanzioni per il mancato rispetto fa sì che siano ben pochi (per usare un eufemismo) i Comuni ad adeguare le proprie procedure di rilascio delle concessioni edilizie. Ma solo tre mesi più tardi, il “Decreto Rinnovabili” del 3 Marzo 2011 abroga la normativa esistente in tema di rinnovabili nell’edilizia e ridefinisce completamente i criteri ed i tempi di integrazione delle rinnovabili negli edifici.

In particolare:

- **relativamente alla produzione di energia termica, il Decreto stabilisce che gli impianti di produzione di tale energia devono essere progettati e realizzati in modo da coprire tramite l’energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili una percentuale fissa (50%) dei consumi previsti di acqua calda sanitaria, più una percentuale variabile calcolata sul complesso dei consumi previsti per acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento.** Le percentuali variabili, secondo la tempistica delle relative costruzioni, sono: 20% se la richiesta del titolo edilizio è presentata dal 31 Maggio 2012 al 31 Dicembre 2013; 35% se la richiesta del titolo edilizio è presentata dal 1 Gennaio 2014 al 31 Dicembre 2016; 50% se la richiesta del titolo

edilizio è rilasciato dal 1 Gennaio 2017.

- **relativamente alla produzione di energia elettrica, il Decreto stabilisce che la potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all’interno dell’edificio o nelle relative pertinenze, viene calcolata in kW di potenza (P) moltiplicati per la superficie (S) e sottoposta a coefficienti variabili (K: m²/kW) a seconda dei tempi di costruzione:**

$$P = (1/K) * S$$

dove S è la superficie in pianta dell’edificio al livello del terreno, misurata in m², e K è il coefficiente da applicare. Il coefficiente K assume i seguenti valori: 80, se la richiesta del titolo edilizio è presentata dal 31 Maggio 2012 al 31 Dicembre 2013; 65, se la richiesta del titolo edilizio è presentata dal 1 Gennaio 2014 al 31 Dicembre 2016; 50, se la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° Gennaio 2017.

In buona sostanza, dal 2012 è necessario un kW di potenza da fonte rinnovabile per ogni 80 m² di superficie in pianta, che si riducono a 50 m² dal 2017.

Entrambi gli obblighi sono incrementati del 10% qualora si tratti di edifici di proprietà pubblica. Il BOX 2.10 chiarisce, attraverso l’esempio di un edificio mono-familiare ad uso residenziale, come questi obblighi si traducano in termini pratici.

La lettura del BOX 2.10 non deve tuttavia impressionare poiché, come visto già troppe volte, **l’effettiva entrata in vigore degli obblighi dipendono dalla presenza di provvedimenti attuativi e, in seconda battuta, di meccanismi di controllo e sanzione efficaci per evitarne la mancata applicazione concreta. Al momento, anche se si tratta di provvedimenti di pochi mesi fa, di questi strumenti non vi è ancora traccia.**

Non è possibile trattare, anche sommariamente, il quadro normativo degli obblighi di produzione di energia da fonti rinnovabili senza citare, anche in questo caso, le **disuniformità presenti a livello regionale e locale. In molti casi, gli esempi appaiono, se presi singolarmente, particolarmente “virtuosi”. Se analizzati in ottica globale, tuttavia, essi non fanno altro che peggiorare il già ridotto livello di “coerenza” con cui in Italia si sono posti i “cardini” di sviluppo della normativa sull’efficienza energetica.**

L’obbligo di produzione del 50% di acqua calda sanitaria da fonti rinnovabili, quindi solare termico

Box 2.10**Il rispetto degli obblighi previsti dal Decreto Rinnovabili**

Prendendo come esempio la realizzazione nel 2012 di un nuovo edificio a Roma costituito da un unico piano di 100 m² adibito ad abitazione, essa comporterà il rispetto di alcuni vincoli sulla parte impiantistica al fine di:

- coprire il 50% della produzione di ACS, ossia il 50% di circa 3.000 kWh termici all'anno, tramite fonti rinnovabili;
- coprire il 20% dell'intero fabbisogno termico (riscaldamento, raffrescamento e ACS), pari a circa 12.000 kWh termici annui, tramite fonti rinnovabili;

- installare 1,25 kWp di potenza elettrica da fonti rinnovabili.

Si ipotizza di utilizzare le tecnologie del fotovoltaico (installando 1,5 kWp, per un investimento iniziale di circa 6.450 €) e del solare termico (installando 8 m² di collettori solari, per un investimento iniziale di circa 9.200 €, senza contare alcuna agevolazione). Considerando l'incentivazione in essere al secondo semestre 2012 sul fotovoltaico, l'investimento complessivo di 15.650 € si ripagherebbe in circa 14 anni¹⁹.

e biomasse, è stato ormai introdotto in diverse Regioni. In particolare per le nuove costruzioni, e nei casi in cui viene rinnovato l'impianto termico, esso è in vigore in Emilia-Romagna (Deliberazione Assemblea Legislativa del 4 Marzo 2008 n. 156, recentemente modificato dal Dgr 2366 del 26 Settembre 2011 che pone questa come la prima Regione a recepire l'obbligo rinnovabili contenuto nel "Decreto rinnovabili" del 3 Marzo 2011), Lombardia (Delibera n. 5773 del 31 Ottobre 2007), Liguria (Legge Regionale n. 22 del 29 Maggio 2007 su "Norme in materia di energia", dove però l'obbligo fa riferimento solo al 30%), e Provincia di Trento e – applicato per estensione anche nei casi di ristrutturazione edilizia per almeno il 20% del volume – anche in Umbria e Lazio. La Regione Piemonte è l'unica ad aver portato l'obbligo per le nuove costruzioni, e nei casi di nuova installazione degli impianti termici, al livello minimo del 60%.

L'obbligo di installazione di 1 kW di energia elettrica da solare fotovoltaico è richiesto per le nuove costruzioni e nel caso di sostituzione dell'impianto termico in Emilia-Romagna e Umbria, e nel Lazio vale anche nei casi di ristrutturazione solo parziale. Emilia-Romagna e Lombardia, infine, hanno anche recepito esplicitamente l'obbligo di allacciamento alla rete di teleriscaldamento (anche non da fonte rinnovabile) se presente entro un raggio di 1.000 m dall'edificio interessato.

Nonostante la presenza di questi obblighi, appare evidente, tuttavia, anche dall'esperienza dei cittadini delle Regioni citate oltre che agli operatori intervistati, che **l'assenza di sanzioni per il mancato rispetto e la naturale inerzia dei regolamenti**

tecnici comunali a recepire modifiche, li abbia di fatto al momento resi in parte disattesi.

2.3 Il sistema di incentivazione dell'efficienza energetica

Le soluzioni di efficienza energetica – intese in questo paragrafo nell'accezione della riduzione del consumo di energia²⁰ – **sono incentivate essenzialmente attraverso due meccanismi:**

- **i Titoli di Efficienza Energetica**, che introducono un meccanismo di mercato per rendere "liquidi" e "monetizzabili" gli effetti di risparmio energetico resi possibili dall'adozione di determinate soluzioni tecnologiche;
- **le agevolazioni fiscali**, che invece riducono l'impatto dell'investimento iniziale, permettendone anche se solo in parte un recupero ai fini fiscali,
 - **nella misura del 55% per gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici;**
 - **nella misura del 36% previste per gli interventi di ristrutturazione edilizia ed il cosiddetto "Piano Casa".**

Nel prosieguo del paragrafo, ciascuno di questi meccanismi sarà analizzato nel dettaglio, mentre i BOX 2.11 e 2.12 offrono un esempio dei numerosi bandi a livello europeo, nazionale e regionale – la cui analisi di dettaglio non è però oggetto del presente Rapporto – che ne rappresentano un interessante complemento.

¹⁹ Per dettagli sulle assunzioni tecnologiche ed economiche si rimanda al CAPITOLO 3.

²⁰ I sistemi di incentivazione per la produzione di energia da fonti rinnovabili sono ampiamente trattati nei nostri Rapporti dedicati alle fonti energetiche rinnovabili. Cfr. Solar Energy Report ed. Aprile 2011 e Biomass Energy Report ed. Giugno 2011.

Box 2.11

Il Fondo Europeo per l'Efficienza Energetica

Il 1° Luglio 2011 è stato avviato, nell'ambito del Programma energetico per la ripresa economica, il Fondo Europeo per l'Efficienza Energetica. Si tratta di un nuovo strumento di stimolo all'economia che ha la forma di un fondo di investimento triennale (si concluderà infatti nel 2014) destinato a tutti i Paesi europei. La dotazione iniziale è di circa 265 mln € ed è costituita grazie al contributo della Commissione Europea (con 125 mln €), la Banca europea per gli investimenti (con 75 mln €), Deutsche Bank (con 5 mln €) e la Cassa Depositi e Prestiti italiana (con 60 mln €). Si prevede inoltre che, grazie all'ingresso nella compagine del fondo di altre istituzioni a livello europeo, si possa arrivare ad una dotazione complessiva di circa 700-800 mln €.

Il Fondo Europeo per l'Efficienza Energetica è nato per finanziare misure di risparmio energetico negli edifici pubblici e privati, interventi con tecnologie di cogenerazione, reti di teleriscaldamento/raffreddamento, strategie di trasporto urbano "pulito", l'ammmodernamento delle infrastrutture (come l'illuminazione stradale e le *smart grid*), così come gli investimenti nelle energie sostenibili con un potenziale di innovazione e di crescita. I potenziali beneficiari sono enti pubblici, preferibilmente a livello locale e regionale, e le aziende pubbliche o private che agiscono per conto di autorità pubbliche, come ad esempio *utilities* energetiche locali, le società di servizi energetici (ESCO) a partecipazione pubblica e le aziende o fornitori di trasporto pubblico.

2.3.1 I Titoli di Efficienza Energetica

Il meccanismo italiano dei Titoli di Efficienza

Energetica ("TEE") è stata la prima esperienza al mondo di applicazione di strumenti incentivanti e di creazione di un apposito mercato di scambio

Box 2.12

Esempi di bandi locali di supporto all'efficienza energetica negli edifici

Senza pretesa di completezza, si riportano di seguito alcuni tra i più significativi bandi locali attualmente attivi, aventi per oggetto investimenti nell'ambito dell'efficienza energetica degli edifici:

- la Regione Piemonte, con il Decreto n. 160 del 25 Luglio 2011, ha istituito un bando regionale per concedere contributi a fondo perduto finalizzati alla realizzazione di "edifici a energia quasi zero". Il bando copre fino al 25% dei costi ammissibili previsti, per un contributo massimo di 200.000 € per ciascun intervento. Possono accedere al bando le persone fisiche, i soggetti pubblici, gli enti e gli organismi pubblici o privati senza scopo di lucro, ed i requisiti minimi sono posti a 15 kWh/m² anno di fabbisogno massimo ideale di energia dell'edificio per riscaldamento, 10 kWh/m² anno di fabbisogno massimo ideale di energia dell'edificio per raffrescamento e più del 50% di energia primaria prodotta da fonti energetiche rinnovabili, tramite impianti localizzati sull'edificio o sulle pertinenze dello stesso. Le risorse stanziare ammontano complessivamente

a 2.195.428,32 €, a partire dal 15 Settembre 2011 e fino all'esaurimento della dotazione finanziaria del bando;

- la Regione Lombardia, con il Decreto n. 7128 del 29 Luglio 2011, ha approvato un bando, con termine il 23 Novembre 2011, per le imprese che presentano progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale in alcuni settori strategici, tra cui vi è anche l'ambito "edilizia sostenibile", con queste linee d'intervento: sviluppo e integrazione negli immobili di microgenerazione e sistemi costruttivi termico acustici. Possono beneficiare del bando i partenariati composti alternativamente da almeno 3 PMI (Piccole e Medie Imprese), oppure almeno 2 PMI associate con almeno una Grande Impresa, oppure un Organismo di Ricerca, inclusi gli Istituti di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico (IRCCS). La dotazione finanziaria del bando è pari complessivamente a 118 mln €;
- in 4 Regioni del Sud (Campania, Calabria, Puglia e Sicilia) è stato predisposto nel corso del 2011 un bando²¹ da 20 mln € per il finanziamento con co-

²¹ Il bando è stato emanato dalla Direzione Generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica del Ministero dello Sviluppo Economico, nell'ambito del Programma Operativo Inter-regionale (POI) "Energie Rinnovabili e risparmio energetico" 2007-2013. L'avviso pubblico del Ministero dello Sviluppo Economico è stato firmato il 30 Dicembre 2010.

pertura al 100% di progetti esemplari di produzione di energia da fonti rinnovabili su edifici pubblici, in particolare impianti di cogenerazione e di trigenerazione ad alto rendimento alimentati da fonti rinnovabili, impianti solari termici anche con sistema di “solar cooling”, pompe di calore geotermiche a

bassa entalpia e impianti eolici operanti in regime di scambio sul posto. Ogni singolo progetto deve avere un costo complessivo compreso tra 300.000 € ed 1 mln €. Il Decreto Direttoriale del 16 Settembre 2011 ha approvato la graduatoria dei progetti presentati, approvandone 43 su un totale di 233 presentati.

titoli per la promozione dell'**efficienza energetica negli usi finali**. Successivamente all'introduzione in Italia, la struttura del meccanismo e della relativa regolazione attuativa sono stati oggetto di approfonditi studi ed analisi da parte della Commissione Europea, dell'Agenzia Internazionale per l'Energia e di un numero crescente di Paesi, sia europei che extra-europei (Stati Uniti, Australia, Giappone, Corea)²².

I TEE, detti anche Certificati Bianchi, sono i titoli che attestano il risparmio di energia e sono rilasciati in misura pari all'energia primaria risparmiata, ossia un TEE per ogni tep risparmiato²³.

Gli interventi di risparmio energetico sono valutati dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, la quale, in caso di valutazione positiva, richiede al Gestore del Mercato Elettrico di emettere a favore del soggetto attuatore del progetto Titoli di Efficienza Energetica corrispondenti ai risparmi certificati.

A seconda degli obiettivi di riduzione di consumo che ci si propone di conseguire con l'azione per la quale si richiedono i TEE, si distinguono tre tipologie di titoli²⁴:

- **tipo I**, che attesta il conseguimento di **risparmi di energia primaria attraverso interventi per la riduzione dei consumi finali di energia elettrica**;
- **tipo II**, che attesta il conseguimento di **risparmi di energia primaria attraverso interventi per la riduzione dei consumi di gas naturale**;
- **tipo III**, che attesta il conseguimento di **risparmi di energia primaria attraverso interventi per la riduzione dei consumi di combustibili solidi, liquidi e di altri combustibili gassosi**.

Ai fini della valutazione dei risparmi conseguibili attraverso ciascuna tipologia di intervento e dei conseguenti TEE ammissibili, si distinguono poi diversi metodi con cui rendicontare gli interventi:

- **metodi di valutazione standardizzata, i più semplici e che si applicano ai progetti anche di più piccole dimensioni (con una taglia minima di 25 tep)** e che si caratterizzano dal fatto di quantificare il risparmio specifico lordo annuo dell'intervento senza procedere a misurazioni dirette ma tramite l'utilizzo di schede standardizzate predisposte dall'AEEG, in collaborazione con l'ENEA²⁵. Il BOX 2.13 riporta un esempio di scheda relativa all'intervento di installazione di una pompa di calore elettrica per la produzione di acqua calda sanitaria in impianti residenziali;
- **metodi di valutazione analitica**, che consentono di quantificare il risparmio lordo conseguibile attraverso una tipologia di intervento, sulla base di un **algoritmo di valutazione predefinito e della misura diretta di alcuni parametri di funzionamento del sistema dopo che è stato realizzato l'intervento**. Per essere ammessi a questo tipo di valutazione, **i progetti di risparmio energetico nei primi dodici mesi di misurazione dei parametri devono comportare un risparmio non inferiore a 50 tep** (o a 100 tep nel caso di progetti i cui titolari siano distributori con più di 50.000 clienti finali);
- **metodi di valutazione a consuntivo**, che permettono di quantificare il risparmio netto conseguibile, attraverso uno o più interventi, in conformità ad un **programma di misura proposto dal soggetto titolare del progetto**, unitamente ad una descrizione del progetto medesimo approvato dal soggetto responsabile delle attività

²² In Europa, la Francia ha avviato nel 2006 un meccanismo simile, quello dei “*Certificats économie d'énergie*”, esteso ai distributori di energia elettrica, gas naturale, combustibili per uso domestico e fornitori di servizi di riscaldamento e raffrescamento. In Gran Bretagna è stato introdotto uno schema per l'efficienza energetica nel settore residenziale che richiama in parte quello italiano dei Certificati Bianchi. “*The Carbon Emissions Reduction Target (CERT)*”, avviato nel 2008, stabilisce l'obbligo in capo ai fornitori di energia di raggiungere dei target per promuovere le riduzioni di emissioni di gas serra nel settore residenziale. Non si tratta però di un meccanismo di scambio dei certificati (simile a quello esistente in Italia o in Francia), ma è prevista, piuttosto, la possibilità di scambio tra gli operatori di parte degli obblighi, previa autorizzazione dell'Autorità di regolamentazione.

²³ La soglia minima per il conseguimento del Certificato Bianco varia, in realtà, in funzione della tipologia di progetto sottoscritto, e può variare da un minimo di 25 tep annui ad un massimo di 200 tep annui.

²⁴ La distribuzione dei TEE è così ripartita: 68% del tipo I, 24% del tipo II e 8% del tipo III.

²⁵ Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.

Box 2.13

Esempio di intervento di risparmio energetico valutabile con il metodo standardizzato

La scheda standardizzata n. 27 fa riferimento alla “Installazione di pompa di calore elettrica per produzione di acqua calda sanitaria in impianti domestici nuovi ed esistenti”. La scheda permette di calcolare qual è il risparmio derivante dall’adozione della tecnologia a pompa di calore (con C.O.P. nominale superiore a 2,5²⁶) nell’ambito di riferimento in base alla zona climatica di applicazione (SI

VEDA TABELLA 2.8). Le modalità di commercializzazione dei prodotti sono tali da garantire e da rendere verificabile che il cliente finale è stato informato che la vendita dell’apparecchio è promossa usufruendo degli incentivi connessi al meccanismo nazionale dei Titoli di Efficienza Energetica, riconosciuti all’intervento secondo le seguenti percentuali: 26% di tipo I, 67% di tipo II e 7% di tipo III.

Tabella 2.8

Risparmi annui certificati dalla scheda *standard* n. 27

COP _N	Zona climatica [tep risparmiati annualmente per apparecchio]			
	A/B	C	E	D
3,5	0,111	0,107	0,106	0,094
3,4	0,109	0,105	0,104	0,092
3,3	0,107	0,103	0,102	0,09
3,2	0,105	0,101	0,1	0,088
3,1	0,103	0,009	0,097	0,086
3,0	0,101	0,096	0,095	0,083
2,9	0,099	0,094	0,092	0,081
2,8	0,096	0,091	0,089	0,077
2,7	0,093	0,088	0,087	0,074
2,6	0,09	0,085	0,083	0,071
2,5	0,087	0,082	0,08	0,068

di verifica e di certificazione dei risparmi. Per essere ammessi a questo tipo di valutazione, i **progetti a consuntivo** devono aver generato nel corso dei **primi dodici mesi** della misura un **risparmio non inferiore a 100 tep** (o a 200 tep per i grandi distributori). Al fine di facilitare la presentazione di proposte di progetto e di programma di misura a consuntivo nell’ambito della Convenzione stipulata nel Maggio del 2009 (Deliberazione 26 Maggio 2009), l’Autorità ha affidato all’ENEA il compito di definire le linee guida per l’elaborazione di queste proposte per specifiche macro-tipologie di progetto, avvalendosi dell’esperienza nell’attività di valutazione dei progetti di risparmio energetico a consuntivo svolta a supporto dell’Autorità sin dal Gennaio 2006. Gli esempi più frequenti di questi progetti sono l’installazione di impianti di cogenerazione per la fornitura di calore nell’ambito

di processi industriali, gli interventi di riduzione dei fabbisogni termici nel settore industriale (ad esempio, efficientamento delle centrali termiche e recupero di cascami termici) e gli interventi sugli usi elettrici nel settore industriale (quali efficientamento di sistemi per la refrigerazione ed applicazione di inverter).

Ad ogni TEE è connessa una remunerazione economica. Il valore originario dei TEE per gli anni 2005-2008 era stato fissato a 100 €/tep. Ma, a partire dal 2009, per tener conto dell’evoluzione dei prezzi di acquisto dell’energia da parte dei clienti finali domestici (e quindi del relativo incentivo a ridurre i consumi, si veda in proposito anche il CAPITOLO 3) l’AEEG ha introdotto con la propria Delibera EEN 36/2008 una **formula di aggiornamento automatico del valore del contributo tariffario, che ha portato alla ridefinizione dei valori come**

²⁶ Si veda il PARAGRAFO 3.1.3.2 per ulteriori informazioni.

Tabella 2.9

Evoluzione del contributo tariffario riconosciuto dall'AEEG ai TEE

Anno	Contributo Tariffario (€/tep)	Riferimenti normativi
2005 - 2008	100	Del. AEEG 219/2004; Del. AEEG 345/2007
2009	88,92	Del. EEN 36/2008; Del. EEN 01/2009
2010	92,22	Del. EEN 21/2009
2011	93,68	Del. EEN 17/2010

indicato nella TABELLA 2.9.

I TEE vengono riconosciuti attualmente per 5 anni, ad eccezione degli interventi per la cogenerazione ad alto rendimento (10 anni) e degli interventi sull'involucro edilizio (8 anni).

Il numero complessivo di TEE disponibili ed i soggetti che sono obbligati a mettere in atto gli interventi di risparmio previsti sono però determinati per legge.

All'avvio del meccanismo, il Decreto Legislativo n. 79 del 16 Marzo 1999 "Attuazione della Direttiva 1996/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica" ed il Decreto Legislativo n. 164 del 23 Maggio 2000 "Attuazione della Direttiva 1998/30/CE recante norme comuni per il mercato interno del gas naturale", prevedevano, rispettivamente, che **gli obblighi connessi al servizio di distribuzione dell'energia elettrica includesse-ro quello di perseguire l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali, e gli obblighi connessi al servizio di distribuzione del gas naturale includessero quello di perseguire l'efficienza energetica e lo sviluppo delle fonti rinnovabili.**

La definizione delle modalità e degli obiettivi proviene poi da due Decreti Ministeriali del 24 Aprile 2001, successivamente abrogati e sostituiti dai due cosiddetti "Decreti Gemelli" del 20 Luglio 2004 – "Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali di energia, ai sensi dell'art. 9, comma

1, del Decreto Legislativo n.79 del 16 Marzo 1999" e "Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali per il risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, di cui all'art. 16, comma 4, del Decreto Legislativo n. 164 del 23 Maggio 2000" – che hanno dato **avvio al vero e proprio meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica, a partire dal 1 Gennaio 2005.**

I citati Decreti Ministeriali del 20 Luglio 2004 hanno determinato gli obiettivi nazionali di miglioramento dell'efficienza energetica per il quinquennio 2005-2009. Tali obiettivi sono stati ripartiti tra i distributori di energia elettrica e il gas, sulla base del rapporto tra la quantità di energia elettrica o gas naturale distribuito dal singolo distributore e quella complessivamente distribuita sull'intero territorio nazionale, entrambe riferite all'anno 2004. La ripartizione è avvenuta solo tra distributori che servivano almeno 100.000 clienti al 31 Dicembre del 2001. Il Decreto Ministeriale del 21 Dicembre 2007 ha innalzato il valore degli obiettivi nazionali già previsti per gli anni 2008²⁷ e 2009, e ha fissato i nuovi obiettivi per il triennio successivo (2010-2012), come riportato in FIGURA 2.7.

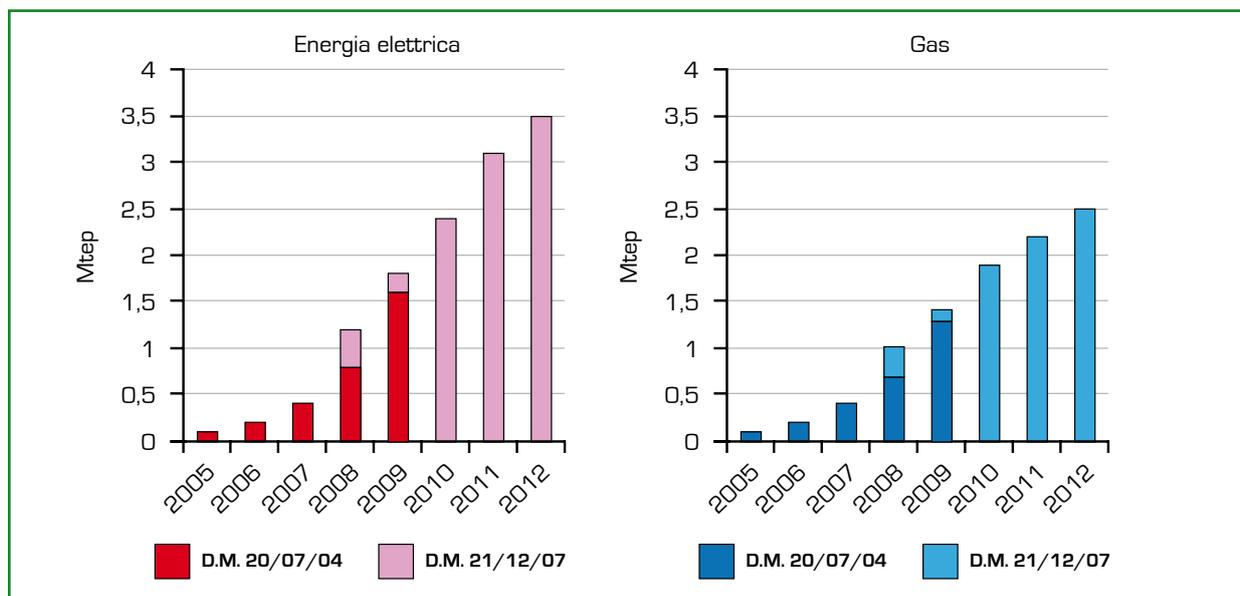
Il Decreto ha poi ridefinito l'insieme dei soggetti obbligati, allargando gli obblighi anche ai distributori di energia elettrica e gas con almeno 50.000 utenti finali al 31 Dicembre di due anni precedenti quello dell'obbligo.

Il contributo economico, di cui si è discusso prima, erogato ai distributori per il raggiungimento degli obblighi assegnati, è finanziato, conformemente a quanto previsto dalla normativa, da un prelievo sulle tariffe dell'energia elettrica e del gas naturale. Se si ipotizza un consumo medio per famiglia di circa 2.500 kWh/anno di energia elettrica e di circa 1.400 m³/anno di gas naturale, **l'impatto di tale meccanismo di finanziamento sulle tariffe annuali pagate ad oggi da una famiglia è nell'intorno dello 0,5% aggiuntivo rispetto al costo dell'energia elettrica all'utente finale e dello 0,3% aggiuntivo rispetto al costo del gas naturale all'utente finale, con quindi un aggravio di circa 2,5 € sul costo medio annuale elettrico e di circa 3,5 € sul costo medio annuale del gas per famiglia.**

²⁷ Nel 2008 è stato anche introdotto un meccanismo di assorbimento automatico degli eccessi di offerta eventualmente superiori al 5% dell'obiettivo annuale, disponendone la ripartizione sugli obiettivi annuali degli anni successivi: il D.M. del 21 Dicembre 2007 afferma che [art.2 comma 7] "Qualora i risparmi di energia elettrica o gas naturale relativi alle quantità di titoli eccedenti [...] superino il 5% dei rispettivi obiettivi quantitativi nazionali che devono essere conseguiti dalle imprese di distribuzione per l'anno a cui e' riferita la suddetta verifica, gli obiettivi quantitativi nazionali per gli anni successivi vengono incrementati delle suddette quantità eccedenti. Entro il 30 Giugno di ciascun anno, l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, con proprio provvedimento l'eventuale nuova ripartizione degli obiettivi[...]".

Figura 2.7

Evoluzione degli obblighi di risparmio energetico in capo ai "soggetti obbligati"



Se prendiamo come riferimento l'anno 2011, **gli oltre 3 mln tep di consumo elettrico e gli oltre 2 mln tep di consumo di gas naturale (per usi termici) da ridurre, che ci si è posti come obiettivo, debbono essere raggiunti in prima battuta attraverso azioni messe in atto dai cosiddetti "soggetti obbligati"**, ovvero i distributori di energia elettrica e gas alle cui reti di distribuzione erano connessi almeno 50.000 clienti finali al 31 Dicembre di due anni precedenti quello dell'obbligo.

I "soggetti obbligati" sono gli unici soggetti titolati a riconsegnare i TEE entro il 31 Maggio di ogni anno all'AEEG (Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas, che è lente che ne autorizza l'emissione, gestisce la loro valutazione economica e si occupa del controllo dell'effettivo risparmio energetico ottenuto) in misura pari ai propri obblighi annuali e ad ottenerne una remunerazione tramite un contributo tariffario.

I "soggetti obbligati", ovvero i distributori, perseguono i propri obiettivi specifici **realizzando progetti, misure ed interventi, sia tramite azioni dirette o di società controllate, oppure acquistando da terzi (in tutto o in parte) i Certificati Bianchi attestanti**

il conseguimento di risparmi energetici.

I "terzi" sono i cosiddetti "**soggetti volontari**", ossia coloro **che realizzando interventi di efficienza energetica possono accedere al rilascio dei TEE**. In altre parole:

- **i distributori di energia elettrica e gas diversi dai soggetti obbligati;**
- **le società di servizi energetici ("ESCO" o "SSE"), ovvero "le società, comprese le imprese artigiane e le loro forme consortili, che alla data di avvio del progetto hanno come oggetto sociale, anche non esclusivo, l'offerta di servizi integrati per la realizzazione e l'eventuale successiva gestione di interventi di risparmio energetico"**²⁸;
- **le società che hanno provveduto alla nomina del responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia (il cosiddetto *Energy Manager*²⁹, secondo i dettami del Decreto Ministeriale del 21 dicembre 2007).**

Appare estremamente interessante, come evidenziato nella TABELLA 2.10, osservare come degli **oltre 10 mln tep di risparmio energetico complessivamente emessi sotto forma di TEE dall'avvio del**

²⁸ Delibera AEEG 103/03 Art.1 comma 1 lettera t.

²⁹ La figura dell'*Energy Manager* è stata introdotta nel panorama normativo italiano dall'art. 19 della Legge n. 10/1991, il quale stabilisce che soggetti caratterizzati da rilevanti consumi energetici, e precisamente 10.000 tep per il settore industriale e 1.000 tep per gli altri settori, hanno l'obbligo di nominare il "tecnico responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia". Tali tecnici individuano le azioni, gli interventi, le procedure e quanto altro necessario per promuovere l'uso razionale dell'energia, assicurano la predisposizione di bilanci energetici in funzione anche dei parametri economici e degli usi energetici finali, predispongono i dati energetici.

Tabella 2.10

Ripartizione dei TEE emessi per tipologia di soggetto

Tipologia di soggetto	% di TEE certificati sul totale (al 31 Maggio 2010)
Distributori elettrici obbligati	7,8 %
Distributori gas obbligati	7,7 %
Distributori non obbligati	0,4 %
Società di Servizi Energetici (ESCO)	83,5 %
Soggetti con <i>Energy Manager</i>	0,6 %

meccanismo, i “soggetti obbligati” hanno contribuito con azione proprie per poco più del 15%, mentre la *lion's share* spetta alle ESCo (che sono invece “soggetti volontari”) con oltre l'83%.

Un simile squilibrio tra “soggetti obbligati” e “soggetti volontari”, che è in palese contrasto con quanto inizialmente pianificato dal legislatore, ha due conseguenze sulle quali è necessario fare più di una riflessione.

La prima conseguenza, evidente già dalla FIGURA 2.8, che riporta la distribuzione percentuale dei progetti ammessi alla concessione di TEE per metodologia di valutazione, è che la maggior parte dei progetti di risparmio energetico messi in atto è di piccole dimensioni, caratterizzata da tempi di

ritorno brevi (si veda, a tal proposito, anche il CAPITOLO 3).

Delle schede *standard* ed analitiche (che costituiscono quasi l'80% dei risparmi totali conseguiti col meccanismo dei TEE), circa il 66% dei risparmi certificati finora è stato ottenuto grazie ad interventi rendicontati con la scheda 1 “Sostituzione di lampade ad incandescenza con lampade fluorescenti compatte con alimentatore incorporato” (si veda anche il PARAGRAFO 3.1.1), il 16% grazie a interventi facenti riferimento alla scheda 13a “Installazione di Erogatori a Basso Flusso (EBF) in ambito residenziale”, ovvero di dispositivi aventi la funzione di ridurre la portata di acqua che, attraverso la miscelazione dell'acqua con particelle d'aria, riducono il flusso di acqua e l'energia necessaria per scaldarla, e circa il 5% alla scheda 14 “Installazione di Rompigetto Aerati (RA) per rubinetti in ambito residenziale”, ossia piccoli dispositivi che, installati sui rubinetti, provvedono alla miscelazione dell'aria con l'acqua, riducendo il consumo di acqua a parità di sezione del getto (quindi con *comfort* immutato per l'utente). Gli interventi nel settore industriale giocano ancora un ruolo estremamente marginale. La causa, a detta degli operatori, risiede principalmente nella complessità della struttura e l'onerosità della rendicontazione per l'accesso ai TEE non controbilanciata dal modesto beneficio economico, con la redditività di un progetto consistente di efficientamento energetico che migliora solo di circa qualche punto percentuale in caso di richiesta dei TEE.

La seconda conseguenza, per certi versi ancora più perniciosa per il meccanismo dei TEE,

Figura 2.8

Ripartizione dei TEE emessi per metodo di rendicontazione

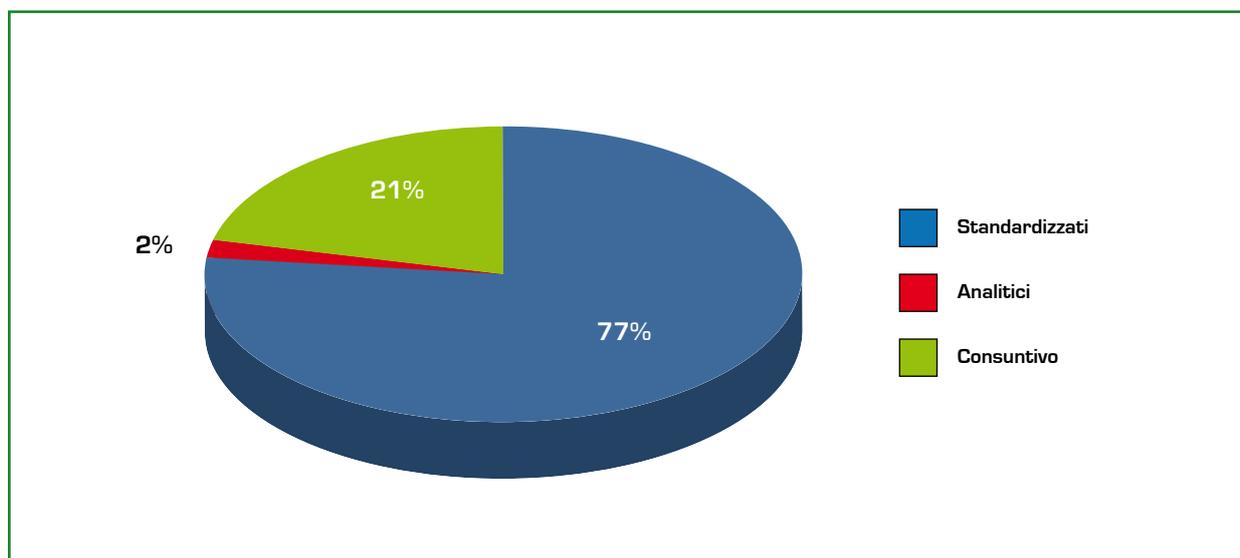
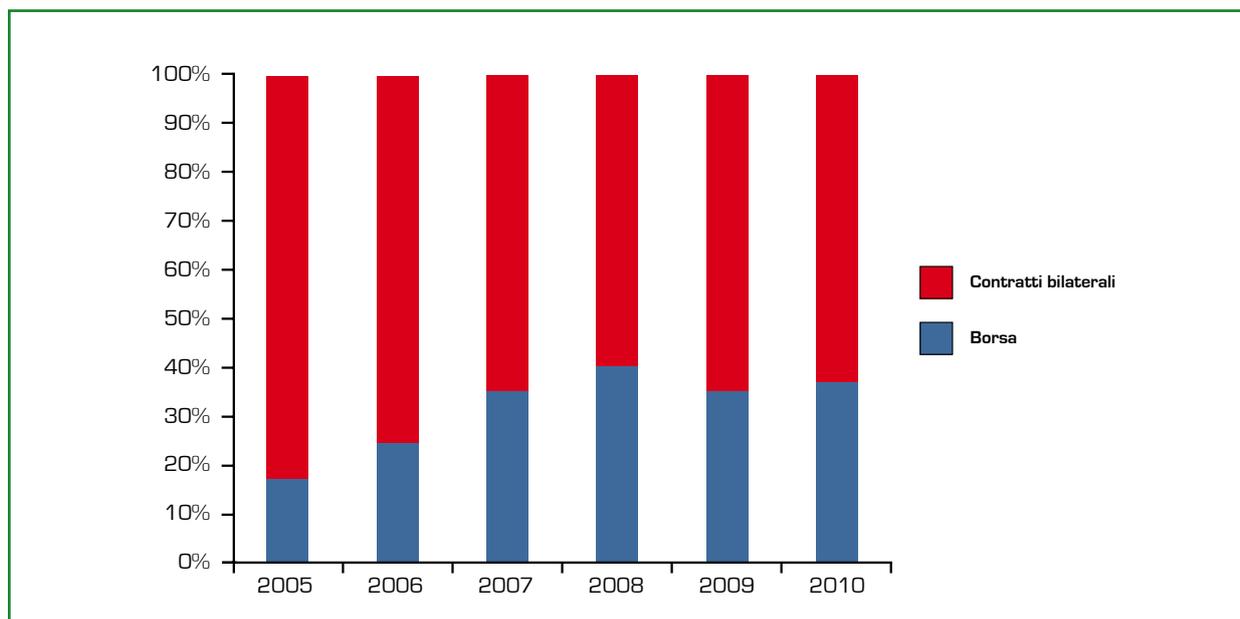


Figura 2.9

Evoluzione dei meccanismi di scambio dei TEE



è che **larga parte degli scambi dei titoli avviene fra “soggetti volontari” e “soggetti obbligati”, con la maggior parte degli scambi di titoli che avviene “al di fuori del mercato”, con il meccanismo dei Contratti Bilaterali, come ben evidenziato dalla FIGURA 2.9.**

Si sono però create delle vere e proprie rendite “agevolate” per i soggetti obbligati, con i prezzi medi ponderati nei contratti bilaterali degli anni 2009 (circa 83 €/tep), 2010 (circa 85 €/tep) e 2011 (circa 86,5 €/tep) che risultano mediamente inferiori di quasi l’8% rispetto ai valori già fissati per il contributo tariffario unitario.

Nonostante quindi il meccanismo dei TEE nasca dall’intuizione virtuosa di premiare il risparmio energetico una volta che sia effettivamente conseguito, esso ha diversi limiti e criticità, più volte lamentati dagli operatori intervistati.

Sul lato della domanda di TEE:

- **non sono stati ancora fissati gli obiettivi per gli anni successivi al 2012:** c’è estrema incertezza sul valore economico che i TEE potranno assumere dopo tale data, e quindi minore attenzione verso i nuovi interventi. Qualora gli obiettivi successivi al 2012 non venissero definiti per mezzo di un decreto, l’Autorità dovrebbe procedere al ritiro dei titoli generati dai progetti già realizzati;
- **i distributori di energia elettrica e di gas na-**

turale con un numero compreso tra 50.000 e 100.000 clienti allacciati alle proprie reti (entrati a far parte dei soggetti obbligati dal 2008) tardano ad inserirsi attivamente nel meccanismo, preferendo nella maggior parte dei casi strategie di compliance basate sul semplice acquisto di TEE, concentrate in particolare negli ultimi mesi disponibili, incontrando possibili difficoltà di reperimento dei titoli.

Analogamente, sul lato dell’offerta di TEE:

- **i “soggetti volontari” continuano a prediligere iniziative di piccole dimensioni. Un grado di frammentazione così elevato sul fronte dell’offerta di titoli (si veda la TABELLA 2.11, riportante la distribuzione percentuale delle classi dimensionali degli operatori) contribuisce a rendere più complesso ed oneroso l’incontro tra domanda e offerta, dal momento che, in assenza di soggetti che fungano da aggregatori, ogni distributore obbligato che non realizzi in proprio progetti dovrà acquistare titoli da un alto numero di venditori. In tale contesto di mercato, il ruolo di trader e grossisti diventa estremamente importante;**
- **l’onerosità del processo di accesso ai TEE e di verifica dei risparmi sia notevole, e comunque non pienamente controbilanciata dal limitato (sia in termini di entità che di orizzonte temporale) impatto economico dell’incentivazione.**

Tabella 2.11

Ripartizione dei TEE legati ai “soggetti volontari” per classi di volumi

Classi di volumi di TEE emessi	Frequenza %
TEE ≤ 1.000	46%
1.000 < TEE ≤ 10.000	32%
10.000 < TEE ≤ 50.000	14%
50.000 < TEE ≤ 100.000	5%
100.000 < TEE ≤ 150.000	1%
150.000 < TEE ≤ 200.000	1%
200.000 < TEE ≤ 300.000	0%
TEE > 300.000	1%

In questa direzione, l'AEEG ha avanzato una serie di proposte preliminari orientate ad avviare e stimolare la discussione con i soggetti interessati. In particolare, gli interventi proposti dovrebbero consentire, a parità di obiettivi conseguiti (e dunque di impatto sulle tariffe per i cittadini), di **aumentare gli incentivi per gli interventi più strutturali, ossia in grado di produrre risparmi energetici e benefici, per i consumatori e per il sistema, per un numero di anni superiore alla “vita utile” definita**

dai Decreti Ministeriali (ossia al periodo di tempo nel corso del quale avviene il rilascio dei TEE).

Inoltre, è allo studio un sistema di riduzione del valore dei TEE inventurati nel corso dell'anno – tramite un cosiddetto “contributo di giacenza” – al fine di prevenire comportamenti speculativi degli operatori, che aumenterebbero il costo sostenuto dalla collettività a parità di risparmi energetici conseguiti.

Lo scenario, qualora ve ne fosse bisogno, è stato reso ulteriormente più incerto dal “Decreto rinnovabili”, che ha posto le basi (con Decreti di attuazione da adottarsi entro sei mesi dall'entrata in vigore del suddetto Decreto, non ancora promulgati alla data di redazione di questo Rapporto) **per un cambio “radicale” nei meccanismi di incentivazione all'efficienza energetica** (SI VEDA IL BOX 2.14), **che già a partire dal 2012 dovrebbero distinguere:**

- **contributi sulle tariffe del gas naturale, per gli interventi di piccole dimensioni** di incremento dell'efficienza energetica (da definirsi con decreti successivi);
- **il rilascio dei TEE (o Certificati Bianchi), per i restanti interventi.**

Box 2.14

L'innovazione all'incentivazione dell'efficienza energetica secondo il “Decreto Rinnovabili”

Le novità introdotte dal Decreto consistono in:

- passaggio al GSE (Gestore Servizi Energetici) dell'attività di gestione del meccanismo di certificazione relativo ai Certificati Bianchi;
- raccordo del periodo di diritto ai certificati con la vita utile dell'intervento (da dettagliare con provvedimenti successivi);
- approvazione di almeno 15 nuove schede standardizzate, predisposte dall'ENEA entro 6 mesi dall'entrata in vigore del Decreto, con particolare riguardo ai seguenti ambiti:
 - diffusione di automezzi elettrici, a gas naturale e a GPL;
 - interventi nel settore informatico con particolare riguardo all'utilizzo di server/servizi remoti anche virtuali;
 - illuminazione efficiente con particolare riguardo all'illuminazione pubblica a LED e al terziario;
 - misure di efficientamento nel settore dell'impiantistica industriale;
 - misure di efficientamento nel settore della distri-

buzione idrica;

- risparmio di energia nei sistemi di telecomunicazioni e uso delle tecnologie delle comunicazioni ai fini del risparmio energetico;
- recuperi di energia;
- apparecchiature ad alta efficienza per il settore residenziale, terziario e industriale, quali ad esempio gruppi frigo, unità trattamento aria, pompe di calore, elettrodomestici anche dotati di etichetta energetica.

Inoltre, l'ENEA deve pubblicare casi studio e parametri standard come guida per facilitare la realizzazione e la replicabilità degli interventi a consuntivo;

- equiparazione dei risparmi realizzati nel settore dei trasporti a risparmi di gas naturale;
- i risparmi di energia realizzati attraverso interventi di efficientamento delle reti elettriche e del gas naturale concorrono al raggiungimento degli obblighi in capo alle imprese di distribuzione; per tali interventi non sono rilasciabili Certificati Bianchi.

In particolare, quest'ultimo punto ha sollevato qual-

che perplessità negli operatori per il fatto che si possa ripetere quanto già accaduto nel corso 2007 con una penuria di domanda di titoli: riconoscendo i risparmi di energia realizzati attraverso interventi di efficientamento delle reti elettriche e del gas naturale, come utili

al raggiungimento degli obblighi in capo alle imprese di distribuzione, senza tuttavia il rilascio dei Certificati Bianchi, si potrebbe minare la virtuosità del meccanismo, in quanto si ridurrebbe la domanda di Certificati Bianchi.

2.3.2 Le misure di agevolazione fiscale

Le agevolazioni fiscali al 55% per la riqualificazione energetica

All'interno della **Legge n. 296 del 27 Dicembre 2006**³⁰ "Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato" è stato presentato un sistema di agevolazioni volto a stimolare la **riqualificazione energetica degli edifici esistenti**, attraverso l'istituzione di un **meccanismo di agevolazione fiscale per le spese sostenute in relazione ad interventi finalizzati al risparmio di energia**.

L'agevolazione consiste nel riconoscimento di **detrazioni d'imposta**³¹ - valide sia per le persone fisiche (e quindi applicabile all'Irpef) che per le società (a quindi applicabile all'Ires) proprietarie di edifici in cui si sono eseguiti interventi di efficientamento – **nella misura del 55% delle spese sostenute, da ripartire in rate annuali di pari importo**.

L'agevolazione, inizialmente prevista fino al 31 Dicembre 2010, è stata **recentemente prorogata – ma solo fino al 31 Dicembre 2011 – con l'approvazione dell'art. 1 comma 48 della nuova Finanziaria** (Legge di Stabilità 2011), che però ha **allungato il periodo obbligatorio su cui ripartire la detrazione d'imposta da 5 a 10 anni** e ne ha di fatto quindi "dimezzato" a partire dall'anno 2011 – relativamente ai nuovi interventi – l'impatto per l'erario ed ovviamente anche per i contribuenti.

In ogni caso, come tutte le detrazioni d'imposta, l'agevolazione è ammessa entro il limite che trova capienza nell'imposta annua derivante dalla dichiarazione dei redditi: l'effetto di "risparmio potenziale" della somma eventualmente eccedente viene in pratica "perduto".

Gli interventi ammessi al riconoscimento della detrazione d'imposta sono stati definiti l'ultima vol-

ta con la Legge n. 206 del 27 Dicembre 2006, detta "Finanziaria 2007", e fanno riferimento alle spese sostenute per:

- **la riduzione del fabbisogno energetico (per il riscaldamento, il raffreddamento, la ventilazione, l'illuminazione)** nell'ottica di una riqualificazione energetica globale dell'edificio (comma 344);
- **il miglioramento termico dell'edificio (finestre, comprensive di infissi, coibentazioni, pavimenti)** ovvero per interventi su strutture opache orizzontali, strutture opache verticali e finestre comprensive di infissi (comma 345);
- **l'installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda** (comma 346);
- **la sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di caldaie a condensazione o, in alternativa, con pompe di calore ad alta efficienza oppure con impianti geotermici a bassa entalpia** (comma 347).

L'accesso alla detrazione d'imposta è ovviamente vincolato al raggiungimento di determinati obiettivi di efficientamento energetico, ed è limitato nell'ammontare massimo concedibile, come indicato nella TABELLA 2.12.

Il BOX 2.15 chiarisce poi con un esempio pratico l'effetto della detrazione d'imposta al 55% per un contribuente "tipo" che abbia realizzato interventi di efficientamento ammissibili.

A pesare sull'effetto di questa misura di incentivazione, oltre a quanto già discusso in precedenza, è anche la forte incertezza in merito al suo mantenimento.

Non è ancora chiaro, al momento della stesura di questo Rapporto, se la misura verrà prorogata

³⁰ La normativa in oggetto ha subito negli anni alcune modifiche in particolare relative alle procedure per accedere alla agevolazione fiscale (contenute nel D.M. del 19/2/2007, nella Legge n. 244/2007, nel D.L. 185/2008, alla Legge n. 2/2009 e al Decreto Interministeriale del 6/8/2009). La struttura di base del meccanismo ed i suoi benefici sono rimasti però sostanzialmente invariati.

³¹ La detrazione fiscale è un'agevolazione che opera sull'imposta, a differenza della deduzione fiscale che invece si applica al reddito imponibile. La detrazione opera quindi "sottraendo" l'ammontare stabilito all'imposta finale che risulta dal calcolo effettuato sul reddito imponibile con le aliquote percentuali delle imposte sui redditi. Per questa ragione la "detrazione" configura un "risparmio reale" di imposta che è immediatamente percepibile e quantificabile dal contribuente.

Tabella 2.12
Limiti imposti alla detrazione fiscale del 55%

Interventi agevolati	Obiettivo richiesto	Detrazione max
Riqualificazione energetica globale	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale non superiore ai valori riportati nelle tabelle di cui all'Allegato A del D.M. 11/03/2008	100.000 €
Interventi riguardanti strutture opache verticali, finestre comprensive di infissi delimitanti il volume riscaldato, verso l'esterno e verso vani non riscaldati	Indice di trasmittanza termica U delle varie strutture elementi sui quali si interviene riportati nelle tabelle di cui all'Allegato B del D.M. 11/03/2008	60.000 €
Interventi riguardanti strutture opache orizzontali (coperture e pavimenti), delimitanti il volume riscaldato, verso l'esterno e verso vani non riscaldati	Indice di trasmittanza termica U delle varie strutture elementi sui quali si interviene riportati nelle tabelle di cui all'Allegato B del D.M. 11/03/2008	60.000 €
Installazione pannelli solari di produzione di acqua calda per usi domestici o industriali e per la copertura del fabbisogno	Caratteristiche previste dall'art. 8 del D.M. 19/02/2007	60.000 €
Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale, con pompe di calore ad alta efficienza, caldaie a condensazione, o impianti geotermici a bassa entalpia	Caratteristiche previste dall'art. 9 del D.M. 19/02/2007	30.000 €

anche per il 2012 (come parrebbe da alcune dichiarazioni di esponenti del Ministero dello Sviluppo Economico), **oppure sarà definitivamente abbandonata**. In questo clima di incertezza, si inserisce la proposta fatta nel Settembre 2011 da ENEA di un sistema estensivo del 55%, denominato "55% plus": per stimolare e far crescere gli interventi di

riqualificazione energetica, ENEA propone un nuovo meccanismo di agevolazione, in base al quale il conseguimento e la certificazione di un risparmio energetico consentano l'accesso a prestiti agevolati fino ad un massimo sia individuale che condominiale stabilito, in abbinamento a forme di incentivazione già consolidate come il 55% per le somme

Box 2.15

Esempi di applicazione della detrazione d'imposta del 55% per l'efficientamento energetico

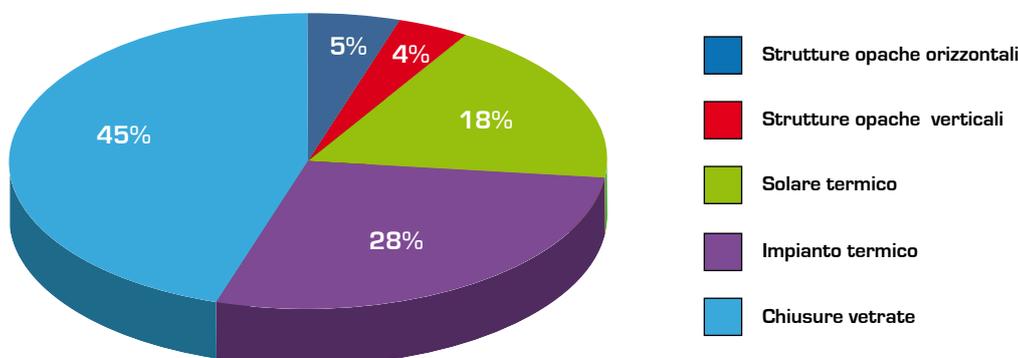
La detrazione d'imposta ha avuto nel complesso un buon impatto sullo sviluppo del mercato dell'efficienza energetica, dimostrandosi profittevole nell'agevolare diverse tipologie di interventi di efficienza, distribuiti come in FIGURA 2.10.

È interessante osservare come questa agevolazione abbia reso *cost-effective* interventi che altrimenti non lo sarebbero stati: è il caso ad esempio dell'installazione di chiusure vetrate efficienti (a questo proposito si veda il PARAGRAFO 3.2.2), che costituiscono l'intervento agevolato più ricorrente dall'avvio del meccanismo. Calando tale applicazione nel caso reale di un edificio mono-fa-

miliare del Centro Italia, si ipotizza di sostituire circa 10 m² di chiusure vetrate per un investimento complessivo di circa 4.500 €; il tempo di *pay-back* "assoluto" (ossia senza alcuna agevolazione) si colloca a un numero di anni superiore alla vita utile (20 anni). La detrazione fiscale al 55% consta di 2.475 € che, ripartiti annualmente, corrispondono a ridurre l'IRPEF di 247,5 €; ciò significa che per non perdere il risparmio derivante dalla richiesta della detrazione d'imposta – che porta ad avere un tempo di *pay-back* dell'investimento pari a poco più di 15 anni – il reddito imponibile annuale della persona fisica deve essere di almeno 750-850 €.

Figura 2.10

Numerosità degli interventi agevolati con la detrazione del 55% a partire dall'avvio del meccanismo



rimanenti.

In caso di prolungamento della misura al 2012, peraltro, la misura subirà comunque una modifica “al ribasso”, in conseguenza dei recenti tagli approvati con le due manovre finanziarie dell'estate 2011 (Decreto Legislativo n. 98 del 6 Luglio 2011 “Disposizioni urgenti per la stabilizzazione finanziaria” e successivo Decreto Legislativo n. 138 del 13 Agosto 2011 “Ulteriori misure urgenti per la sta-

bilizzazione finanziaria e per lo sviluppo”). La riduzione dell'ammontare della detrazione dovrà essere del 5% per l'anno 2012 (divenendo così 52,25%) e del 20% a decorrere dall'anno 2013.³²

A complicare ulteriormente le cose, vi è l'introduzione (almeno come principio legislativo, in attesa di vederne l'applicazione “pratica” nei provvedimenti attuativi) di un **Conto Energia Termico**, come previsto dal Decreto Rinnovabili e descritto nel BOX 2.16.

Box 2.16

Verso la definizione del nuovo Conto Energia Termico

Il Decreto Legislativo n. 28 del 3 Marzo 2011 “Attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili”, il cosiddetto “Decreto rinnovabili”, costituisce un provvedimento fondamentale per la politica energetica del nostro Paese. Tra le novità che introduce, una delle principali è il riconoscimento di pari “dignità” all'energia termica come all'energia elettrica, grazie alla dichiarazione d'intenti di incentivare ad hoc l'energia termica, oltre al risparmio energetico. La definizione di quello che sarà il nuovo Conto Energia Termico è demandata a decreti attuativi che devono ancora vedere la luce. In particolare, nell'articolo 28 di tale

“Decreto Rinnovabili” si afferma che “(...) Gli interventi di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e di incremento dell'efficienza energetica di piccole dimensioni, realizzati in data successiva al 31 Dicembre 2011, sono incentivati sulla base dei seguenti criteri generali:

- l'incentivo ha lo scopo di assicurare una equa remunerazione dei costi di investimento ed esercizio, ed è commisurato alla produzione di energia termica da fonti rinnovabili, ovvero ai risparmi energetici generati dagli interventi;
- il periodo di diritto all'incentivo non può essere superiore a dieci anni e decorre dalla data di conclusione

³² In realtà questi tagli sono subordinati al fatto che non si raggiunga, entro il 30 Settembre 2012, l'obiettivo di avviare una riforma del welfare in grado di limitare la spesa statale in entità analoga all'effetto di tali tagli alle agevolazioni, quantificata dal Decreto Legge n. 98 del 6 Luglio 2011 in [Art. 40 comma 1-quater] “[...] provvedimenti tali da determinare effetti positivi, ai fini dell'indebitamento netto, non inferiori a 4.000 mln € per l'anno 2012 ed a 20.000 mln € annui a decorrere dall'anno 2013”.

dell'intervento;

- l'incentivo resta costante per tutto il periodo di diritto e può tener conto del valore economico dell'energia prodotta o risparmiata;
- l'incentivo può essere assegnato esclusivamente agli interventi che non accedono ad altri incentivi statali, fatti salvi i fondi di garanzia, i fondi di rotazione e i

contributi in conto interesse;

- gli incentivi sono assegnati tramite contratti di diritto privato fra il GSE ed il soggetto responsabile dell'impianto, sulla base di un contratto-tipo definito dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas entro tre mesi dalla data di entrata in vigore del primo dei decreti attuativi”.

Appare evidente che, poiché gli interventi “termici” (e soprattutto quelli di ridotta dimensione relativi all'installazione di pannelli solari) hanno fino ad ora giocato un ruolo di primo piano, **l'assenza di indicazioni operative precise a pochi mesi dalla scadenza prevista per il meccanismo di detrazione fiscale renda sostanzialmente “inservibile” questa misura a sostenere** (come era invece nelle intenzioni del legislatore) **un percorso “virtuoso” di efficientamento del patrimonio edilizio italiano.**

Le agevolazioni fiscali al 36% per le ristrutturazioni edilizie ed il Piano Casa

Le agevolazioni fiscali per le ristrutturazioni edilizie sono state introdotte in Italia per la prima volta con la Legge n. 449 del 27 Dicembre 1997. Nel corso degli anni, hanno subito diverse modifiche³³ sino a giungere alla configurazione attuale, appunto nota come “agevolazione del 36%”. L'agevolazione – che anche in questo caso come nel precedente **assume la forma di una detrazione d'imposta, ma che è rivolta esclusivamente alle persone fisiche** (e quindi si applica alla sola Irpef) – è stata recentemente³⁴ prorogata sino al 31 Dicembre 2012³⁵.

I contribuenti hanno la possibilità di detrarre dall'imposta le spese sostenute per la ristrutturazione di abitazioni e delle parti comuni di edifici residenziali. **Il beneficio sul quale calcolare la detrazione spetta fino al limite massimo di spesa di**

48.000 € da distribuire lungo un orizzonte temporale di 10 anni³⁶.

A differenza delle agevolazioni per la riqualificazione energetica, per le quali sono definite puntualmente le tipologie di intervento detraibili, **la detrazione del 36% riguarda più in generale tutte le spese sostenute per eseguire gli interventi di manutenzione straordinaria, le opere di restauro e risanamento conservativo e i lavori di ristrutturazione edilizia per i singoli appartamenti e per gli immobili condominiali**³⁷.

Per completezza, è opportuno sottolineare come **per le prestazioni di servizi relative agli interventi di recupero edilizio di manutenzione ordinaria e straordinaria realizzati sugli immobili a prevalente destinazione abitativa privata si applica l'aliquota Iva agevolata del 10%**. La Legge n. 191 del 23 Dicembre 2009 (“Finanziaria 2010”) ha disposto che tale regime agevolato dell'Iva, il cui termine di scadenza era stato fissato al 31 Dicembre 2011, debba considerarsi permanente.

Se si guarda agli interventi più ricorrenti, tuttavia, appare con chiarezza che **l'efficientamento energetico assume un connotato spesso minoritario** e si sostanzia tipicamente in interventi di manutenzione ordinaria (quali ad esempio sostituzione integrale o parziale di pavimenti, rifacimento intonaci interni e tinteggiatura, sostituzione tegole, riparazioni balconi e terrazze e relative pavimentazioni, riparazione recinzioni) e straordinaria (ad esempio, sostituzio-

³³ Per un elenco delle modifiche intervenute è possibile consultare i seguenti riferimenti normativi: Legge n. 449 del 27 Dicembre 1997, Legge 488/1999 (“Finanziaria 2000”), Legge 388/2000 (“Finanziaria 2001”), Legge 448/2001 (“Finanziaria 2002”), Legge 289/2002 (“Finanziaria 2003”), Legge n.326 del 24 Novembre 2003, Legge 350/2003 (“Finanziaria 2004”), Legge n.47 del 27 Febbraio 2004, Legge 266/2006 (“Finanziaria 2006”), Legge 296/2006 (“Finanziaria 2007”), Legge 244/2007 (“Finanziaria 2008”), Legge 191/2009 (“Finanziaria 2010”).

³⁴ Con la Legge Finanziaria 2010 all'articolo 2 commi 10-11.

³⁵ Come nel caso della detrazione del 55%, questa agevolazione fiscale subirà in ogni caso una riduzione del 5% per l'anno 2012 (scendendo quindi a 34,2%) e del 20% a partire dall'anno 2013, in conseguenza dei recenti tagli approvati con le due manovre finanziarie dell'estate 2011 (Decreto Legislativo n. 98 del 6 Luglio 2011 e n. 138 del 13 Agosto 2011).

³⁶ I contribuenti di età non inferiore a 75 e 80 anni possono però ripartire la detrazione rispettivamente in cinque o tre rate annuali di pari importo.

³⁷ Gli interventi di manutenzione ordinaria sono in realtà ammessi all'agevolazione solo se riguardano determinate parti comuni di edifici residenziali, come ad esempio facciate, ascensori, cancellate o recinzioni murarie degli edifici.

ne infissi esterni e serramenti o persiane con serrande, con modifica di materiale o tipologia di infisso, realizzazione di chiusure o aperture interne che non modifichino lo schema distributivo delle unità immobiliari e dell'edificio, realizzazione di elementi di sostegno di singole parti strutturali).

Ben diverso, almeno se ci si limita agli intendimenti del legislatore, è il contributo potenziale all'efficientamento energetico – oltre che ovviamente alla ripresa del settore dell'edilizia, argomento però che esula dagli obiettivi di questo Rapporto e che si tralascerà di commentare – **che è conseguente all'emanazione del cosiddetto "Piano Casa" del Marzo 2009.**

Il Piano Casa (si veda il BOX 2.17) è **un complesso sistema di norme che consente di effettuare ampliamenti o ricostruzioni di edifici in deroga ai Piani Regolatori locali, ma imponendo come condizione essenziale il miglioramento della qualità architettonica ed energetica dell'edificio stesso.** Per chi decide di effettuare ampliamenti, ricostruzioni o nuove costruzioni nell'ambito del Piano Casa, **inoltre, sono previste riduzioni sugli oneri di costruzione a partire dal 20%** e ancora maggiori se l'edificio è destinato a "prima casa".

Ovviamente, il **Piano Casa per essere "messo in pratica" necessita della "traduzione"** – secondo

l'intesa siglata il 31 Marzo 2009 – **in leggi regionali di recepimento entro la fine di Luglio 2009.** Solo sette Regioni (Toscana, Umbria, Provincia autonoma di Bolzano, Emilia Romagna, Lombardia, Veneto e Piemonte) rispettano i termini originari, mentre la maggior parte si adegua nel corso del 2010.

La situazione che si osserva oggi – nonostante il Piano Casa sia una realtà in tutte le Regioni italiane – è tuttavia molto differente da quanto inizialmente ipotizzato, soprattutto (ed è su questo aspetto che ci si concentra in questo Rapporto) **per quanto riguarda lo stimolo all'efficientamento energetico.**

Come evidenziato nella TABELLA 2.13, **solo in 10 casi il vincolo di efficienza energetica viene esplicitamente definito come pre-requisito per avere accesso ai benefici del Piano Casa. Di questi solo nel caso della Provincia autonoma di Bolzano i vincoli sono effettivamente "sfidanti"** ed in grado di contribuire fattivamente all'efficientamento energetico del parco edilizio, mentre negli altri casi è possibile – a detta degli operatori – assolvere all'obbligo previsto con semplici accorgimenti.

Anche in questo caso, quindi, come già altre volte si è avuto modo di sottolineare, **i problemi legati alla "messa in pratica" degli intendimenti del le-**

Box 2.17

I punti chiave del Piano Casa

Ampliamento case ed edifici +20%. I Comuni possono concedere permessi per ampliare, fino a un massimo del 20%, il volume delle abitazioni private (esclusi gli edifici abusivi) uni-bifamiliari, o comunque di volumetria non superiore a 1.000 m³, finite prima del 31 Dicembre 2008 in deroga ai piani vigenti. La percentuale si calcola sulla superficie coperta se si tratta di edifici adibiti a uso diverso. E' ammesso il cumulo del *bonus* del vicino: si può arrivare fino al 40%. Il limite massimo per l'ampliamento è di 200 m³ per unità immobiliare. L'obiettivo del progetto deve essere il miglioramento della qualità architettonica ed energetica dell'immobile. La semplificazione degli *iter* sarà dettata dalle Regioni (anche con piani/programmi tra Regioni e Comuni), che saranno anche titolate a definire aree escluse dal provvedimento e aree in cui incentivarne l'adozione (aree degradate).

Demolizione e ricostruzione con bioedilizia +35%. È previsto un premio di cubatura del 35% in caso di demolizione e ricostruzione con dettami della bioedilizia. Diven-

ta un obbligo puntare su risparmio energetico, bioedilizia e risparmio idrico ed è ammessa anche la demolizione e ricostruzione di capannoni, stabilimenti e ogni altra destinazione non residenziale. Valgono le previsioni delle leggi regionali, anche qui l'obiettivo dell'intervento deve essere il miglioramento della qualità architettonica, dell'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti rinnovabili. Le leggi regionali possono individuare ambiti nei quali gli interventi di ampliamento sono esclusi e altri in cui vanno incentivati. **"Regionalizzazione" e semplificazione.** Regionalizzazione permanente delle autorizzazioni paesaggistiche in capo al ministero dei Beni e delle attività culturali. Semplificazione della valutazione ambientale strategica (VAS). Procedure semplificate in zone sismiche in sostituzione dell'autorizzazione preventiva. Introduzione dei principi fondamentali in materia di misure di perequazione e compensazione urbanistica. Rilancio del programma di edilizia residenziale pubblica con un tavolo Governo-Regioni-Autonomie.

gislatore hanno rappresentato una barriera quasi insormontabile all'avvio di un circolo virtuoso

nel sistema normativo dell'efficienza energetica in Italia.

Tabella 2.13

L'efficienza energetica nel Piano Casa di ogni Regione italiana

Regioni	Bonus volumetrico massimo		Vincolo specifico di efficienza energetica	
	Ampliamenti	Demolizioni e ricostruzioni	Ampliamenti	Demolizioni e ricostruzioni
Abruzzo	n.d.	n.d.	—	Edilizia eco-sostenibile (classe B)
Basilicata	25%	40%	Obbligo riduzione del fabbisogno energetico del 20%	Obbligo riduzione del fabbisogno energetico del 20%
Calabria	n.d.	n.d.	Materiali eco-compatibili	Materiali eco-compatibili
Campania	20%	50%	—	—
Emilia-Romagna	35%	50%	—	Obbligo del +25% sullo <i>standard</i> L. R. 156/2008
Friuli Venezia Giulia	35%	35%	—	—
Lazio	20%	60%	—	<i>Standard</i> L.R. 6/2008 su bioedilizia
Liguria	50%	50%	—	—
Lombardia	20%	35%	Obbligo miglioramento dell'efficienza del 10%	Obbligo del +25% sullo <i>standard</i> L. R. 156/2008
Marche	30%	40%	—	—
Molise	30%	50%	—	—
Piemonte	20%	35%	Obbligo miglioramento dell'efficienza del 40%	Rispetto Protocollo Itaca Piemonte
Provincia autonoma di Bolzano	10%	—	<i>Standard</i> CasaClima C	<i>Standard</i> CasaClima C
Provincia autonoma di Trento	n.d.	n.d.	—	—
Puglia	20%	35%	Obbligo riduzione del fabbisogno energetico del 20%	Obbligo riduzione del fabbisogno energetico del 20%

Sardegna	n.d.	n.d.	—	—
Sicilia	45%	90%	—	—
Toscana	20%	35%	Obbligo miglioramento dell'efficienza del 20%	Obbligo miglioramento dell'efficienza del 20%
Umbria	20%	25%	—	—
Valle d'Aosta	45%	35%	—	—
Veneto	20%	45%	—	—

3. LA TECNOLOGIA

L'obiettivo di questo capitolo è fornire un quadro delle principali tecnologie che possono essere utilizzate per realizzare interventi di efficienza energetica negli edifici ed illustrarne la relativa convenienza economica. Come riportato nell'introduzione di questo Rapporto di ricerca, i sistemi per l'efficienza energetica negli edifici possono essere classificati in: (i) soluzioni che consentono una **riduzione dei consumi** di energia elettrica o termica; (ii) soluzioni che consentono una **riduzione della dipendenza dall'approvvigionamento di energia elettrica o di combustibile (tipicamente gas naturale) utilizzato per la produzione di energia termica, a parità di consumi**. Tra le prime, si considereranno in particolare le tecnologie impiantistiche (sistemi di illuminazione, elettrodomestici, sistemi efficienti per la produzione di energia termica e tecnologie di *building automation*) e quelle che interessano la struttura dell'edificio (sostanzialmente chiusure trasparenti e strutture opache, oltre alle soluzioni per la progettazione energeticamente efficiente degli edifici). Tra le seconde, si prenderanno in considerazione gli impianti fotovoltaici, mini-eolici, i sistemi solari termici e le caldaie a biomassa solida. Si studierà l'applicazione di queste tecnologie sia negli edifici residenziali che in quelli non residenziali, tra cui, in particolare, uffici, scuole ed università, ospedali, alberghi e ristoranti, edifici

della Grande Distribuzione Organizzata (GDO) ed edifici industriali (SI VEDA FIGURA 3.1).

Per ciascuna di queste tipologie di edifici sono stati analizzati i **fabbisogni annui in termini di energia elettrica e termica**. I valori medi assunti come riferimento nell'analisi sono riportati nella FIGURA 3.2. In generale, il consumo elettrico è principalmente dovuto all'illuminazione ed al funzionamento degli elettrodomestici, mentre i consumi termici fanno riferimento a fabbisogni di riscaldamento, Acqua Calda Sanitaria (ACS) e raffrescamento dell'ambiente.

Per ogni tipologia di soluzione di efficienza energetica e per ciascuna delle classi di edifici appena descritte, in questo capitolo si procederà innanzitutto ad **identificare e descrivere le principali alternative tecnologiche disponibili a livello commerciale**.

Per ognuna di esse si fornirà quindi un'analisi della loro convenienza economica, in modo tale da poterle rendere confrontabili nell'ottica dell'investitore. In particolare, per quanto riguarda le tecnologie per il risparmio energetico, si calcherà **il costo medio necessario per risparmiare un singolo kWh (elettrico o termico) lungo la vita utile della tecnologia**, paragonandolo quindi con il costo che

Figura 3.1

Tipologie di edifici considerate nell'analisi



Figura 3.2

Fabbisogno medio elettrico e termico per tipologia di edificio

	Residenziale	Uffici	Scuole - Università	Ospedali	Alberghi - Ristoranti	GDO	Edifici industriali
Fabbisogno elettrico (kWh _{el} /m ² annui)	35	120	100	120	170	300	100
Fabbisogno termico e raffrescamento (kWh _{ter} /m ² annui)	120	85	120	180	190	270	130

l'utilizzatore finale dovrebbe sostenere per acquistare questo kWh sul mercato (nel caso di energia elettrica) o per produrlo localmente utilizzando una tecnologia tradizionale. Per quanto riguarda questo *benchmark*, si considererà come prezzo di riferimento dell'energia elettrica 17c€/kWh per i clienti residenziali, 12 c€/kWh per i clienti industriali e della Grande Distribuzione Organizzata e 15 c€/kWh per i restanti soggetti. Come riferimento per l'energia termica, si assumerà invece il costo di 9 c€/kWh¹ in ambito residenziale, mentre per l'ambito non residenziale il costo medio di riferimento è pari a 7,3 c€/kWh². Per quelle tecnologie la cui adozione è favorita dalla possibilità di accedere ad un sistema di incentivazione, il costo del kWh è stato calcolato sia in assenza che in presenza di tale agevolazione. Ciò permette di valutare la sostenibilità economica degli investimenti in efficienza energetica oggetto del presente Rapporto. Per quanto riguarda invece le **alternative tecnologiche per la riduzione della dipendenza dall'approvvigionamento di energia elettrica o di combustibile (tipicamente gas naturale) utilizzato per la produzione di energia termica a parità di consumi**, la loro convenienza economica è stata valutata calcolando il costo medio del

kWh prodotto, che può essere anch'esso confrontato con il prezzo di acquisto dell'energia elettrica dalla rete o con il costo della generazione di calore *in loco*, presso l'edificio, con tecnologia tradizionale.

Queste valutazioni economiche sono state condotte considerando sia il caso di **adozione della tecnologia di efficienza energetica in edifici esistenti**, sia nel caso di **nuove realizzazioni**. Nel secondo caso si assume che l'investitore, in sede di progettazione del nuovo edificio, possa scegliere tra una soluzione consolidata (ad esempio, una caldaia tradizionale) ed una tecnologia a maggiore efficienza energetica (ad esempio, una caldaia a condensazione). In quest'ottica, **l'investimento che l'adozione del sistema a maggiore efficienza energetica comporta è assunto pari al costo di acquisto differenziale della tecnologia a maggiore efficienza energetica** (la caldaia a condensazione), **rispetto alla tecnologia tradizionale** (la caldaia tradizionale alimentata a gas naturale). Nel primo caso, invece, si assume che l'investitore volontariamente decida di sostituire un sistema esistente (ad esempio, lampade a incandescenza) con una tecnologia a maggiore prestazioni energetiche (ad esempio, lampade a fluorescenza).

¹ Il costo di generazione dell'energia termica in ambito residenziale è stato calcolato includendo anche il costo di investimento di una caldaia tradizionale alimentata a gas naturale, con un costo di fornitura del gas pari a 75 c€/m³, un rapporto di conversione pari a 9,7 kWh termici prodotti per m³ di gas, ed un rendimento di circa il 90%.

² Il costo di generazione dell'energia termica in ambito non residenziale è stato calcolato considerando anche il costo di investimento medio in una centrale termica tradizionale alimentata a gas naturale, con costo di fornitura del gas pari a 60 c€/m³, rapporto di conversione pari a 9,7 kWh termici prodotti per m³ di gas e rendimento di circa il 90%. Questo valore è stato però mediato con il costo della generazione dell'energia frigorifera ottenuta attraverso una tradizionale centrale frigorifera raffreddata ad aria [con un costo di fornitura dell'energia elettrica pari a 15 e 12 c€/kWh elettrico e coefficiente di prestazione pari mediamente a 2].

In questa situazione, **l'investimento che l'adozione del sistema energeticamente efficiente comporta e che viene considerato nell'analisi è dato semplicemente dal costo di acquisto di quest'ultimo.** Così facendo, la nostra analisi ci permette di simulare due momenti decisionali differenti, ma ugualmente importanti per la diffusione delle soluzioni di efficienza energetica in *building* residenziali e non, ossia il caso in cui si vuole capire se conviene intervenire per migliorare le prestazioni energetiche di un edificio esistente, e quello in cui si desidera capire se orientarsi, in sede di progettazione, verso una soluzione tradizionale, ma meno costosa, piuttosto che una tecnologia più efficiente, ma che normalmente comporta un investimento maggiore.

Infine, considerato il costo di acquisto delle tecnologie energeticamente efficienti nell'influenzare i livelli di convenienza economica, è stata condotta un'analisi di sensitività sul costo del kWh risparmiato o prodotto al variare di +/-20% del costo di acquisto. Tutti i grafici inclusi in questo capitolo riportano l'intervallo di variazione del costo del kWh per effetto di questa sensitività.

In conclusione, l'obiettivo dell'analisi riportata in questo capitolo è **di rendere confrontabili tra loro differenti soluzioni di efficienza energetica applicabili negli edifici**, così da offrire uno strumento utile a chi opera nelle varie fasi della catena del valore dell'efficienza energetica per valutare la convenienza relativa di differenti interventi applicabili ad edifici esistenti e di nuova costruzione.

3.1 Impiantistica

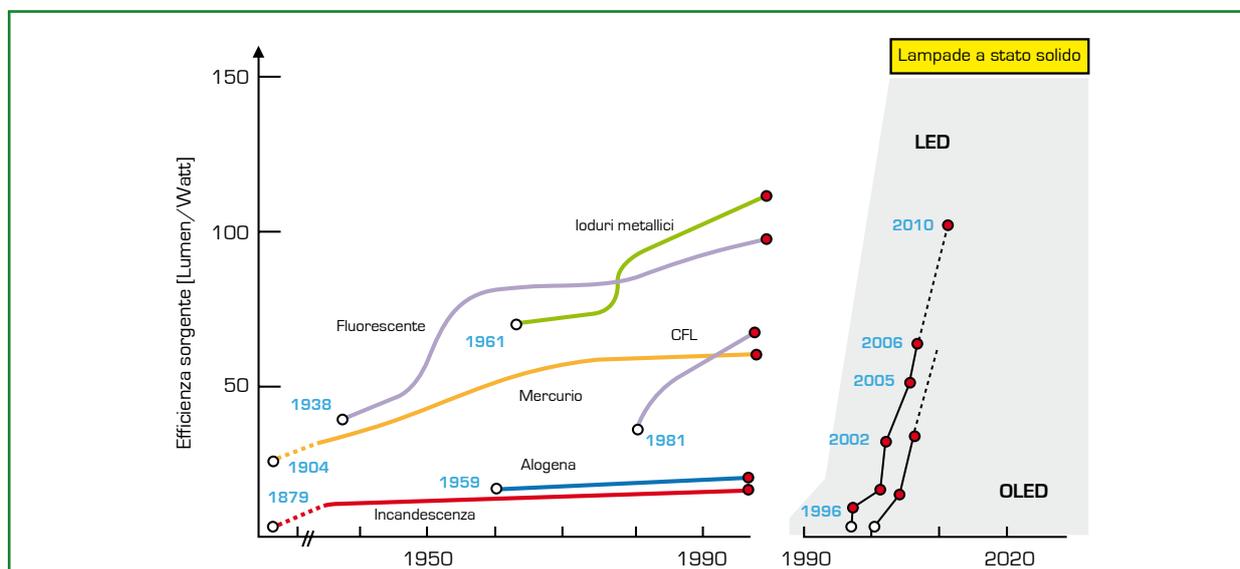
3.1.1 Tecnologie di illuminazione

In generale, un sistema di illuminazione artificiale si compone di diversi elementi: sorgenti luminose, convertitori, *starter*, *driver*, apparecchi di illuminazione e controlli. Le sorgenti luminose sono la fonte di luce, i convertitori sono i componenti che - nelle lampade a scarica - permettono di collegare la lampada alla rete elettrica, gli *starter* sono i sistemi per l'avviamento, i *driver* permettono di regolare l'intensità luminosa, mentre gli apparecchi di illuminazione costituiscono i sistemi di alloggiamento della sorgente luminosa. Negli apparecchi di illuminazione, i riflettori distribuiscono e reindirizzano la luce emessa dalla lampada e proteggono l'utente dall'abbagliamento.

Le prestazioni dei sistemi di illuminazione artificiale possono essere valutate in termini di efficienza luminosa, durata e temperatura di colore. L'**efficienza luminosa** rappresenta un parametro fondamentale che si misura in *lumen* su watt [lm/W]. Il *lumen* è l'unità di misura del flusso luminoso ed esprime la quantità di energia luminosa rilasciata dalla lampada nell'unità di tempo. L'efficienza luminosa è quindi un indicatore della quantità di energia elettrica assorbita che viene trasformata in luce (SI VEDA FIGURA 3.3). La **durata**, espressa in ore, si calcola considerando il numero di ore di funzionamento dopo il quale, in un determinato lotto di lampade e in ben definite condizioni di prova, il 50% delle stesse cessa

Figura 3.3

Evoluzione temporale dell'efficienza luminosa delle diverse alternative tecnologiche di illuminazione



di funzionare. La **temperatura di colore** viene infine espressa in gradi *kelvin* ed indica la tonalità della luce emessa da una lampada. Le tonalità vanno da “calda” con sfumature tendenti al giallo, a “neutra”, a “fredda” con sfumature tendenti all’azzurro.

Il campo dell’illuminazione efficiente ha registrato negli ultimi anni un notevole sviluppo tecnologico e di mercato, complici le Direttive Europee che hanno messo al bando tutte le tipologie di lampade tradizionali ad incandescenza entro il 2012, come si discuterà più avanti in questo paragrafo. Va anche detto che, oltre al sistema di illuminazione in sé, **i dispositivi utilizzati per controllarlo e guidarne il funzionamento rivestono un ruolo essenziale nell’influenzare i risparmi di energia conseguibili**. Tra essi, si ricordano i sensori di presenza/prossimità, che permettono l’accensione automatica in presenza di oggetti in movimento nel campo di copertura, ed i sensori di luminosità, che permettono di adattare il flusso luminoso della lampada in funzione delle condizioni di illuminazione dell’ambiente circostante. Per un approfondimento su questo tema si rimanda al PARAGRAFO 3.1.4.

Nel campo dell’illuminazione artificiale, le principali alternative tecnologiche oggi disponibili o in fase avanzata di sviluppo sono (si rimanda alla FIGURA 3.3 per una sintetica descrizione dell’evoluzione dell’efficienza luminosa delle diverse tecnologie):

- le **lampade ad incandescenza, tradizionali o alogene**. L’Unione Europea ha introdotto l’obbligo di togliere dal commercio progressivamente le lampade ad incandescenza tradizionali a partire dal 2009, per terminare nel 2012 (Regolamento n. 244/2009);
- le **lampade a scarica, a gas o a fluorescenza**. Esse costituiscono oggi la parte in assoluto più importante dell’offerta di mercato;

- le **lampade a stato solido**, tra cui le tecnologie del LED (*Light Emitting Diode*) e dell’OLED (*Organic Light Emitting Diode*), quest’ultima in fase ancora di messa a punto.

Le **lampade ad incandescenza tradizionali** sono costituite (come si vede nella FIGURA 3.4) da un bulbo in vetro dal quale viene tolta l’aria e sostituita con un gas inerte, generalmente Argon con piccole quantità di Azoto. Al suo interno, un filamento di Tungsteno attraversato dalla corrente elettrica diventa incandescente ed emette una certa quantità di luce. Con tale tecnologia, ormai obsoleta, si ha solo il 5% dell’energia elettrica convertita in luce, mentre la restante parte viene persa in calore. Esse presentano quindi una bassa efficienza luminosa (circa 10 lm/W) e una vita limitata, se confrontata con altri tipi di lampade. Durante il funzionamento, infatti, il Tungsteno evapora ed il filamento diventa sempre più sottile, fino a spezzarsi dopo circa 1.000-1.500

Figura 3.4

Una lampada ad incandescenza tradizionale



Box 3.1

Lo *switching-off* delle lampade ad incandescenza

L’Unione Europea ha introdotto, con il Regolamento n. 244/2009 del 18 Marzo 2009, l’obbligo di togliere progressivamente dal mercato le lampadine ad incandescenza tradizionali a partire dal 2009, per terminare nel 2012. Dal 2016 lo *switching-off* riguarderà anche le lampade incandescenti alogene. Dal 1° Settembre 2011 sono state

bandite dalla commercializzazione sul mercato dell’Unione Europea le lampade ad incandescenza da 60 W, dopo che erano già state eliminate quelle da 100 W nel settembre del 2009 e quelle da 75 W nel 2010. Nel 2012 andranno fuori dal mercato anche le lampadine a incandescenza da 45 e 25 W.

ore di funzionamento. Il vantaggio principale è la facilità di utilizzo, grazie all'immediata accensione e al fatto che non sono richieste apparecchiature ausiliarie per l'accensione. Va inoltre ricordato che la loro resa dei colori è ottima.

Essendo una tecnologia particolarmente inefficiente, l'Unione Europea ha fissato un calendario per la loro messa al bando (a proposito SI VEDA BOX 3.1). Quelle da 100 W e da 75 W sono già state bandite dal mercato, mentre si dovrà attendere il 2012 per lo *switching-off* totale.

Le lampade ad incandescenza alogene sono state introdotte intorno agli anni '50 per superare i limiti delle tradizionali lampade a incandescenza, cioè la bassa efficienza e la breve durata. I limiti iniziali di queste lampade, cioè l'emissione di raggi ultravioletti e l'eccessivo riscaldamento della lampada, sono stati oggi superati. Il primo ponendo davanti alla lampada una lastra di vetro, il secondo con la costruzione di speciali lampade, alogene dicriche, dotate di uno schermo posteriore che riflette solamente la luce visibile lasciando disperdere i raggi infrarossi. Al gas contenuto nel bulbo viene aggiunto Iodio, Kriptone e, a volte Xenone per permettere il riscaldamento del filamento fino a oltre 3.000 K, in modo da aumentare l'efficienza luminosa e spostare verso l'alto la temperatura di colore. Nelle lampade alogene il Tungsteno che evapora a causa della temperatura elevata reagisce con il gas formando un Alogenuro di Tungsteno. Successivamente il composto, entrando in contatto con il filamento incandescente si decompone e rideposita il Tungsteno sul filamento stesso realizzando un ciclo, il cosiddetto ciclo alogeno. In questo modo la durata di una lampada alogena può risultare doppia di quella di una lampada ad incandescenza normale, coi modelli più diffusi che si collocano nell'intorno delle 2.000 ore. Oltre alla durata doppia, tale tipologia di lampade ha un'efficienza luminosa maggiore rispetto alle normali lampade ad incandescenza (15-25 lm/W). Esse hanno tuttavia un costo più elevato, una maggiore temperatura di funzionamento e sono molto più delicate. Le lampade alogene sono disponibili in una notevole varietà di forme e di potenze. È possibile suddividerle in due grandi famiglie:

- a bassissima tensione;
- a tensione di rete.

Le lampade a bassissima tensione (si veda un esempio in FIGURA 3.5) da 6-12-24 V richiedono un trasformatore per il collegamento alla rete di 230 V. Ne esistono di due tipi: le capsule senza riflettore adatte

Figura 3.5

Una lampada ad incandescenza alogena a bassa tensione



per apparecchi di illuminazione di dimensioni molto ridotte e per realizzare un'illuminazione di atmosfera (come ad esempio nei cosiddetti soffitti "a cielo stellato"), e le lampade con riflettore. Queste ultime sono disponibili anche nella versione IRC (*infrared coating*) a risparmio di energia che riescono a raggiungere le 4.000 ore di vita utile. *Infrared coating* fa riferimento alla presenza di un riflettore che riporta parte del calore sul bulbo stesso, il che minimizza l'energia per avere il bulbo alla temperatura ideale di funzionamento. Se confrontate con le alogene tradizionali, quelle a risparmio energetico consumano ovviamente meno energia, disperdono meno calore, durano di più, hanno un flusso luminoso maggiore e costante nel tempo. Le alogene a risparmio energetico sostituiscono le incandescenti tradizionali dove si necessita di luce localizzata, riaccensioni frequenti, utilizzo discontinuo, immediata disponibilità di luce. Infine, le lampade a tensione di rete possono essere installate direttamente senza l'impiego di trasformatori. Sono disponibili in varie potenze e possono essere usate in sostituzione delle tradizionali lampade ad incandescenza.

Le **lampade a scarica** si basano invece su una tecnologia che permette l'emissione di radiazione elettromagnetica da parte di un plasma di gas ionizzato. La ionizzazione del gas è ottenuta per mezzo di una scarica elettrica che attraversa il gas stesso. In base al tipo di gas utilizzato, si distingue tra lampade ai vapori di sodio ad alta e bassa pressione e lampade ad alogenuri o ioduri metallici. Nel caso delle lampade a scarica a fluorescenza, invece, l'emissione luminosa visibile è indiretta, ossia non è emessa direttamente dal gas ionizzato, ma da un materiale fluorescente. Tra queste si distinguono le lampade

a fluorescenza compatte (CFL, *Compact Fluorescent Lamp*) o tubolari. Le **lampade a vapori di sodio ad alta pressione** (SON) rappresentano oggi la tecnologia più diffusa e consolidata per l'illuminazione stradale, ma possono trovare impiego anche in edifici industriali, parcheggi, piazze, giardini, e devono il loro successo all'alta efficienza (esse hanno superato il muro dei 100 *lumen* per watt con luce bianca), alla buona durata, al buon rapporto potenza/dimensioni, che rendono agevole il controllo del flusso luminoso emesso. Quelle a **bassa pressione** (SOX) hanno invece dei livelli impareggiabili di efficienza luminosa (fino a 200 lm/W) ed emettono una caratteristica luce monocromatica, con tonalità molto calda, tendente al giallo-arancione. Tuttavia, a causa della bassissima resa cromatica, sono adatte soltanto nei contesti in cui la qualità della percezione dei colori non è di primaria importanza. Le **lampade ad alogenuri o ioduri metallici** possiedono una resa cromatica che le rende particolarmente adatte all'illuminazione di impianti sportivi e nelle aree urbane, dove si vuole migliorare il *comfort* visivo. Allo stato attuale il rendimento ha raggiunto e superato i 100 lm/W, mentre la durata è aumentata fino alle 12.000-20.000 ore. Le **lampade fluorescenti** sono lampade a scarica a bassa pressione, costituite da un tubo di vetro rivestito internamente da uno strato di speciali polveri fluorescenti, che contiene vapore di Mercurio a bassa pressione. In corrispondenza delle estremità vi sono due elettrodi che, al passaggio della corrente, generano una scarica a cui è associata l'emissione di radiazioni luminose. La loro efficienza luminosa è più alta delle lampade a

incandescenza con cui entrano direttamente in competizione soprattutto nell'ambito residenziale (50 lm/W per le compatte e 80-90 lm/W per le tubolari). Similmente, la loro vita media è decisamente superiore rispetto alle lampade ad incandescenza, anche se questo parametro di prestazione può essere fortemente influenzato dal numero di accensioni e spegnimenti. Il valore che viene fornito dalle aziende produttrici è generalmente calcolato con cicli di accensione di 8 ore, e va dalle 12-20.000 ore delle lampade tubolari alle 6-12.000 ore delle lampade compatte. Bisogna inoltre considerare che tali lampade soffrono di un forte decadimento luminoso con il passare delle ore di funzionamento e quindi l'efficienza luminosa cambia con il passare del tempo. Le **lampade a fluorescenza tubolari, conosciute anche impropriamente come "neon"** (si vedano degli esempi in FIGURA 3.6), possono essere lineari o circolari. I diametri più diffusi sono di 16 mm (esse sono indicate in questo caso con la sigla T5) e di 26 mm (in questo caso la sigla di riferimento è T8). Le caratteristiche della luce emessa dalla lampada sono determinate dalla polvere fluorescente che riveste la parete interna del tubo. Le polveri fluorescenti più impiegate sono:

- polveri "standard". Le lampade rivestite con questo tipo di polveri sono le più economiche ma "falsano" i colori e li rendono sgradevoli. Queste lampade non sono adatte per l'illuminazione domestica, di uffici e di negozi, ma sono tipicamente impiegate in impresa;
- polveri "trifosforo". Esse sono più frequentemen-

Figura 3.6

Esempi di lampade fluorescenti tubolari



Figura 3.7

Esempio di lampada fluorescente compatta



te utilizzate e consentono di ottenere una tonalità di luce simile a quella delle lampade ad incandescenza. Sono inoltre contraddistinte da un'elevata efficienza luminosa;

- polveri “pentafosforo”. Esse conferiscono alla lampada un indice di resa cromatica elevatissimo, ma un'efficienza luminosa molto inferiore rispetto alle lampade rivestite con polveri del tipo trifosforo.

Le lampade fluorescenti compatte (CFL) sono invece conosciute anche come “lampade a risparmio di energia” e hanno dimensioni e tonalità di

luce simili a quelle delle lampade ad incandescenza, ma un'efficienza luminosa ed una durata notevolmente superiori (si veda la FIGURA 3.7).

In generale, **i principali vantaggi** delle tecnologie a fluorescenza possono essere così riassunti:

- elevata efficienza;
- lunga durata;
- diverse tonalità di colore;
- bassi costi di esercizio;
- basso sviluppo di calore.

I principali svantaggi sono invece sintetizzabili in:

- costo di acquisto iniziale consistente, anche se ultimamente i prezzi di queste tecnologie si stanno decisamente riducendo;
- discreta sensibilità alla temperatura (calo nelle *performance* al crescere della temperatura di esercizio);
- controllo ottico limitato;
- possibilità di *dimming* (ossia di controllo e regolazione dell'intensità luminosa) decisamente limitate, al contrario delle lampade a incandescenza e dei LED;
- presenza di Mercurio nella lampada.

Va detto, con riferimento a quest'ultimo punto, che **una delle principali sfide tecnologiche nel mondo dell'illuminotecnica**, oltre alla sopraccitata

Box 3.2

Il ciclo dei rifiuti delle lampade a fluorescenza

A fronte dei numerosi vantaggi, la tecnologia delle lampade fluorescenti richiede alcuni accorgimenti particolari in fase di smaltimento, a causa della presenza di Mercurio, che viene limitato dai provvedimenti europei a soglie che vanno dai 3,5 mg ai 30 mg per lampada³. Tali lampade devono essere smaltite come RAEE (Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche). In linea con questa disposizione, è stato fondato in Italia nel 2004 il consorzio Ecolamp, che si occupa della raccolta e del trattamento delle sorgenti luminose a basso consumo esauste. Al consorzio aderiscono ad oggi ol-

tre 140 produttori di apparecchiature di illuminazione, che fanno sì che Ecolamp rappresenti una quota pari a quasi il 70% del mercato delle sorgenti luminose. I servizi offerti riguardano la fornitura in comodato gratuito (ai centri di raccolta predisposti al conferimento dei RAEE) di contenitori, il trasporto delle apparecchiature di illuminazione raccolte presso selezionati centri di stoccaggio intermedi e il successivo trasferimento agli impianti di riciclo e, infine, il riciclo e il trattamento delle apparecchiature di illuminazione in impianti appositamente selezionati. Tali rifiuti, che con-

³ Direttiva Europea 2002/95/CE “RoHS - Restriction of Hazardous Substances Directive”, modificata con il provvedimento 2010/571/UE che cambia, adeguandolo al progresso scientifico e tecnico, l'allegato della Direttiva 2002/95/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda le esenzioni relative alle applicazioni contenenti Piombo, Mercurio, Cadmio, Cromo esavalente, Bifenili Polibromurati o Eteri di Difenile Polibromurato.

tengono componenti tossiche, possono essere riciclati fino al 95%. La tecnologia di trattamento utilizzata per tubi fluorescenti e lampade di altra forma è la frantumazione, che consiste nella triturazione delle sorgenti luminose e nella conseguente separazione delle singole componenti e captazione, sempre tramite processi di aspirazione e filtrazione, del Mercurio e delle polveri

fluorescenti. Il vetro lavato e triturato può così trovare nuove applicazioni in manufatti per l'edilizia (ad esempio lane di vetro e isolanti) o nei processi di vetrificazione delle superfici di piastrelle. Il Mercurio viene invece recuperato per distillazione e può trovare applicazione a livello industriale poiché presenta le medesime caratteristiche della materia prima originale.

spinta verso una maggiore efficienza e durata della vita del dispositivo luminoso, è la riduzione delle dispersioni di Mercurio e, più in generale, dell'impatto dei materiali tossici o dannosi per l'ambiente (su questo tema si veda il BOX 3.2).

Nella tecnologia a **LED**, acronimo di *Light Emitting Diode* (diodo ad emissione luminosa), il dispositivo sfrutta le proprietà ottiche di alcuni materiali semiconduttori per produrre fotoni che generano luce. La tecnologia a LED (SI VEDA FIGURA 3.8 per un esempio) rappresenta senza dubbio una delle maggiori innovazioni nella storia dell'illuminazione. Essa offre la possibilità di generare luce di vari colori in base alla loro costruzione ed ai valori di tensione e corrente di alimentazione. L'efficienza luminosa di una lampada di questo tipo è molto elevata (si aggira tra i 50/100 lm/W), con una durata intorno alle 50.000 ore.

I principali vantaggi delle lampade a LED possono essere così riassunti:

- dimensioni ridotte;
- buona robustezza fisica;
- lunga durata;
- cicli accensione/spengimento che non hanno alcun effetto sulla durata della lampada;
- non contengono Mercurio;
- elevata efficienza luminosa;
- nuove possibilità di illuminazione di *design*;
- possibilità di cambiare i colori della luce emessa;
- facilità di utilizzo in modalità *dimming*.

Gli svantaggi principali invece sono:

- mancanza di standardizzazione degli apparecchi di illuminazione (sistemi di alloggiamento);
- prezzo elevato;
- rischio di abbagliamento a causa delle piccole dimensioni della lampada.

Il tema dell'efficienza luminosa della tecnologia LED merita un discorso a sé. Essa permette di ottenere

Figura 3.8

Esempi di lampade a LED



valori di efficienza luminosa che, alla sorgente e in condizioni ottimali, si collocano nell'intorno dei 100-120 lm/W. Tuttavia, l'integrazione della sorgente a LED nell'apparato di illuminazione (includendo nel computo l'elettronica che gestisce la sorgente a stato solido e l'ottica per la diffusione) e le condizioni di normale esercizio (con temperature decisamente elevate) fanno sì che **l'efficienza complessiva del LED decada notevolmente, raggiungendo valori di circa 50-60 lm/W**, paragonabili a quelli delle lampade fluorescenti compatte. Questo problema è particolarmente accentuato se si considera che il prezzo del LED è decisamente superiore rispetto a quello delle tecnologie (50 € per lampada, rispetto a 1-2 € per la lampada a incandescenza). Inoltre tali valori sono raggiungibili solo per basse potenze del

singolo LED, quindi non sono ancora applicabili in maniera estensiva sugli apparati illuminanti in ambito residenziale e non residenziale. Esistono tuttavia alcune previsioni che giudicano **i LED in grado di raggiungere un'efficienza complessiva nell'intorno dei 100 lm/W nel giro di pochi anni**. Un discorso analogo vale anche per la durata del LED. Se questa tecnologia è in sé caratterizzata oggi da una vita utile di circa 50.000 ore, essa tuttavia scende in pratica a circa la metà a causa della più bassa vita utile dell'elettronica.

Se il LED rappresenta una delle principali innovazioni nel campo dell'illuminazione artificiale degli ultimi anni, **è attualmente in fase di sviluppo avanzato la tecnologia OLED**, che consente di realizzare una

Box 3.3

La tecnologia OLED

L'OLED (Organic Light Emitting Diode) è costituito da sottilissimi materiali organici, inseriti tra due elettrodi, che si accendono quando viene applicata la carica positiva. È in grado di fornire luce bianca o colorata e l'intensità di questa luce è sempre regolabile. Attualmente appare come un pannello, simile ad uno specchio quando è spento, ma l'obiettivo di alcuni laboratori è di renderlo sottile come una pellicola e quasi trasparente, in modo che sia anche applicabile su finestre e vetrate consentendo il passaggio della luce durante il giorno e accendendosi di notte. Per ora si è in fase prototipale ma questa tecnologia sviluppata nel campo dei *display* ha attirato l'interesse di molte multinazionali nel campo dell'illuminazione, come Philips e Osram. È teoricamente applicabile su qualsiasi superficie e permette un'illuminazione omogenea dell'ambiente circostante, in totale assenza di calore e senza abbagliare chi la osserva. Potrebbe essere integrata in un soffitto, in una parete o in un'anta di un qualsiasi mobile (SI VEDA FIGURA 3.9).

Per quanto concerne le prestazioni, allo stato attuale l'OLED è una sorgente luminosa già più efficiente delle lampade ad incandescenza, e si pone ad un livello paragonabile a quello delle lampade fluorescenti compatte. Secondo alcune stime, i valori di efficienza luminosa dovrebbero superare i 100 lm/W nel 2015. Ci sono tuttavia ancora alcuni ostacoli importanti verso l'indu-

strializzazione e commercializzazione di questa tecnologia. Oltre agli alti costi di produzione, essa è sensibile all'acqua e all'aria, è quindi soggetta ad ossidazione e necessita di adeguate protezioni. Inoltre esistono delle difficoltà dovute alle differenti durate delle luci colorate: mentre il blu può avere una vita compresa tra le 10.000 e le 15.000 ore, gli altri colori possono arrivare anche a 100.000 ore. Oggi la tecnologia degli OLED è applicata nei telefoni cellulari e in alcuni modelli particolarmente innovativi di TV. Ci si aspetta che a partire dal 2013 una piccola parte del fatturato realizzato a livello globale con questa tecnologia sia relativa ad applicazioni di illuminotecnica.

Figura 3.9

Esempio di applicazione della tecnologia OLED

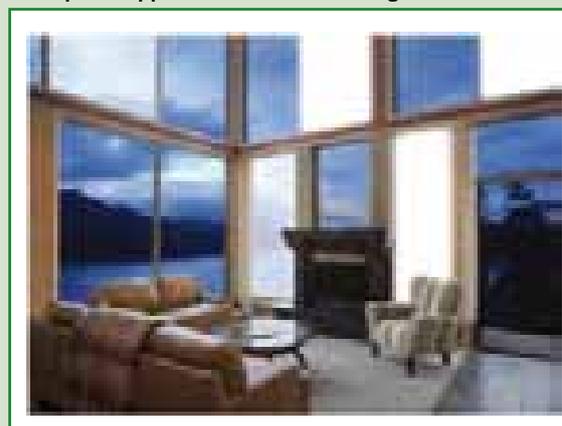


Tabella 3.1

Caratteristiche delle principali tecnologie di illuminazione

Tecnologia	Efficienza luminosa [lm/W]	Durata [ore]	Prezzo per potenza media
Ad incandescenza tradizionale	10	1.000 - 1.500	1 € (40 W)
Ad incandescenza alogena	15 - 25	2.000	2 € (20 W)
Fluorescente compatta	50	6.000 - 12.000	5 € (15 W)
Fluorescente tubolare	80 - 90	12.000 - 20.000	8 € (100 W) (senza alimentatore)
Alogenuri o Ioduri metallici	100	12.000 - 20.000	40 € (300 W)
Sodio alta pressione	100	10.000 - 12.000	
Sodio bassa pressione	200	10.000 - 12.000	
LED	50 - 60	25.000	50 € (300 W)

forma di illuminazione non puntiforme, bensì assicurata da ampie superfici illuminanti caratterizzate da elevata modularità e adattabilità. Per ulteriori dettagli su questa tecnologia si rimanda al BOX 3.3. Riportiamo una sintesi (SI VEDA LA TABELLA 3.1) delle differenze tra le principali tecnologie che sono state esaminate.

Come si può notare, **il sodio a bassa pressione, pur essendo una tecnologia matura, è la miglior sorgente sul mercato dal punto di vista dell'efficienza luminosa**, arrivando in condizioni ottimali a quasi 200 lm/W. Tuttavia, questa tecnologia ha due particolari inconvenienti, legati alle notevoli dimensioni degli apparecchi e soprattutto alla sua monocromaticità, che impedisce di ottenere una pur minima resa cromatica. Ciò rende questa lampada adatta unicamente all'illuminazione di zone ove non è richiesta alcuna qualità alla luce emessa, quali parcheggi, gallerie, depositi o magazzini.

Tra le tecnologie di illuminazione più efficienti che si possono impiegare in *building* industriali, ci sono invece le lampade ai vapori di sodio ad alta pressione, che si adattano ad un *range* più ampio di applicazioni rispetto a quelle a bassa pressione, quali l'illuminazione stradale e di spazi pubblici esterni (ad esempio piazze e giardini), in cui la qualità della resa

cromatica assume un ruolo più importante. Esse assicurano dei notevoli vantaggi dal punto di vista economico. Se si utilizzassero lampade ai vapori di sodio ad alta pressione, con potenza media di circa 200 – 400 W, in luogo delle tradizionali lampade ai vapori di mercurio (la cui commercializzazione è stata messa al bando dal 1° Luglio 2006), oppure di lampade a scarica a bassa efficienza, **si potrebbe risparmiare energia elettrica al costo di 3,5 c€/kWh nel caso di edifici esistenti** (assumendo un utilizzo di 6.000 ore annue), **e ad un costo prossimo a 0 c€/kWh per i nuovi edifici.**⁴ Concettualmente, questi valori sono da confrontare con una media di 12 c€/kWh del prezzo di acquisto dell'energia elettrica per le utenze industriali. Si può quindi affermare che, sostituendo in un edificio industriale esistente lampade ai vapori di mercurio o a scarica a bassa pressione con una lampada a scarica di sodio ad alta pressione, **ci sia un guadagno netto di circa 8,5 c€/kWh per ogni kWh consumato per finalità di illuminazione.** Assumendo ad esempio il caso di un capannone industriale con un consumo annuo di illuminazione di circa 240.000 kWh e 100 punti luce, l'investimento addizionale per impiegare lampade ai vapori di sodio ad alta pressione invece delle tecnologie più tradizionali di cui si è parlato poco sopra ammonterebbe a circa 4.000 € e si ripagherebbe in circa 1 anno.

⁴ Per un quadro completo delle assunzioni utilizzate nella stima degli indicatori di convenienza economica riportati nei paragrafi successivi si rimanda alla sezione metodologia del presente rapporto.

Risultati del tutto analoghi si otterrebbero utilizzando **lampade a scarica ad alogenuri metallici**, che dal punto di vista della convenienza economica sono quindi assimilabili alle lampade ai vapori di sodio ad alta pressione.

Una soluzione alternativa è quella che trova ampia applicazione oggi in **building destinati ad uffici** (con una stima di 3.500 ore annue medie di utilizzo), **ospedali** (6.000 ore annue medie di utilizzo), **scuole-università** (3.000 ore annue medie di utilizzo) e **Grande Distribuzione Organizzata – GDO** (con 5.000 ore annue medie di funzionamento), ossia le **lampade a fluorescenza tubolare**. Esse consentono infatti un livello di risparmio notevole in un ambito dove l'illuminazione pesa per percentuali che vanno dal 20 al 30% circa dei consumi elettrici complessivi. Venendo normalmente utilizzati per molte ore al giorno, i sistemi di illuminazione devono avere una lunga durata e scarse necessità di manutenzione. Nel dettaglio, le lampade che consentono un performance migliore sono le T5 con alimentatore elettronico, analizzate qui in sostituzione delle tradizionali T8 senza alimentatore elettronico. La *performance* economiche di questa tecnologia si colloca nell'interno dei **9,5 c€/kWh risparmiato per gli edifici esistenti e di 7,5 c€/kWh risparmiato per le nuove realizzazioni**, decisamente inferiori rispetto ai 15 c€/kWh medi di acquisto dell'energia elettrica in questi ambiti di applicazione. Immaginando ad esempio il caso di un ufficio con consumo elettrico annuo per illuminazione di oltre 120.000 kWh, l'adozione di lampade fluorescenti tubolari ad alta efficienza (T5 con alimentatore elettronico) comporterebbe un investimento addizionale di 4.000-5.000 € che si ripagherebbe in circa 2-3 anni.

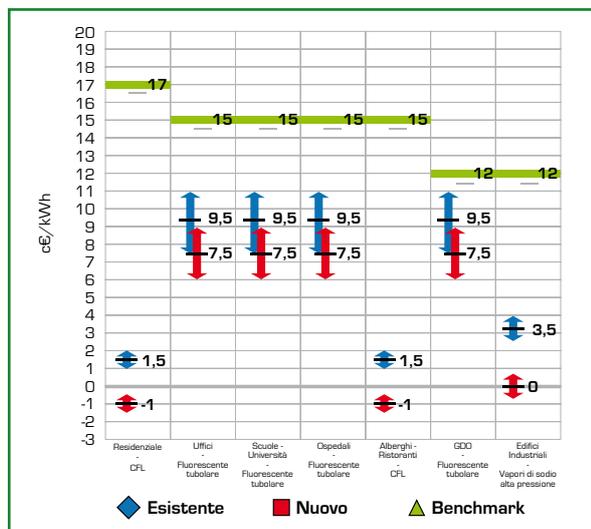
In ambito **residenziale** – dove l'illuminazione pesa per circa il 25% dei consumi elettrici medi – trova tuttora diffusione la lampada ad incandescenza tradizionale (che conta per oltre il 70% dello *stock* installato), in quanto la resa cromatica unita alla percezione di luce "calda" hanno fatto sì che si verificasse una corsa all'acquisto di questi dispositivi prima dell'entrata in vigore del divieto di commercializzazione per talune potenze. Tuttavia, ad oggi la **lampada a fluorescenza compatta** ha raggiunto livelli di efficienza tali da rendere il suo utilizzo preferibile in termini di costo del kWh risparmiato, soprattutto negli ambienti che necessitano di almeno qualche ora al giorno di illuminazione artificiale, quanto più possibile continuata. La lampada fluorescente compatta è, infatti, sensibile ad un elevato numero di accensioni e spegnimenti, che ne dimi-

niscono in modo drastico la vita utile. La situazione è analoga in **alberghi e ristoranti**, con un utilizzo medio per singolo punto-luce maggiore, pari a circa 3.000 ore annue. In passato, il prezzo di acquisto elevato di CFL (*Compact Fluorescent Lamp*) rispetto alle lampade ad incandescenza è stato uno dei principali ostacoli alla loro penetrazione nel mercato, oltre al fatto che esse producono una luce abbastanza asettica e che i consumatori, che hanno provato le prime versioni di CFL, hanno rivelato in molti casi rotture entro il tempo di vita dichiarato, creando così sfiducia su questa tecnologia. Oggi **l'adozione di lampade a fluorescenza compatte in ambito residenziale e nelle strutture recettive e nei ristoranti comporta un costo del kWh risparmiato rispetto alle soluzioni ad incandescenza tradizionali di circa 1,5 c€/kWh in un edificio esistente e di circa -1 c€/kWh in una nuova realizzazione**. Questi valori estremamente bassi sono da confrontare con i 17 c€ di costo di acquisto di un singolo kWh elettrico da parte dell'utente finale.

I LED meritano infine un discorso a parte. Come si nota dalla TABELLA 3.1, essi **non rappresentano ancora una soluzione particolarmente efficiente e presentano dei costi di acquisto piuttosto elevati**. Considerando però la loro durata, già oggi essi paiono dal punto di vista economico convenienti rispetto alle soluzioni tradizionali consolidate. Nel campo dei *building* residenziali, ad esempio, si può stimare che essi comportino un costo del kWh risparmiato di circa 5,5 c€/kWh (nel caso di edifici esistenti) e di 3,5 c€/kWh (nel caso di nuovi edifici). Siamo ovviamente ancora lontani rispetto ai valori raggiunti dalle lampade a fluorescenza compatte di cui si è parlato sopra, ma se confrontati con il prezzo di acquisto dell'energia elettrica per il cliente residenziale si comprende come l'investimento possa essere particolarmente interessante. In media, **il tempo di pay-back di un investimento in lampade a LED si colloca nell'intorno dei 4-5 anni**, a fronte delle altre tecnologie più efficienti - fluorescenti compatte e tubolari o lampade a vapori di sodio ad alta pressione o ad alogenuri metallici, in base agli ambiti di applicazione – che fanno registrare valori di *pay-back time* di 1-2 anni. Bisogna tuttavia considerare che il livello di efficienza luminosa del LED presenta ancora particolari margini di miglioramento, che verosimilmente lo porteranno a raggiungere i 100 lm/W nel giro di pochi anni. In termini di applicazioni future, il LED potrà trovare largo impiego nel settore della GDO, dove la tecnologia può giovare della temperatura dell'ambiente relativamente bassa, che riduce notevolmente il problema del degrado dell'ef-

Figura 3.10

Quadro sinottico della convenienza economica delle diverse tecnologie di illuminazione energeticamente efficienti



ficienza da surriscaldamento. In aggiunta, la possibilità di *dimming* - non realizzabile con le lampade a fluorescenza - ben si adatta alle esigenze di controllo della temperatura delle zone "fredde", ottenuta anche con la regolazione dell'intensità luminosa. Non c'è dubbio quindi che i LED rappresentino il futuro dell'illuminazione, sia essa pubblica o privata, presentando enormi margini di crescita e di sviluppo sia in termini tecnologici che economici. Tutto ciò in attesa della maturazione di altre tecnologie che paiono particolarmente promettenti sul medio-lungo termine, quali ad esempio gli OLED.

La FIGURA 3.10 riporta un quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di tecnologie di illuminazione efficiente, misurata attraverso l'indicatore del costo del kWh elettrico risparmiato sulla vita media della tecnologia, sia nel caso di installazione in edifici nuovi che esistenti, per i diversi ambiti di applicazione considerati. Sull'asse delle ascisse si riporta la specifica tecnologia efficiente considerata nei vari comparti. Nel grafico è riportato anche un costo del kWh elettrico di *benchmark*, che è fatto pari al costo medio di acquisto dell'energia dalla rete nei diversi ambiti di applicazione. Come si nota, la maggiore convenienza economica (misurata come differenza tra il costo del kWh elettrico risparmiato ed il costo d'acquisto dello stesso) si realizza nel caso di adozione di lampade fluorescenti compatte in ambito residenziale invece di lampade a incandescenza, specialmente in edifici nuovi (dove l'investimento richiesto è differenziale rispetto a quello necessario per dotare l'edificio di

tecnologie tradizionali, mentre nel caso di edifici esistenti, il costo di acquisto della tecnologia tradizionale si considera già completamente ammortizzato). Segue quindi l'uso di lampade fluorescenti compatte in alberghi, ristoranti e altre strutture ricettive in sostituzione di lampade a incandescenza, per finire con gli edifici industriali (nell'ipotesi di adozione di lampade a scarica di sodio ad alta pressione invece di lampade ai vapori di mercurio o a scarica a bassa pressione). Nonostante questi siano gli ambiti in cui si registra la maggiore convenienza economica, anche negli altri campi di applicazione (ossia uffici, scuole-università, ospedali e GDO) l'investimento in tecnologie di illuminazione artificiale energeticamente efficienti sembra essere pienamente giustificato per l'utilizzatore finale.

3.1.2 Elettrodomestici

L'obiettivo di questo secondo paragrafo è di studiare la convenienza economica degli elettrodomestici efficienti. Ci concentreremo in particolare su quelli che sono definiti **elettrodomestici bianchi**, a loro volta suddivisibili in:

- apparecchi del "freddo", destinati alla conservazione di alimenti, che comprendono:
 - frigoriferi (e frigo-congelatori).
- apparecchi del "lavaggio", utilizzati per il lavaggio e l'asciugatura di biancheria e di stoviglie, che comprendono:
 - lavabiancheria (ossia lavatrici);
 - lavastoviglie.

La scelta di concentrarci su questi elettrodomestici discende dal fatto che essi sono quelli che hanno fatto registrare negli ultimi anni una maggiore spinta al miglioramento della loro efficienza energetica. Ovviamente il *focus* principale riguarderà l'applicazione di questi elettrodomestici in ambito residenziale, anche se si considereranno gli ambiti non residenziali per quanto riguarda le tecnologie di refrigerazione.

Se si considera il consumo elettrico annuale medio in un edificio residenziale, si nota come **più del 35% sia legato all'utilizzo del frigorifero, della lavatrice e della lavastoviglie**. Bisogna tuttavia notare che l'attuale consumo energetico assoluto di elettrodomestici bianchi risulta essere inferiore del 15% rispetto a quello dello *stock* esistente al 1990 in Italia, nonostante la crescita del numero complessivo di elettrodomestici. Mediamente, si registra un miglioramento delle prestazioni ener-

getiche degli elettrodomestici bianchi disponibili sul mercato negli ultimi 20 anni del 40%. Questa significativa riduzione dei consumi energetici è stata ottenuta attraverso una forte innovazione di prodotto promossa dalle imprese e incentivata dall'Unione Europea attraverso l'introduzione di sistemi per monitorare e certificare l'efficienza energetica dei prodotti (quali ad esempio l'etichettatura energetica, SI VEDA IL BOX 3.4 su questo punto). Più recentemente, in Italia, la spinta allo

sviluppo di elettrodomestici efficienti è stata anche ottenuta attraverso forme di incentivi fiscali (SI VEDA IL BOX 3.5), in modo simile a quanto avvenuto in Spagna dove esistono degli sconti sui prezzi degli elettrodomestici ed in Francia e Regno Unito, dove sono in vigore particolari obblighi di efficienza per i fornitori. Alcuni recenti studi mostrano come l'introduzione dell'etichettatura energetica a livello europeo sia stata uno dei *driver* più importanti per stimolare lo sviluppo del mercato

Box 3.4

L'etichettatura energetica degli elettrodomestici

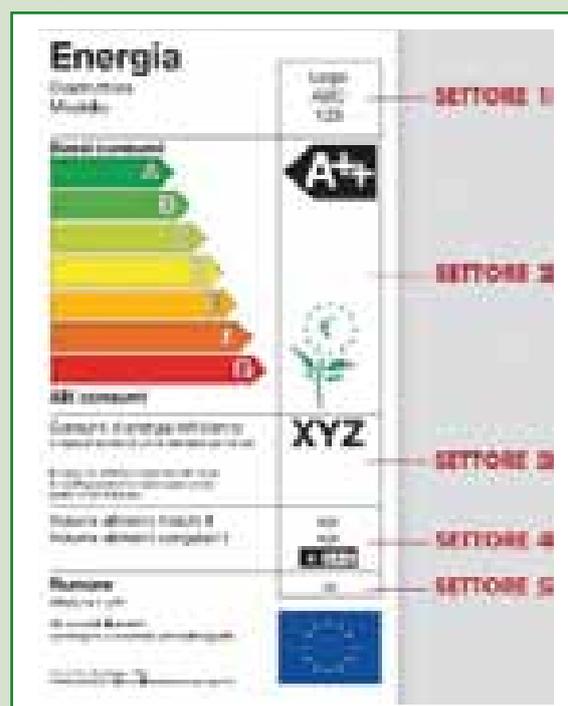
L'avvento dell'etichettatura energetica nel mercato italiano degli elettrodomestici risale ormai a più di un decennio, quando nel 1998 l'ordinamento italiano, con il Decreto del 9 Marzo, ha recepito la Direttiva 1992/75/CEE. In particolare, a partire da Marzo 1998 è stato introdotto l'obbligo dell'etichettatura energetica per i frigoriferi e i congelatori, a Maggio 1999 per le lavatrici e a Giugno 2000 per le lavastoviglie. L'etichetta energetica è uno strumento importante a disposizione del consumatore in quanto contiene tutte le informazioni utili ad una scelta attenta dell'elettrodomestico. Per garantire un'uniformità di valutazione di ciascuna tipologia di prodotto la normativa segue degli standard stabiliti dall'Unione Europea. In generale, l'etichetta energetica è composta da cinque settori (SI VEDA FIGURA 3.11):

- *primo settore*: riporta il marchio del produttore e il nome del modello
- *secondo settore*: riporta le classi di efficienza energetica attraverso una rappresentazione grafica in cui la classe A è quella più efficiente mentre la G quella meno efficiente. Il colore delle classi e la lunghezza delle barre che le rappresentano sono tali da esprimere in modo visivo l'efficienza o meno del prodotto. Attualmente il mercato offre prodotti di classe A o superiore (A+, A++, A -10% - con consumi inferiori del 10% a quelli della classe A - A-20%, A-30%), ma al momento dell'introduzione dell'etichettatura energetica erano presenti prodotti appartenenti anche a classi inferiori.
- *terzo settore*: riporta il consumo energetico espresso in kWh. Il consumo è calcolato effettuando delle prove *standard* sull'elettrodomestico. In particolare, si adottano le seguenti convenzioni:
 - per i frigoriferi, si calcola il consumo medio nell'arco di 24 ore;

- per le lavatrici, si calcola il consumo di un ciclo normale di cotone a 60°C di temperatura;
- per le lavastoviglie si calcola il consumo di energia per un ciclo completo di operazioni, il consumo solo per il lavaggio e il consumo per la sola centrifugazione (per questo motivo le classi energetiche delle lavastoviglie sono indicate con 3 cifre, ad esempio AAA).
- *quarto settore*: riporta le caratteristiche prestazionali fondamentali relative all'apparecchio e come possono incidere sul consumo energetico.

Figura 3.11

Esempio di etichetta energetica per gli apparecchi del freddo



- *quinto settore*: riporta il livello di rumorosità a regime dell'apparecchio.

Il 22 Luglio 2009, la Commissione Europea ha approvato un nuovo Regolamento⁵ per gli elettrodomestici di refrigerazione ad uso domestico secondo il quale i requisiti minimi di efficienza energetica si basano sull'indice EEI (*Energy Efficiency Index*) (SI VEDA BOX 3.6) che rappresenta il rapporto tra il consumo annuo dell'apparecchio ed il consumo *standard* di un modello con caratteristiche simili. Il nuovo Regolamento entrerà in vigore a partire dal 2013. In particolare, per gli elettrodomestici destinati alla conservazione dei cibi (che utilizzano la tecnologia a compressore) sono stati definiti i seguenti requisiti minimi di efficienza energetica:

- dal Luglio 2010 l'attuale classe A è diventata la classe minima di efficienza (EEI <55);
- dal Luglio 2012 l'attuale classe A+ diventerà la nuova classe minima di efficienza (EEI <44);
- dal Luglio 2013 la nuova classe minima avrà dei requisiti ancora più stringenti con EEI <42.

Per quanto riguarda le lavatrici, alcune imprese del settore rappresentate dal CECED⁶ hanno concordato di eliminare le lavatrici meno efficienti dal mercato e di introdurre la classe energetica A+. Nel Marzo 2009 il Comitato di Regolamentazione Europeo ha approvato la Direttiva che indica una versione aggiornata dei requisiti minimi dell'etichettatura energetica per le lavatrici sulla base dell'indice di efficienza energetica (EEI) calcolato come il rapporto tra il consumo annuo dell'apparecchio e il consumo *standard* di un modello con la stessa capacità di carico. Per le lavatrici sono stati definiti i seguenti requisiti minimi:

- dal 2010 un requisito minimo di classe A per il consumo di energia (EEI <68);
- dal 2015 un requisito minimo di classe A+ per il consumo di energia (EEI <59).

Per l'etichettatura energetica delle lavastoviglie, il Comitato riunitosi nel 2009 non ha valutato alcuna nuova proposta, rinviando una eventuale decisione ad una data futura. Nel 2010 è stata inoltre approvata dall'Unione Europea la Direttiva 2010/30/UE concernente l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all'energia, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti, che sintetizza la Direttiva 1992/75/CEE e le sue successive integrazioni. Tale Direttiva non è ancora stata recepita a livello italiano. In TABELLA 3.2 si riportano i principali *step* previsti da questa Direttiva, mentre la FIGURA 3.12 illustra la nuova etichetta energetica, dove si può notare l'aggiunta di tre nuove classi energetiche (A+ e A++), che andranno ad aggiungersi all'originario schema di classificazione.

Figura 3.12

Il passaggio alla nuova etichettatura energetica in base alla Direttiva 2010/30/UE

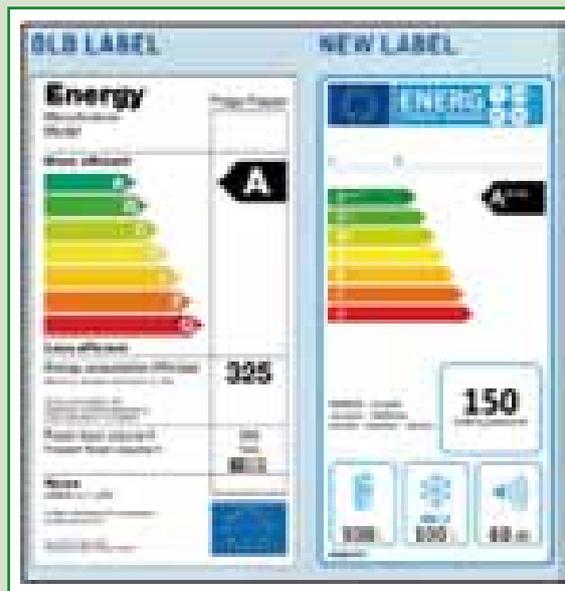


Tabella 3.2

Gli step di applicazione della Direttiva 2010/30/UE

Tempistica	Azione
Novembre 2010	Pubblicazione dei Regolamenti nella Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea
Dicembre 2010	Possibilità facoltativa per i produttori di usare la nuova etichetta energetica europea
Dicembre 2011	Fornitura obbligatoria della nuova etichetta energetica
Aprile 2012	Obbligo di menzione della classe energetica nel materiale promozionale che riporti informazioni su consumi, prezzi e caratteristiche tecniche

⁵ Regolamento Europeo n. 643/2009 del 22 Luglio 2009 che implementa la Direttiva 2005/32/CE.

⁶ CECED (Conseil Européen de la Construction d'appareils Domestiques) è un'organizzazione europea con sede a Bruxelles che rappresenta i produttori di apparecchi domestici e professionali. Il ramo italiano di tale organizzazione prende il nome di CECED Italia e cura gli interessi dei produttori operanti sul territorio italiano.

Box 3.5**Le misure di supporto allo sviluppo dell'efficienza energetica negli elettrodomestici**

Recentemente in Italia sono entrate in vigore due principali misure che supportano la diffusione di elettrodomestici efficienti:

- la detrazione fiscale IRPEF del 20% per la sostituzione di frigoriferi e congelatori con apparecchi ad alta efficienza energetica, valida da Aprile 2007 a Dicembre 2010, introdotta con la Legge n. 296 del 27 Dicembre 2006 (Legge Finanziaria 2007). Questa iniziativa ha avuto un notevole impatto sul mercato, contribuendo a determinare un rapido spostamento del *mix* di elettrodomestici presenti sul mercato verso le classi *super*-efficienti. Ad esempio, si è passati dal 16,6% di vendite di apparecchi in classe A+ ed A++ nel 2006 al 69,7% nel 2010. Inoltre dal 1 Luglio 2010 non è più

possibile immettere sul mercato apparecchi di classe inferiore ad A;

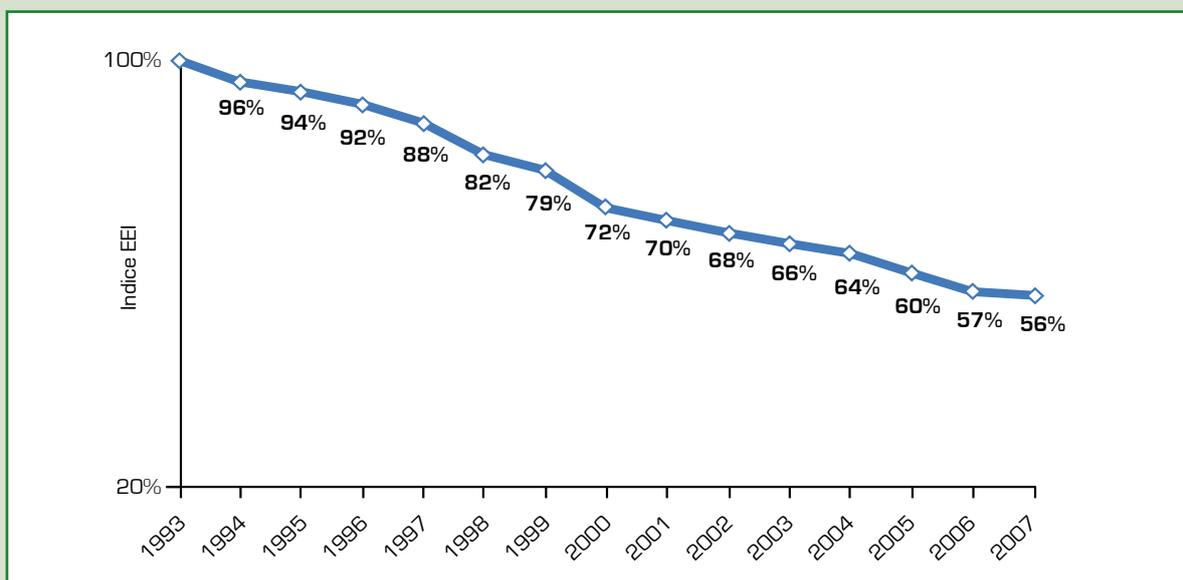
- con il Decreto Ministeriale 26/3/2010, sono stati istituiti da Aprile 2010 fino al 31 Dicembre 2010 gli incentivi per al sostituzione di vecchi apparecchi con elettrodomestici efficienti pari a un contributo del 20% del costo di acquisto con una soglia massima a seconda dell'apparecchio. La misura riguarda principalmente le lavastoviglie in classe non inferiore alla A, mentre sono esclusi dalla misura i frigoriferi e le lavatrici, ad eccezione del caso in cui siano inseriti in una cucina componibile (frigoriferi A+/A++, che beneficiano di un contributo pari al 10% del costo d'acquisto).

Box 3.6**L'Energy Efficiency Index (EEI)**

L'indice EEI (*Energy Efficiency Index*) è un indicatore molto utile per determinare l'efficienza energetica di un apparecchio ad uso domestico. Il suo valore è espresso in percentuale e viene determinato rapportando il consumo di un apparecchio *standard* (con delle caratteristiche pre-stabilite) con quello dell'elettrodomestico preso in esame. La procedura di calcolo dell'indicatore rientra nelle Di-

rettive emanate dalla Commissione Europea a partire dal 1992 e aggiornate il 22 Luglio 2009. In queste Direttive vengono inoltre indicate ai produttori le specifiche di progettazione eco-compatibile per l'immissione delle diverse tipologie di elettrodomestici sul mercato.

Analizzando i valori dell'indice EEI degli apparecchi per il freddo (SI VEDA FIGURA 3.13) si nota come dal 1993 al

Figura 3.13**Andamento dell'indice EEI degli apparecchi per il freddo venduti in Italia**

2007 l'indicatore sia cresciuto costantemente registrando un miglioramento complessivo del 44%. In particolare, in Italia e nel Regno Unito, dove i tassi di sostituzione sono stati molto elevati grazie alle politiche di incentivazione decise dai governi (rispettivamente la detrazione sull'imposta sul reddito in Italia e l'*Energy Efficiency Commitment Programme* nel Regno Unito) si è contribuito significativamente all'introduzione di una nuova generazione di elettrodomestici più efficienti.

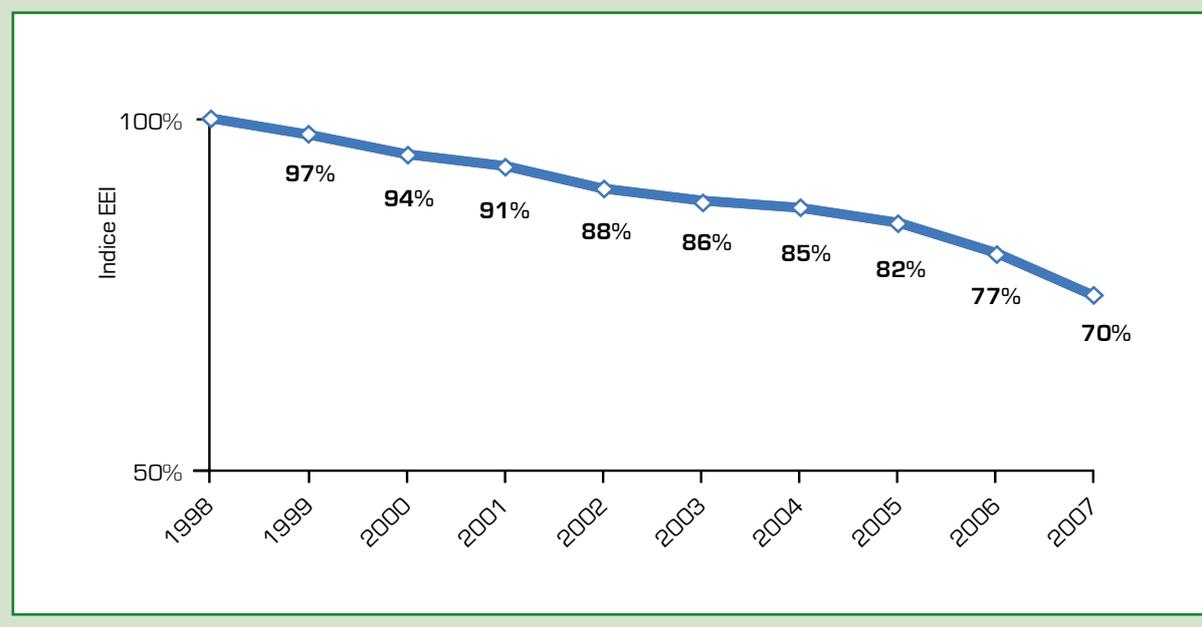
Per quanto riguarda l'indice EEI delle lavatrici si possono fare delle considerazioni analoghe a quello dei frigorife-

ri. L'indicatore ha raggiunto in questo caso un miglioramento di efficienza del 30% dal 1998 al 2007 (SI VEDA FIGURA 3.14).

Diverso è il caso dell'indice EEI delle lavastoviglie, il cui andamento dimostra solo un lieve miglioramento delle *performance* di efficienza energetica. Oggi il consumo medio di una lavastoviglie è di poco più del 10% inferiore rispetto ai consumi del 2001. Per questa ragione si può affermare che, con l'attuale tecnologia, non ci siano grandi possibilità di miglioramenti energetici e quindi non sia ancora possibile introdurre la classe A+ come classe di efficienza.

Figura 3.14

Andamento dell'indice EEI delle lavatrici vendute in Italia



Il **frigorifero** è l'elettrodomestico più diffuso in Italia, con ben il 98% delle famiglie che ne possiede almeno uno. Attualmente i modelli diffusi sul mercato sono i frigoriferi monoporta con un solo vano frigo e fino a 290 l di capacità, i frigoriferi a due porte fino a 300 l di capacità (sono in genere dei frigo-congelatori) e i frigoriferi "side by side" dotati di due grandi vani affiancati e con capacità fino a 500 l. Per quanto riguarda i congelatori, essi si suddividono in "verticali" e in "orizzontali", questi ultimi denominati anche congelatori a pozzetto. I componenti fondamentali di un frigorifero sono il compressore (apparato motore responsabile di estrarre calore dall'interno) e lo scambiatore di calore (attraverso cui si cede calore all'ambiente esterno). Il principio

di funzionamento di un frigorifero si basa su un sistema ciclico di compressione e di evaporazione capace di trasformare un liquido refrigerante in uno stato gassoso in modo tale che possa assorbire il calore dei cibi all'interno del vano. Questo sistema, pur essendo il medesimo per tutte le tipologie di frigoriferi e congelatori, può essere ottimizzato agendo su alcuni componenti che permettono di ridurre i consumi energetici. Per questo i grandi produttori investono sia nel miglioramento dell'efficienza dei compressori (governati elettronicamente) sia nei circuiti di controllo che ottimizzano il rendimento termico. Negli ultimi anni si stanno diffondendo sempre più i modelli di frigorifero "no frost"⁷ e quasi tutti gli apparecchi di ultima generazione sono do-

⁷ Frigoriferi con sistema di turbo ventilazione.

tati di questa tecnologia. Il sistema consiste in un'areazione interna dei vani con il duplice vantaggio di avere un raffreddamento rapido di tutti i cibi e di evitare la formazione di brina. Questa funzione, che è particolarmente efficace per i congelatori, comporta un supplemento di dispendio di energia che però viene controbilanciato da un miglior funzionamento e da una più efficiente refrigerazione. Come accennato in precedenza, i frigoriferi sono gli elettrodomestici bianchi che hanno fatto registrare i più consistenti miglioramenti di *performance* in termini di efficienza energetica. Oggi sono infatti disponibili sul mercato frigoriferi di classe A (26% dei prodotti presenti a portafoglio delle imprese operanti sul mercato italiano), di classe A+ (65%) e di classe A++ (9%). Per quanto riguarda la convenienza economica⁸, la nostra analisi ci porta a stimare, in ambito residenziale, che **l'adozione di un frigorifero di classe A++ comporta un costo del kWh elettrico risparmiato medio sulla vita utile dell'apparecchio di circa 12,5 c€/kWh nella situazione di primo acquisto dell'elettrodomestico. Nel caso di sostituzione di un frigorifero esistente, invece, in cui si assume che il costo dell'elettrodomestico pre-esistente sia già stato completamente ammortizzato, il costo del kWh risparmiato sale a circa 39 c€/kWh.** Questo assumendo come *benchmark* rispetto cui il calcolo è stato effettuato una frigorifero di classe A.

La **lavatrice**, con una diffusione del 79%, è il terzo elettrodomestico più diffuso in Italia dopo il frigorifero e la televisione. A seconda di dov'è posto lo sportello di carico, esistono due diverse tipologie di lavatrici, quelle a carica frontale e quelle a carica dall'alto, che in genere sono di dimensioni più contenute. Il carico massimo di una lavatrice può essere di 3 kg per quelle di più piccola dimensione e fino a 9 kg per quelle *extralarge*. Gli elementi caratteristici dell'apparecchio sono le resistenze (per riscaldare l'acqua per il lavaggio) e il sistema motore-cestello che, grazie alla centrifuga, permette il lavaggio dei capi e la loro asciugatura. Il lavaggio può avvenire attraverso la tecnica dell'ammollo, in cui i capi vengono immersi nell'acqua mista a detersivo e scaldata a temperatura predefinita, oppure con la tecnica "a pioggia" (denominata lavaggio a ricircolo) che consiste in uno scroscio di acqua e detersivo a forte pressione. L'efficienza complessiva è dunque determinata dalla capacità dell'apparecchio di effettuare

un lavaggio adeguato utilizzando il minor quantitativo possibile di energia e acqua. La classe massima riconosciuta dall'etichettatura è la A (36% dei prodotti presenti a portafoglio delle imprese operanti sul mercato italiano), tuttavia alcuni apparecchi presentano a catalogo prestazioni migliori, classe A-10%, A-20% (che cumulano complessivamente il 59% dei prodotti presenti a portafoglio), A-30% (5%)⁹, ossia hanno un consumo energetico inferiore a quelli di classe A della corrispondente percentuale. Dal punto di vista della convenienza economica, **il costo del kWh risparmiato acquistando una lavatrice ad altissima efficienza (classe A-30%), è pari in media a 45 c€/kWh in caso di primo acquisto dell'elettrodomestico e 81 c€/kWh nel caso di sostituzione di un elettrodomestico già esistente.** Questo assumendo come *benchmark* rispetto cui il calcolo è stato effettuato una lavatrice di classe A (classe minima offerta sul mercato, ad esclusione di rare eccezioni). Come si desume da questa analisi, il costo per risparmiare un kWh investendo in lavatrici ad alta efficienza per applicazioni residenziali è decisamente superiore rispetto al caso dei frigoriferi di cui si è parlato sopra. Ciò si spiega soprattutto con la minore maturità delle tecnologie in gioco, il che ci porta a ritenere che nei prossimi anni il miglioramento dell'efficienza e soprattutto la riduzione dei costi dei componenti saranno particolarmente accentuati, rendendo più conveniente l'investimento in questa tipologia di elettrodomestici efficienti.

Per quanto riguarda le **lavastoviglie**, la loro penetrazione nel mercato italiano raggiunge circa il 40%. Un lavaggio efficiente richiede l'utilizzo del giusto *mix* di detersivo, acqua e energia in modo da sottoporre le stoviglie a tre diversi tipi di azioni: chimica (l'azione sgrassante del detersivo), fisica (il calore dell'acqua scaldata) ed infine meccanica (il flusso dell'acqua sulle stoviglie). Esistono tuttavia tre differenti sistemi di lavaggio che si differenziano per la modalità con cui viene erogata l'acqua: il lavaggio alternato (l'acqua viene indirizzata alternativamente al cesto superiore e a quello inferiore), il lavaggio ad impulsi (in cui varia la pressione di uscita dell'acqua a seconda che si debba eliminare lo sporco o effettuare un'azione sgrassante) e il lavaggio traslante (in cui attraverso alcuni dispositivi l'acqua raggiunge ogni angolo del vano della lavastoviglie). La tecnologia delle attuali lavastoviglie ha permesso

⁸ Per un quadro completo delle assunzioni utilizzate nella stima degli indicatori di convenienza economica riportati nei paragrafi successivi si rimanda alla sezione metodologia del presente rapporto.

⁹ E' possibile indicare un consumo energetico inferiore a quello della classe A in diversi modi. Per quanto riguarda le lavatrici si utilizza la forma A-xx% mentre per i frigoriferi si utilizza A+ o A++.

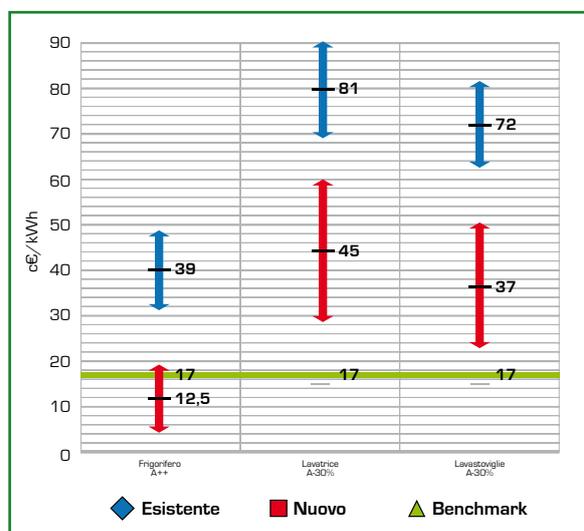
un'ingente diminuzione di acqua per il lavaggio e un conseguente risparmio energetico per il processo di riscaldamento. Anche confrontando i consumi di un lavaggio di una lavastoviglie con quelli del lavaggio a mano, si può notare come l'apparecchio rappresenti la soluzione ideale contro gli sprechi di energia e di acqua. In particolare, un lavaggio a mano richiede mediamente l'utilizzo di 20 l d'acqua (in genere acqua calda) mentre per le moderne lavastoviglie sono sufficienti 13-14 l. Come le lavatrici, anche le lavastoviglie dispongono di diversi programmi che variano in funzione della temperatura, della quantità d'acqua impiegata e della durata totale del ciclo, in modo da ottimizzare il lavaggio a seconda delle esigenze. Negli apparecchi più all'avanguardia sono presenti dei sensori che rilevano le caratteristiche dell'acqua e del carico e scelgono autonomamente il programma di lavaggio più appropriato al fine del risparmio energetico. Dal punto di vista della convenienza economica, la nostra analisi porta a stimare **il costo medio del kWh risparmiato utilizzando una lavastoviglie ad alta efficienza** (ossia A-30%, che rappresenta l'1% dei prodotti presenti a portafoglio delle imprese operanti sul mercato italiano) **in 37 c€/kWh in caso di primo acquisto dell'elettrodomestico. Nel caso invece di sostituzione di un elettrodomestico esistente, il costo sale a 72 c€/kWh.** Questo considerando come *benchmark* una lavastoviglie tradizionale di classe A (90% dei prodotti presenti a portafoglio delle imprese operanti sul mercato italiano). Anche per quanto riguarda le lavastoviglie, quindi, valgono le medesime considerazioni svolte per le lavatrici.

In TABELLA 3.3, si riportano i premi di prezzo dei prodotti nelle classi di efficienza energetica massima considerate nell'analisi confrontati con quelli in classe A, che costituiscono il riferimento base del calcolo.

La FIGURA 3.15 riporta in forma sintetica i risultati

Figura 3.15

Quadro sinottico della convenienza economica delle diverse tipologie di elettrodomestici energeticamente efficienti in ambito residenziale



dell'analisi della convenienza economica di ottenere un risparmio di energia attraverso l'acquisto di elettrodomestici efficienti. Come si nota, con le assunzioni che sono state adottate in questa analisi e tranne nel caso dell'acquisto di un nuovo frigorifero, è mediamente molto meno costoso per il cliente privato acquistare un kWh di energia elettrica in più rispetto al caso di risparmiarlo attraverso l'acquisto di un elettrodomestico altamente efficiente. Questo sottolinea l'importanza di continuare ad offrire forme di incentivazione a favore dell'acquisto di elettrodomestici energeticamente efficienti se si decide di puntare su questi sistemi per promuovere l'efficienza energetica nel nostro Paese.

La TABELLA 3.4 riporta invece **una stima del risparmio annuo di energia (in kWh ed in €) che mediamente una famiglia italiana si può aspettare di ottenere acquistando elettrodomestici altamente efficienti invece di tecnologie tradizionali.**

Tabella 3.3

Premium price medio riconosciuto agli elettrodomestici altamente efficienti

Elettrodomestico	Classe di efficienza considerata	Classe di efficienza base	Incremento % prezzo medio
Frigorifero	A++	A	45%
Lavatrice	A - 30%	A	125%
Lavastoviglie	A - 30%	A	105%

Tabella 3.4

Stima del risparmio annuo di energia derivante dall'adozione di elettrodomestici altamente efficienti

Elettrodomestico	Classe di efficienza	Investimento aggiuntivo [€]	Risparmio annuo [kWh elettrici]	Risparmio annuo [€] ¹⁰
Frigorifero	A++	250	170	28,9
Lavatrice	A - 30%	390	72	12,2
Lavastoviglie	A - 30%	410	93	15,8

Per comprendere meglio i risultati dell'analisi di convenienza economica bisogna tuttavia considerare che il maggior prezzo degli elettrodomestici ad alta efficienza energetica ad uso residenziale dipende fortemente da altri elementi differenzianti che prescindono dalle prestazioni energetiche del prodotto. Gli elettrodomestici ad alta classe energetica sono infatti anche quelli normalmente contraddistinti da maggiori funzionalità, affidabilità, associati ad una identità di *brand* molto forte, il che spiega il *premium price* che essi ottengono sul mercato. Un'analisi che è stata condotta nell'ambito del presente Rapporto **mostra infatti come ci sia una debole correlazione tra le prestazioni di efficienza energetica degli elettrodomestici bianchi ed il loro prezzo al cliente finale**. L'elevato costo del kWh risparmiato rilevato nelle nostre analisi sconta quindi questo effetto, con le tecnologie di efficienza energetica negli elettrodomestici bianchi che sono più mature e vicine alla convenienza economica di quanto i dati che abbiamo discusso lascino intendere.

Per quanto riguarda gli usi industriali degli elettrodomestici bianchi, il nostro studio si è concentrato sulla **refrigerazione applicata alla GDO ed alla ristorazione**. In questo comparto infatti il tema dell'efficienza energetica ha suscitato maggiore interesse rispetto agli altri campi di applicazione industriali. Nonostante non esista in Italia ed a livello europeo un sistema obbligatorio di classificazione ed etichettatura energetica, è in vigore tuttavia una normativa tecnica - UNI EN ISO 23953 - di cui si parlerà nel proseguo del paragrafo. Quello cui si sta assistendo recentemente è un processo di definizione di una serie di cosiddette "Misure di Esecuzione" a livello europeo per la refrigerazione, come previsto dalla Direttiva 2005/32/CE "Energy-using Products" o "Eco-design", per la progettazione ecocompatibile dei prodotti che usano energia. Tali

misure avranno forma di Regolamento, pertanto non necessitano di alcun recepimento da parte degli Stati membri. A riguardo di queste misure, esistono due scuole di pensiero in merito a quale tipologia di normativa dovrebbe essere adottata nella Comunità Europea:

- da un lato, appurato che il 90% dell'impatto ambientale dei prodotti è direttamente proporzionale al loro consumo energetico, c'è chi ritiene di fissare delle soglie minime di consumo (*Minimum Energy Performance Standard* - MEPS) oltre le quali il prodotto non può più essere immesso nel mercato. E' evidente che con l'applicazione di questo regolamento, scomparirebbero quei prodotti (tra cui i sistemi di refrigerazione industriale) più "energivori" o meno efficienti;
- dall'altro lato c'è chi prevede invece l'applicazione di un'etichettatura sull'efficienza energetica di prodotti (*labelling*). La Commissione Europea sembra essere attualmente più propensa all'adozione del *labelling*, anche se la definizione di una corretta etichettatura è di complessa gestione, in quanto le possibilità di configurazione dei diversi sistemi di refrigerazione aprono il campo a consumi molto variabili.

Lo *standard* di valutazione delle *performance* e dei consumi dei sistemi di refrigerazione è la UNI EN ISO 23953, norma tecnica di riferimento del settore. Tale norma consente di misurare le prestazioni di un banco frigorifero in particolari condizioni di prova "normalizzate" in modo da rendere ripetibili le misure. I valori di efficienze energetiche, intese come rapporto tra il consumo totale (TEC, *Total Energy Consumption*) del banco e la superficie totale di esposizione (TDA, *Total Display Area*), sono uno strumento molto utile sia per i costruttori, sia per gli utilizzatori per confrontare e valutare modelli

¹⁰ Prezzo dell'energia elettrica al cliente domestico valorizzato a 17 c€/kWh.

simili da un punto di vista energetico. Un programma di certificazione volontario che si basa su questo *standard* è l'*Eurovent Certification Program*, le cui caratteristiche misurate sono:

- classificazione delle classi climatiche dei prodotti secondo la ISO 23953;
- consumo di energia elettrica da refrigerazione (REC, *Refrigeration Electrical energy Consumption*) in base a prescrizioni Eurovent;
- consumo diretto di energia elettrica (DEC, *Direct Electrical energy Consumption*) secondo la norma ISO 23953;
- superficie espositiva totale (TDA, *Total Display Area*) secondo prescrizioni Eurovent.

Il DEC viene calcolato come somma delle potenze di tutti gli apparecchi che consumano elettricità, tra cui ventole, scambiatori, illuminazione, per il tempo di esercizio di ogni componente nelle 24 ore. Il REC è invece dato dai consumi per la refrigerazione (tipicamente il compressore). Il TEC è la somma di REC e DEC.

Analizzando le tecnologie disponibili per la refrigerazione dei cibi in ambito GDO e ristorazione, esistono **sistemi di tipo "remote"**, caratterizzati dalla presenza di unità esterne e il cui funzionamento è molto simile a quello dei sistemi di condizionamento (assorbono il calore dalle celle frigorifere e lo riversano all'esterno dell'edificio), e **sistemi "plug-in"**, ossia unità indipendenti simili ad esempio ad un frigorifero domestico, che necessitano soltanto di

un collegamento alla rete elettrica per il funzionamento. I sistemi di refrigerazione "remote" coprono la maggioranza del mercato della GDO e della ristorazione (SI VEDA FIGURA 3.16).

I sistemi di refrigerazione *remote* maggiormente diffusi sono i banchi frigo orizzontali, i banchi frigo verticali (tra cui le isole) e i banchi tradizionali, come illustrato nella FIGURA 3.17.

Ognuno di questi prodotti è composto da uno spazio di stoccaggio, dove vengono riposte le merci, e da un involucro termicamente isolato, situato all'esterno dello spazio di stoccaggio. L'aria fredda circola tra l'esterno dello spazio di stoccaggio e l'interno dell'involucro, al fine di mantenere bassa la temperatura. I ventilatori situati nella parte bassa del dispositivo permettono la circolazione dell'aria come illustrato nella FIGURA 3.18.

I sistemi di refrigerazione "plug-in" hanno una struttura simile ai sistemi "remote". La sostanziale differenza risiede nel fatto che l'unità di condensazione è integrata nel dispositivo che è progettato per essere collegato ad una fornitura di energia elettrica disponibile (SI VEDA LA FIGURA 3.19). La refrigerazione è assicurata da un compressore tipicamente situato nella parte inferiore dell'unità (SI VEDA LA FIGURA 3.20). Il condensatore si trova anch'esso nello spazio di fondo, che è isolato dallo spazio di stoccaggio delle merci con pannelli di poliuretano. Il calore generato da compressore e condensatore viene rilasciato nell'ambiente attra-

Figura 3.16

Ripartizione sul mercato italiano dei sistemi di refrigerazione per tipologia

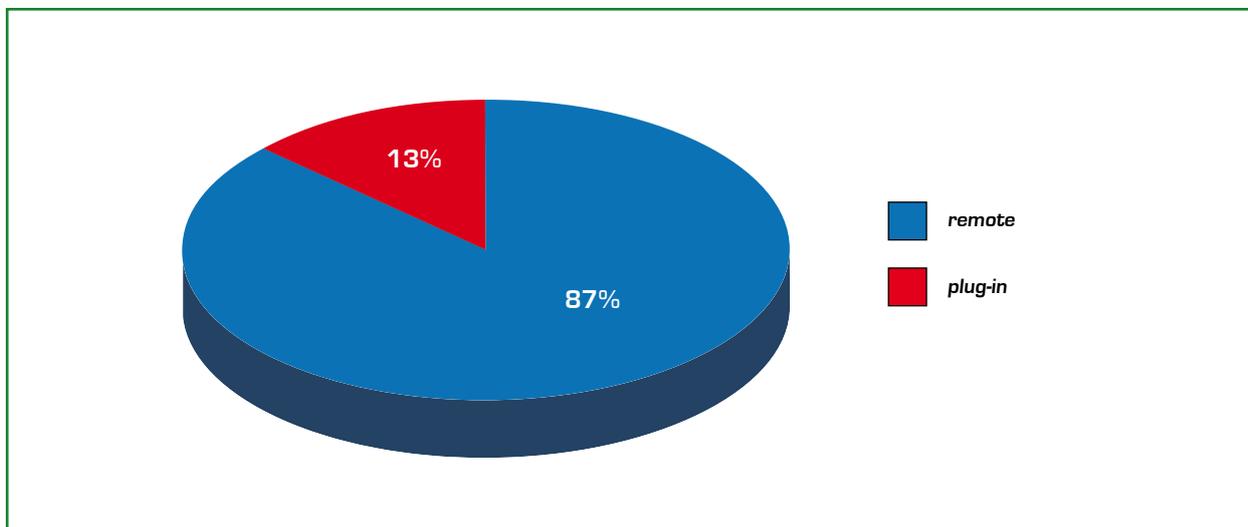


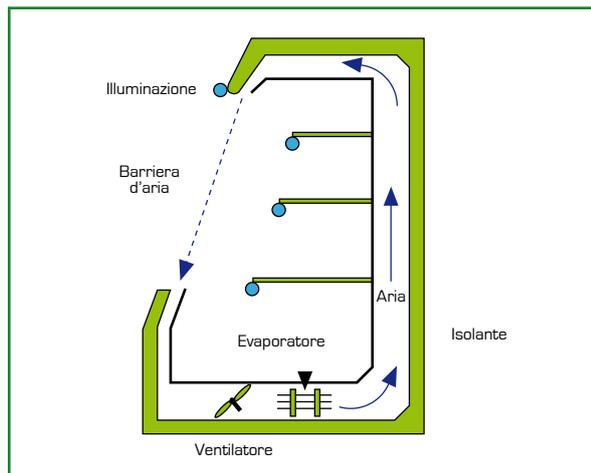
Figura 3.17

Esempi di sistemi di refrigerazione "remote"



Figura 3.18

Schema del principio di funzionamento di un sistema "remote"



verso una griglia.

Passando invece ai **frigoriferi per bevande ed ai freezer per gelati**, si tratta di dispositivi dotati di una superficie trasparente frontale per la visualizzazione e la vendita dei prodotti. La struttura è tipicamente isolata con un pannello di 40 mm di schiuma di poliuretano espanso. Sono normalmen-

Figura 3.20

Schema del principio di funzionamento di un sistema "plug-in"

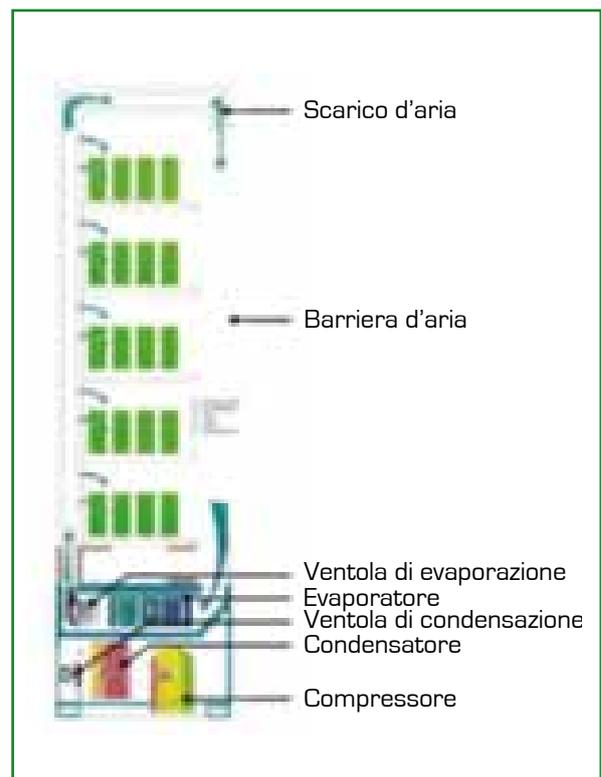


Figura 3.19

Esempio di sistema di refrigerazione "plug-in"



Figura 3.21

Esempi di frigoriferi per bevande e freezer per gelati



te composti da un compressore ermetico, due ventole per l'evaporatore ed una per il condensatore. Il calore viene rigettato nell'ambiente circostante e la maggior parte dei macchinari è dotata di un sistema di illuminazione comune per la visualizzazione dei prodotti (SI VEDA LA FIGURA 3.21).

A questa categoria appartengono anche i **distributori automatici per il freddo**. Un distributore automatico è costituito da una struttura metallica che può essere realizzata con differenti tipologie di metallo. Lo spessore dei pannelli che lo isolano dall'esterno è di circa 40 mm. È necessaria la presenza di un pannello con apertura frontale che consenta l'erogazione del prodotto acquistato. Sul lato frontale sono inoltre incorporati un sistema di pagamento composto da bottoni per effettuare la selezione, uno schermo, un processore ed una scheda di controllo. L'impianto di refrigerazione è collocato alla base del distributore con tutte le sue componenti: evaporatore, condensatore, dispositivo di espansione e compressore. Il sistema di illuminazione rappresenta una parte importante dei distributori automatici, in cui sono tipicamente utilizzate lampade fluorescenti tubolari.

In generale, **le prestazioni del ciclo di refrigerazione ed il consumo energetico degli impianti di refrigerazione utilizzati nella GDO e nella ristorazione dipendono dai componenti che includono**. Come è stato appena descritto, esistono vari tipi di impianti per la refrigerazione commerciale che utilizzano sistemi di compressione differenti, ma i componenti principali dell'impianto rimangono gli

stessi: compressore, condensatore, dispositivo di espansione ed evaporatore. Per i dispositivi *plug-in* ed i distributori automatici tutti questi componenti sono integrati nel prodotto. In particolare, il dispositivo di espansione utilizzato è un tubo capillare, mentre per i sistemi *remote* il dispositivo di espansione utilizzato è una valvola di espansione.

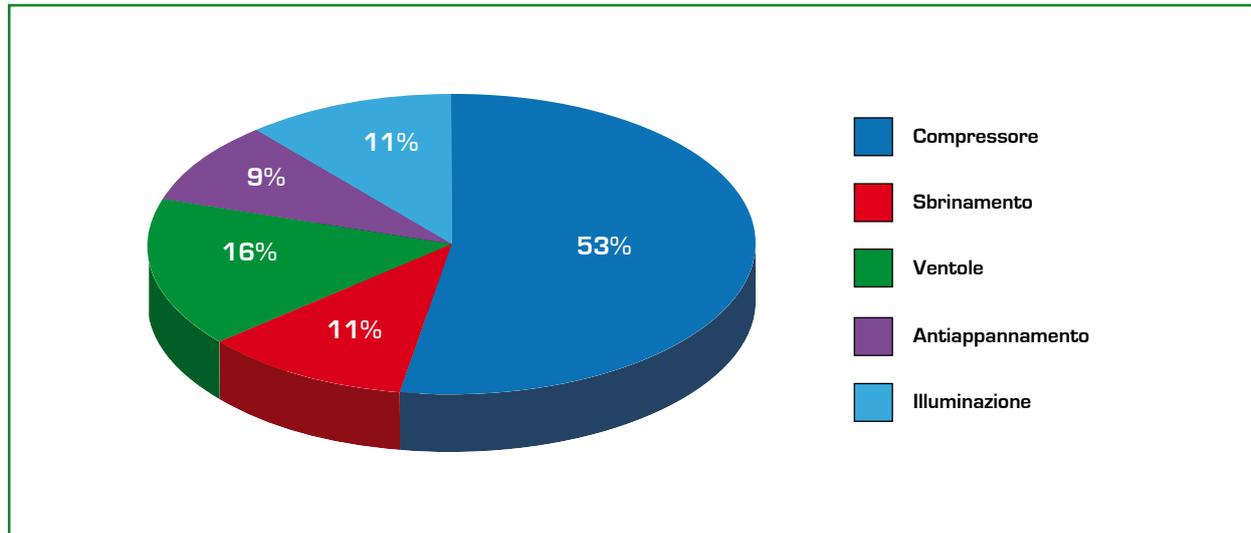
Nonostante il consumo di energia di questi dispositivi vari in maniera non indifferente in base alle condizioni ambientali (temperatura ed umidità relativa) ed alle condizioni d'uso (utilizzo di tende per la notte, pratiche di manutenzione), se si considera un sistema *remote* (che, come abbiamo visto, copre in sostanza la quasi totalità del mercato), **possiamo stimare i consumi elettrici annui di un banco frigo tipo in un intorno di 5.500 kWh/m² di superficie d'esposizione**, ripartiti come in FIGURA 3.22.

Per intervenire con azioni di risparmio energetico su questi dispositivi si può agire su diverse leve, che sono sintetizzate in TABELLA 3.5.

Complessivamente, agendo contemporaneamente su più leve, si potrebbero conseguire risparmi sensibili sui consumi, quantificabili in **circa il 23-25% rispetto al caso base identificato in precedenza**. Tuttavia ad oggi l'aggravio di costo per acquistare un dispositivo professionale dotato di queste caratteristiche è considerevole, il che rende il costo medio del kWh risparmiato piuttosto elevato. Indicativamente **questo potrebbe valere intorno a 11,5 €/kWh in caso di sostituzione di un apparec-**

Figura 3.22

Ripartizione dei consumi elettrici annuali di un sistema "remote"



chio esistente e 6 c€/kWh nel caso di acquisto di un nuovo apparecchio¹¹. Il benchmark rispetto cui queste valutazioni sono state condotte è rappresentato da un banco frigo "tipo" da 7 m², che comporta il consumo annuo di circa 38.500 kWh elettrici. (SI VEDA LA FIGURA 3.23).

3.1.3. Tecnologie efficienti per la produzione di energia termica

L'energia termica in un edificio può essere destinata a tre usi fondamentali, ossia **riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria (ACS)**. La FIGURA 3.24 mostra una ripartizione dei consumi di energia termica nel Nord, Centro e Sud Italia. È interessante notare come nelle Regioni meridionali il fabbisogno di energia termica da de-

Figura 3.23

Quadro sinottico della convenienza economica delle diverse tipologie di elettrodomestici energeticamente efficienti in ambito residenziale e non residenziale

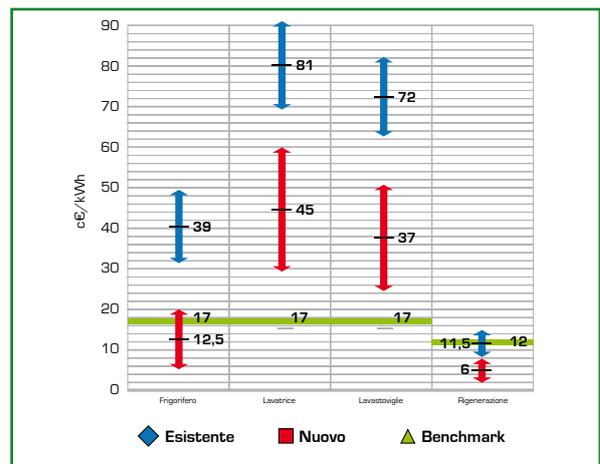


Tabella 3.5

I principali interventi per ottimizzare l'efficienza energetica di un banco frigo di tipo "remote"

Leve tecnologiche	Compressore alta efficienza
	Modulazione compressione
	Ventole motore ad alta efficienza
	Lampade ad alta efficienza
	Controllo luci
	Scambiatore di calore efficiente
	Riscaldatori antiappannamento

¹¹ Per un quadro completo delle assunzioni utilizzate nella stima degli indicatori di convenienza economica riportati in questo paragrafo si rimanda alla sezione metodologia del presente rapporto.

Leve di progettazione	Ottimizzazione della cortina d'aria
	Incremento della superficie di scambio termico
	Spessore isolamento maggiore
	Isolamento con pannelli "a vuoto"
	Aggiunta di porta o coperchio in vetro
	Tende notturne
	Porta di vetro con Argon

stinare al raffrescamento degli ambienti abbia oggi superato gli altri usi. Questo per effetto dell'incredibile sviluppo che il mercato dei sistemi di climatizzazione in ambito residenziale ha fatto registrare negli ultimi anni nel nostro Paese, mercato che da quasi dieci anni cresce al ritmo di oltre 1 mln di unità vendute annualmente.

In questo paragrafo ci si propone di studiare la convenienza economica di interventi di efficientamento degli impianti per la produzione di energia termica che permettono di ridurre il fabbisogno complessivo dell'edificio. Si prenderanno in considerazione in particolare le seguenti tecnologie di generazione e distribuzione efficiente dell'energia:

- **caldaie a condensazione**, per riscaldamento e produzione di ACS;
- **pompe di calore**, per riscaldamento, raffrescamento e produzione di ACS;
- sistemi di **cogenerazione**;

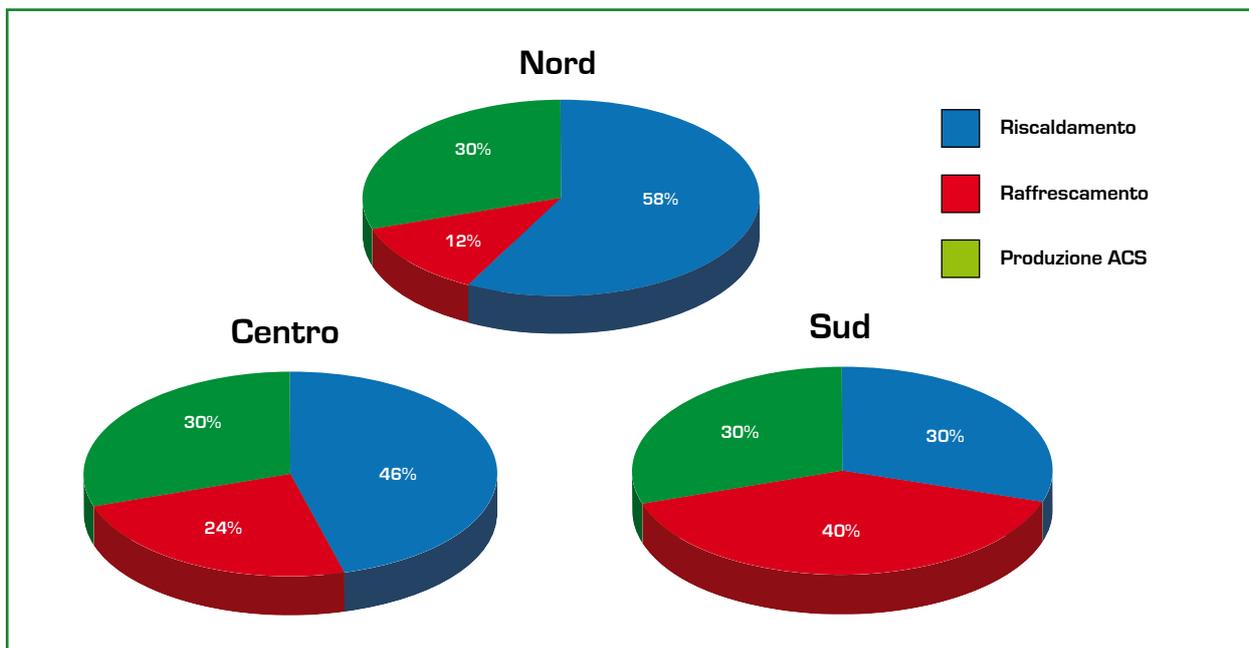
- **terminali a bassa temperatura** per il riscaldamento e raffrescamento efficienti, ossia:
 - **sistemi radianti**;
 - **ventilconvettori** (o "*fan-coil*").

3.1.3.1. Caldaie a condensazione

La **caldaia** è il cuore dell'impianto termico, dove il combustibile viene bruciato per scaldare l'acqua o l'aria (fluido termovettore) che circolerà poi nell'impianto. È composta, in generale, da un **bruciatore** che miscela l'aria con il combustibile ed alimenta una camera di combustione (il focolare), da una **serie di tubi** attraverso i quali i fumi caldi prodotti dalla combustione scaldano il **fluido termovettore** e da un **involucro esterno** di materiale isolante protetto da una lamiera (mantello isolante). L'energia contenuta nel combustibile viene per la maggior parte trasferita al fluido termovettore, ed in piccola parte dispersa verso l'esterno dal corpo stesso della caldaia (attraverso il mantello isolante) e soprattutto

Figura 3.24

Ripartizione degli usi di energia termica degli edifici italiani



dai fumi che fuoriescono, ancora caldi, dal camino. Più vicini sono i valori della potenza al focolare e della potenza utile, minori sono le perdite di calore e quindi migliore è il rendimento della caldaia.

In ambito residenziale, la diffusione del gas naturale in sostituzione del tradizionale gasolio come combustibile per il riscaldamento di edifici residenziali ha rivoluzionato a partire dagli anni Settanta le tecnologie costruttive delle caldaie favorendo i generatori di piccola taglia, adatti per singole unità abitative. **L'eccessivo ricorso alle caldaie individuali iniziato in quel periodo ha, purtroppo, vanificato gran parte delle migliorie tecnologiche per la riduzione dei consumi**, sia perché questi impianti non sono controllabili per quanto riguarda il rispetto del periodo e degli orari di accensione stabiliti per legge, sia perché i loro rendimenti di produzione, pur essendo oggettivamente più che buoni, sono in genere inferiori ai rendimenti degli impianti più grandi di tipo centralizzato. Per ovviare parzialmente al problema, ad oggi sono disponibili diverse tipologie di sistemi di contabilizzazione ed è obbligatoria per legge la loro installazione negli impianti centralizzati di nuova realizzazione (SI VEDA IL BOX 3.8).

Passando alla tecnologia della **caldaia a condensazione**, essa permette di ottenere un rendimento e quindi un'efficienza maggiore rispetto alla caldaia tradizionale, in quanto essa è progettata al fine di sfruttare buona parte del calore latente contenuto nei gas di scarico, che nelle normali caldaie (anche quelle ad alto rendimento) vengono semplicemente espulsi dal camino, a temperature molto alte. Per caldaia a condensazione si intende infatti un generatore di calore progettato per sfruttare, in condizioni di funzionamento a regime ed a qualsiasi condizione di carico, il principio della condensazione del vapore acqueo presente nei fumi, recuperando così il calore latente di vaporizzazione/condensazione a vantaggio del rendimento del generatore. Ciò si ottiene inserendo uno scambiatore di calore fumi-acqua in grado di far abbassare la temperatura dei fumi fino a valori di poco superiori alla temperatura dell'acqua di ritorno. La temperatura dei fumi rilasciati in atmosfera è così in genere compresa tra 40 e 65 °C, contro temperature di rilascio fumi maggiori di 150 °C per le caldaie convenzionali.

Il maggiore costo di una caldaia a condensazione rispetto ad una convenzionale (+35-40% cir-

ca) è sostanzialmente imputabile ai maggiori costi dei materiali e della progettazione necessari per resistere agli agenti corrosivi presenti nella condensa. È richiesta quindi una particolare cura nella progettazione e nella realizzazione delle parti terminali dello scambiatore e del condotto fumi di raccordo alla canna fumaria. **Tale impianto però consente dei risparmi medi nell'ordine del 20% rispetto alle caldaie tradizionali.** Bisogna tuttavia notare che il miglioramento dell'efficienza è massimo nel caso in cui il sistema di riscaldamento preveda terminali a basse e medie temperature. Nel caso di impiego dei tradizionali radiatori o ventilconvettori, per ottenere delle efficienze soddisfacenti, è necessario prestare particolare attenzione ad alcuni dettagli tecnici in sede di progettazione, in particolare agendo *ex-post* sulla temperatura di progetto su cui viene dimensionata inizialmente la caldaia.

Vale la pena illustrare con maggiore dettaglio il tema del rendimento della caldaia a condensazione (SI VEDA LA FIGURA 3.25): si usa spesso dire che quest'ultima abbia rendimenti superiori al 100%, mentre una caldaia tradizionale si attesta a valori prossimi al 90%. Questo tipo di valutazioni sono giustificabili con il fatto che i calcoli sul rendimento delle caldaie vengono elaborati sulla base del Potere Calorifico Inferiore PCI (calore sensibile) del combustibile, cioè sulla quantità di energia estraibile, in questo caso dal gas metano, senza tenere conto del calore latente ricavabile dalla condensazione del vapore d'acqua (mentre invece il Potere Calorifico Superiore PCS ne tiene conto). La differenza media tra PCI e PCS del gas metano in Italia è di circa l'11%. Tale percentuale di calore latente di condensazione indica il limite massimo teorico di rendimento delle caldaie a condensazione, che è del 111%.

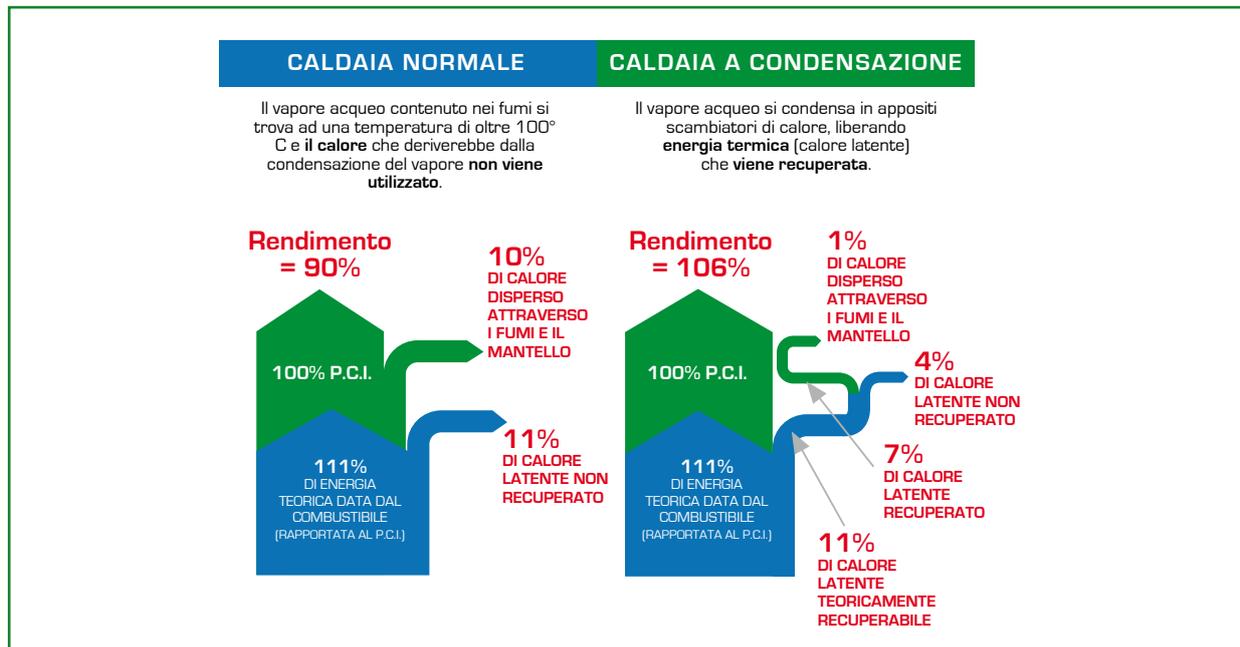
Ad oggi, dei 20 mln di impianti di produzione termica funzionanti in Italia, la tecnologia a condensazione è diffusa per circa il 9% di tale *stock*.

La FIGURA 3.26 riporta sinteticamente i risultati dell'analisi della convenienza economica dell'applicazione di una caldaia a condensazione, nei diversi ambiti d'uso residenziali e non residenziali considerati¹². **Innanzitutto si nota come in ambito residenziale il costo medio del kWh termico risparmiato attraverso l'uso di questa tecnologia sia estremamente più basso rispetto al benchmark**

¹² Per un quadro completo delle assunzioni utilizzate nella stima degli indicatori di convenienza economica riportati in questo paragrafo si rimanda alla sezione metodologia del presente rapporto.

Figura 3.25

Confronto del rendimento tra caldaia a condensazione e caldaia tradizionale



(ossia 9 c€/kWh), specialmente nel caso di nuovi edifici, ma anche in edifici esistenti (in cui l'efficienza del sistema risulta inferiore a causa della presenza, nella stragrande maggioranza dei casi, di terminali di riscaldamento non adeguati). L'investimento rimane decisamente conveniente anche in ambiti non residenziali, specialmente in caso di realizzazione di nuovi edifici. **Particolarmente conveniente, in questo senso, appare l'installazione di queste caldaie in building di scuole ed università.** Ad eccezione degli edifici scolastici, in campo non residenziale l'installazione di caldaie a condensazione in edifici esistenti comporta un costo per kWh risparmiato paragonabile al costo di produzione di un kWh termico aggiuntivo.

Considerando a titolo di esempio un condominio di 20 appartamenti con un consumo complessivo annuo di 240.000 kWh termici, l'adozione di una caldaia a condensazione comporta un investimento aggiuntivo di circa 25.000 €, che dà luogo a un risparmio annuo di circa 45.000 kWh (pari a quasi 3.500 € complessivi di risparmio annuo in bolletta), per cui si ripaga in circa 7 anni, spostandosi invece su un edificio scolastico di 3.000 m², con consumo annuo di circa 360.000 kWh termici, l'adozione di una caldaia a condensazione da circa 300 kW termici comporta un investimento aggiuntivo di oltre 30.000 € e genera un risparmio annuo di oltre 70.000 kWh: da qui l'investimento aggiuntivo ha un tempo di *pay-back* di circa 4-5 anni.

Bisogna inoltre ricordare che l'installazione di una caldaia a condensazione beneficia ad oggi della detrazione IRPEF del 55% (SI VEDA PARAGRAFO 2.3.2). Da una semplice valutazione economica emerge come questo rende estremamente conveniente l'investimento, per qualsiasi campo di applicazione. Addirittura, come emerge dalla FIGURA 3.27, nel caso di nuovi edifici il costo del kWh risparmiato è negativo. Esiste anche la possibilità, solo nel caso in cui a richiederli sia un soggetto abilitato (SI VEDA PA-

Figura 3.26

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della caldaia a condensazione in ambito residenziale e non residenziale

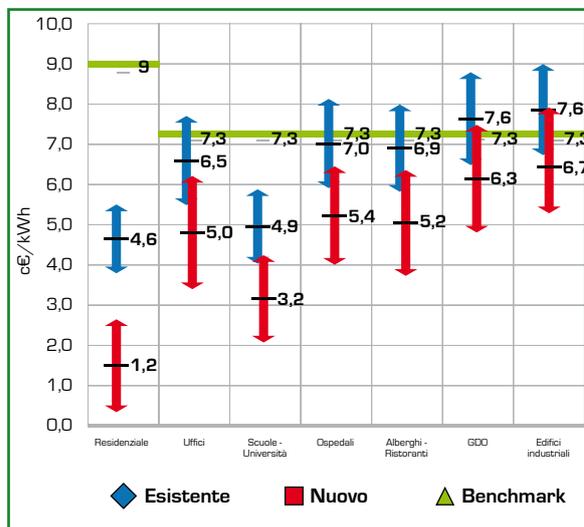
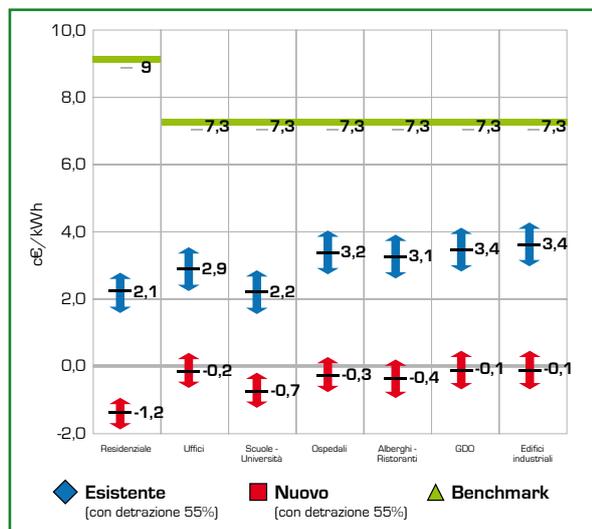


Figura 3.27

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della caldaia a condensazione in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale 55%



RAGRAFO 2.3.1), di ricevere Titoli Di Efficienza Energetica (TEE) cumulabili con la detrazione del 55%, ma ciò pesa per pochi punti percentuali di miglioramento relativo della performance dell'investimento.

Riprendendo l'esempio precedentemente illustrato relativo dell'adozione della tecnologia a condensazione in un condominio, l'accesso al meccanismo della detrazione IRPEF del 55% permette di abbassare il tempo di *pay-back* dell'investimento addizionale a circa 1 anno.

3.1.3.2. Pompe di calore

La pompa di calore è un sistema termodinamico in grado di trasferire calore da un corpo a temperatura più bassa – “sorgente” – a un corpo a temperatura più alta, “pozzo caldo”. Il vantaggio della pompa di calore risiede nel fatto che essa è in grado di fornire più energia di quella non rinnovabile impiegata per il suo funzionamento. La pompa di calore può produrre energia termica per il riscaldamento e per acqua calda sanitaria. Inoltre, con degli accorgimenti tecnici di progettazione, il processo può essere invertito per raffreddare l'aria, assolvendo così anche alla funzione di raffreddamento. Si parla in questo caso di pompa di calore “reversibile”. **Di fatto la pompa di calore utilizza la medesima tecnologia del frigorifero:** un certo fluido (refrigeran-

te) trasporta il calore da una sorgente a basso livello di temperatura ad un'area a temperatura più elevata.

È interessante fornire un **esempio intuitivo**¹³ per **illustrare il principio di funzionamento della pompa di calore**, che appare sotto alcuni punti di vista controintuitivo (l'esempio si riferisce alla pompa di calore a compressione, la più diffusa): “[...] Si immaginino 100 unità di energia termica all'interno di un pallone; questo viene compresso fino a raggiungere le dimensioni di una pallina da ping pong; questa pallina contiene le stesse unità di energia, ma l'energia termica per unità di volume è maggiore e la temperatura dell'aria all'interno della palla è aumentata. Le pareti della pallina si riscaldano e quindi il calore inizia a trasferirsi all'esterno. Per portare questo calore in un altro luogo, si può immaginare di muovere la pallina in una zona fredda, dove essa gradualmente aggiusterà la sua temperatura fino a uguagliare la temperatura dell'ambiente: in questo processo si ipotizza che essa trasferisca 50 unità di energia termica. Dopo che la pallina si è raffreddata, la si può riportare nella zona iniziale e lasciarla espandere. Dato che ha perso calore, nel momento in cui torna alle dimensioni di un pallone la sua temperatura è troppo bassa e quindi inizia ad assorbire energia termica, raffreddando l'aria circostante. Il compressore di una pompa di calore crea proprio la differenza di pressione che permette il ciclo (similmente alla palla che si espande e si contrae): esso aspira il fluido refrigerante attraverso l'evaporatore, dove il fluido stesso evapora, a bassa pressione, assorbendo calore, lo comprime e lo spinge all'interno del condensatore, dove il fluido condensa, ad alta pressione, rilasciando il calore assorbito. Il fluido refrigerante cambia di stato all'interno dei due scambiatori: passa nell'evaporatore da liquido a gassoso, nel condensatore da gassoso a liquido [...]”. Le pompe di calore si possono distinguere in base al loro principio di funzionamento in:

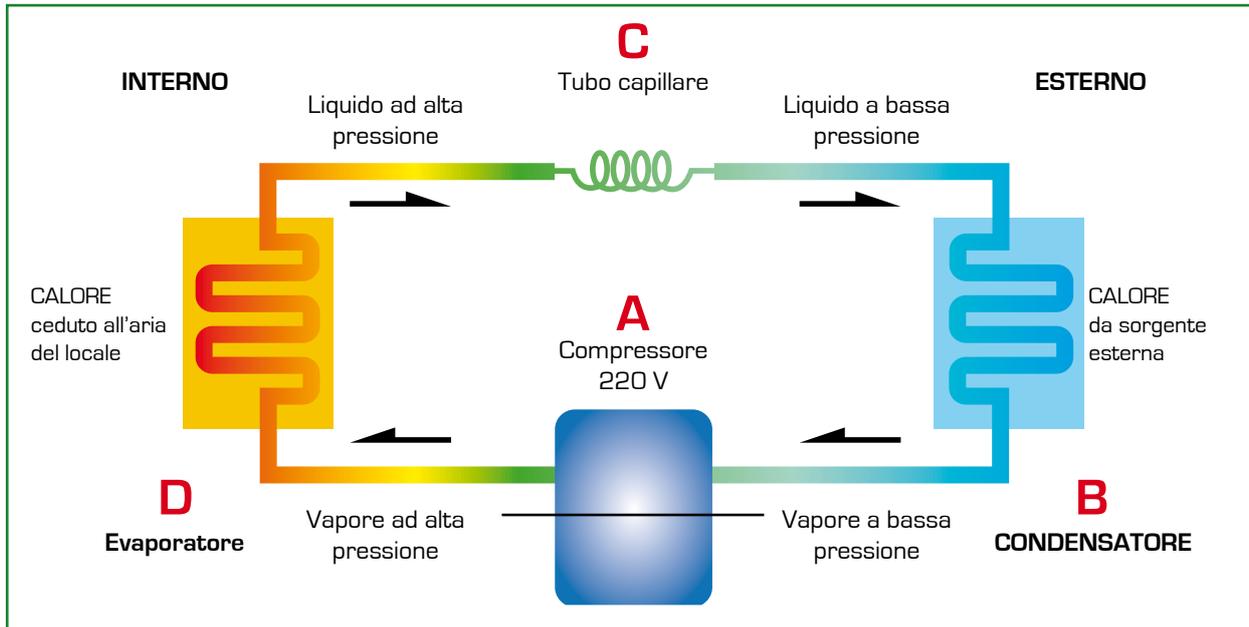
- pompe di calore a **compressione**, alimentate da energia elettrica (attualmente è la tecnologia più diffusa, si veda la FIGURA 3.28 per il principio di funzionamento);
- pompe di calore ad **assorbimento**, alimentate a gas naturale (SI VEDA LA FIGURA 3.29).

Per una più facile comprensione dei grafici riportati nelle FIGURE 3.28 e 3.29, la TABELLA 3.6 fornisce una sintetica descrizione delle diverse fasi in cui può es-

¹³ Tratto da www.wikipedia.it

Figura 3.28

Principio di funzionamento di una pompa di calore a compressione (Fonte: CO.AER¹⁴)



sere articolato il principio di funzionamento di una pompa di calore a compressione e ad assorbimento. Le principali sorgenti utilizzate in una pompa di calore sono:

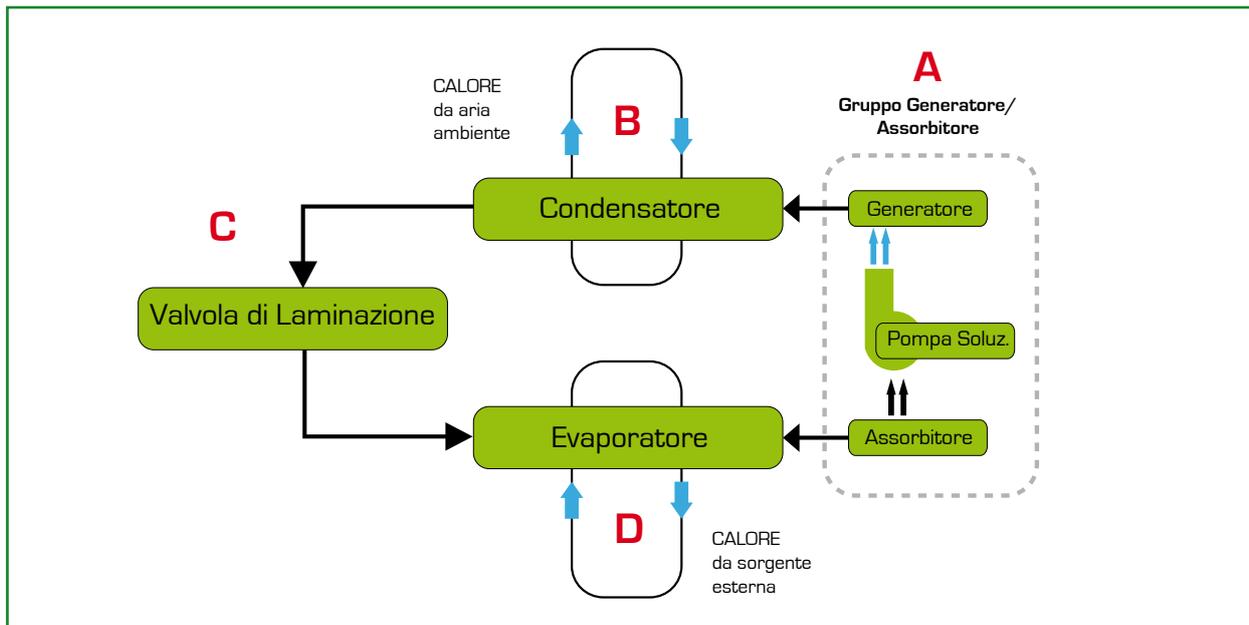
- **aria**, esterna al locale da riscaldare, tipicamente

si tratta dell'aria dell'ambiente esterno;

- **acqua**, di falda, di fiume, di lago, quando questa è presente in prossimità dei locali da riscaldare e a ridotta profondità;
- **terreno**, nel quale sono inserite a profondità variabile delle specifiche tubazioni dell'evaporatore

Figura 3.29

Principio di funzionamento di una pompa di calore ad assorbimento (Fonte: CO.AER¹⁵)



¹⁴ Associazione Costruttori di Apparecchiature ed Impianti Aeraulici.

¹⁵ Ibidem.

Tabella 3.6

Principio di funzionamento di una pompa di calore a compressione e ad assorbimento

Fasi	Pompa di calore a compressione	Pompa di calore ad assorbimento
Condensazione	Il fluido frigorifero, proveniente dal compressore, passa dallo stato gassoso a quello liquido cedendo calore all'esterno	Il fluido frigorifero proveniente dal generatore passa dallo stato gassoso a quello liquido, cedendo calore al fluido esterno (acqua o aria)
Espansione	Passando attraverso la valvola di espansione il fluido frigorifero liquido si raffredda e si trasforma parzialmente in vapore	Passando attraverso dei restrittori, cioè restringimenti opportunamente calibrati, la pressione e la temperatura del fluido frigorifero liquido si abbassano
Evaporazione	Il fluido frigorifero assorbe calore ed evapora completamente	Il fluido frigorifero assorbe calore dal fluido esterno (aria o acqua) ed evapora completamente, ritornando gassoso
Compressione / Assorbimento+ Generazione	Il fluido frigorifero allo stato gassoso e a bassa pressione, proveniente dall'evaporatore, viene portato ad alta pressione; nella compressione si riscalda assorbendo una certa quantità di calore	Il fluido frigorifero viene assorbito dal fluido assorbente, rendendolo nuovamente liquido. La soluzione liquida del fluido frigorifero ed assorbente viene riscaldata nel generatore per mezzo di un bruciatore a gas, separando il fluido refrigerante, che evapora aumentando di temperatura e di pressione

(tubazioni chiamate sonde geotermiche).

L'aria come sorgente fredda ha il vantaggio di essere disponibile ovunque. Tuttavia la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce con la temperatura della sorgente. Nel caso si utilizzi l'aria esterna, è necessario quindi, intorno a 0°C, un sistema di sbrinamento che comporti:

- per la pompa di calore a compressione, un ulteriore consumo di energia, in quanto il calore del pozzo caldo viene utilizzato per sbrinare la batteria e quindi il riscaldamento cessa per alcuni minuti;
- per la pompa di calore ad assorbimento a gas, la potenza termica erogata nel periodo di sbrinamento diminuisce, ma non cessa completamente. Le caratteristiche della sorgente "aria" sono:

- disponibilità illimitata;
- praticità d'uso;
- prestazioni variabili a seconda della temperatura.

L'acqua come sorgente fredda garantisce le prestazioni della pompa di calore senza risentire delle condizioni climatiche esterne. Essa tuttavia richiede un costo addizionale dovuto al sistema di adduzione dell'acqua e al suo trattamento.

Le caratteristiche della sorgente "acqua" sono:

- prestazioni costanti e migliori rispetto alla sorgente "aria";
- disponibilità non illimitata;
- necessità di opere di prelievo e scarico;
- vincoli legislativi per prelievo e scarico.

Il terreno, come sorgente fredda, ha il vantaggio di subire minori sbalzi di temperatura rispetto all'aria e all'acqua. Il suo calore viene assorbito per mezzo di sonde geotermiche, costituite da speciali tubazioni, il tutto però a fronte di costi considerevoli. Le tubazioni orizzontali vengono interrate ad una profondità da 1 a 1,5 m per non risentire troppo delle variazioni di temperatura dell'aria esterna e mantenere i benefici effetti dell'insolazione. Le tubazioni verticali possono, invece, raggiungere diverse decine di metri di profondità. Non occupano spazi in orizzontale, ma richiedono la trivellazione di appositi pozzi profondi, che comportano degli extra-costi notevoli di perforazione, stimabili nell'ordine di oltre il 100% del costo della sola pompa di calore, e la necessaria disponibilità di spazi adeguati.

Le caratteristiche della sorgente "acqua" sono:

- ottime prestazioni;
- elevati costi di realizzazione;
- disponibilità limitata per necessità di ampie superfici.

Inoltre, in base alla modalità di diffusione dell'ener-

gia termica utilizzata, le pompe di calore possono essere:

- **ad espansione diretta**, dove il fluido di lavoro scambia calore con l'aria del locale;
- **con sistema idronico**, dove il fluido di lavoro scambia calore con acqua, che a sua volta è usata per la distribuzione a terminali locali.

In base alla combinazione delle due precedenti classificazioni, **si possono individuare quindi sei tipologie principali di pompe di calore:**

- aria/aria
- aria/acqua
- acqua/aria
- acqua/acqua
- terreno/aria
- terreno/acqua

Il primo dei due termini identifica la sorgente fredda, mentre il secondo identifica il pozzo caldo, inteso in questo caso come il tipo di fluido (aria o acqua) utilizzato per distribuire calore negli ambienti interni.

Le pompe di calore aria-aria sono le più diffuse (costituiscono oltre il 60% delle 400.000 pompe di calore installate a oggi in Italia), anche perché sono molto semplici da installare e non richiedono modifiche sostanziali agli impianti preesistenti. La maggior parte dei modelli è di tipo reversibile: consente cioè di riscaldare in inverno e di raffrescare in estate. Sono inoltre dotate di sistemi più o meno complessi di filtraggio e deumidificazione dell'aria, trattamenti che assicurano buoni livelli di salubrità e *comfort* termico. Le pompe di calore aria-aria sono composte da due unità separate, una interna ed una esterna, collegate tra loro da tubazioni nelle quali circola il fluido refrigerante. Gli elementi principali della sezione esterna sono il compressore e lo scambiatore di calore, che funge sia da evaporatore (in fase di riscaldamento) che da condensatore (in fase di raffrescamento). Fanno inoltre parte della sezione esterna la ventola e la valvola per invertire il ciclo caldo/freddo. Il blocco esterno viene installato sui terrazzi oppure fissato alle pareti, a seconda dello spazio disponibile. La sezione interna è invece una sorta di uno o più *box* dotati di scambiatore di calore, anch'essi con funzioni alterne di condensatore o evaporatore, dai quali l'aria calda o fredda viene immessa negli ambienti, con l'aiuto di piccoli ventilatori. L'aria può anche essere distribuita in più ambienti mediante canalizzazioni. L'installazione

ideale per la sezione interna è quella a controsoffitto, anche se la grande varietà di modelli presenti sul mercato consente una certa flessibilità impiantistica.

Mentre le pompe di calore descritte ora sfruttano l'aria come mezzo per distribuire il calore negli ambienti, **le pompe di calore aria-acqua producono acqua calda sanitaria e per il riscaldamento e, nel ciclo inverso, acqua fredda utilizzabile per raffrescare gli ambienti.** Anche queste pompe sono dotate di un'unità interna e di un'unità esterna. L'unità interna ha le funzioni di caldaia, e nel ciclo inverso produce acqua refrigerata. Poiché l'acqua, per riscaldarsi/raffreddarsi, necessita di grandi superfici di scambio termico, di norma le pompe aria-acqua sono più ingombranti rispetto ai modelli aria-aria e presentano taglie medie superiori. Un impianto aria-acqua è anche tecnicamente più complesso e quindi più costoso, dal momento che comporta l'installazione di un sistema di distribuzione dell'acqua. Il modo migliore per sfruttare le potenzialità di riscaldamento e raffrescamento di queste pompe è quello di utilizzare un sistema a larga superficie di scambio termico (ossia i pannelli radianti, SI VEDA PARAGRAFO 3.1.3.4).

L'andamento delle prestazioni di una pompa di calore segue la logica del *thermal lift*, ossia la differenza di temperatura tra la fonte di calore e l'ambiente in cui il calore deve essere trasportato. **In particolare, al crescere del *thermal lift*, diminuisce l'efficienza della pompa di calore.** Per questo motivo, le pompe di calore che sfruttano sorgenti fredde a temperature relativamente costanti, come il terreno e l'acqua, risultano di norma più efficienti rispetto a quelle che utilizzano sorgenti fredde estremamente variabili, come l'aria. Per installazioni in località che hanno inverni rigidi, è opportuno prevedere l'integrazione tra la pompa di calore ed un sistema ausiliario di riscaldamento (si parla in questo caso di sistema bivalente); in inverno, quindi, la pompa di calore provvede al preriscaldamento dell'acqua, che viene poi inviata alla caldaia per essere riscaldata fino alla temperatura impostata. Per motivi analoghi, inoltre, le pompe di calore hanno prestazioni migliori se abbinate a sistemi di riscaldamento funzionanti a basse temperature, come i pannelli radianti.

Nel caso di pompa di calore a compressione, l'efficienza in fase di riscaldamento è misurata dal coefficiente di prestazione **C.O.P.** (*Coefficient Of Performance*) – in fase di raffreddamento si parla di **E.E.R.** (*Energy Efficiency Ratio*) – che è il rapporto

tra energia fornita (calore ceduto al mezzo da riscaldare) ed energia elettrica consumata. Il C.O.P. è variabile a seconda del tipo di pompa di calore e delle condizioni di funzionamento ed ha, in genere, valori nominali che vanno da 2,5 a oltre 5. Questo vuol dire che per 1 kWh di energia elettrica consumata, nel caso ad esempio di sistema con C.O.P. pari a 4, esso fornirà 4 kWh di calore al mezzo da riscaldare. Quando la temperatura della sorgente fredda (aria) è inferiore a 0°C la pompa di calore spesso viene disattivata o compensata da una resistenza elettrica in quanto le sue prestazioni si riducono significativamente (il C.O.P. si allinea idealmente a 1). **Tale indicatore assume il nome di G.U.E. (Gas Utilization Efficiency) in caso di pompe di calore ad assorbimento.** Il G.U.E. è variabile in funzione del tipo di pompa di calore e delle condizioni di funzionamento ed ha, in genere, valori intorno a 1,4-1,5. Questo vuol dire che per 1 kWh di gas consumato, essa fornirà 1,5 kWh di calore al mezzo da riscaldare (nel caso di G.U.E. uguale a 1,5). È quindi modellizzabile come una caldaia che abbia idealmente un rendimento pari a circa 150%. La pompa di calore a gas può funzionare fino a temperature dell'aria di -20°C, fornendo un'efficienza intorno a 1, paragonabile a quella di una caldaia a condensazione. È da evidenziare che il G.U.E. è calcolato, di fatto, sull'energia primaria (cioè sul gas metano), mentre il C.O.P. sull'energia elettrica. Calcolando l'efficienza di una pompa di calore elettrica sul consumo di energia elettrica – ipotizzando di acquistare energia elettrica dai distributori –, dovremo tenere conto dell'energia consumata nelle centrali elettriche per produrre elettricità: stimando un'efficienza media delle centrali del 46%¹⁶, il C.O.P. delle pompe di calore elettriche sarà di circa 1,8, in questo caso.

Le pompe di calore costituiscono ad oggi mediamente il 2% dello stock di impianti di produzione termica installati negli edifici italiani; tuttavia vi è una spopolazione notevole a vantaggio delle tipologie con sorgente "aria", anche a causa del minor investimento iniziale che si deve sostenere (SI VEDA TABELLA 3.7).

Passando all'analisi economica delle pompe di calore¹⁷, la FIGURA 3.30 riporta il costo medio del kWh termico risparmiato con l'adozione di pompe di calore a compressione in caso di condizioni ottimali di applicabilità (ossia tali per cui la pompa di calore è in grado di esprimere un C.O.P. reale in linea con il valore nominale) e considerando come destinazioni d'uso il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria. Come si nota, sia in caso di installazione in edificio esistente che nel caso di installazione su nuovo edificio, il costo medio del kWh termico risparmiato è decisamente inferiore rispetto al costo di produzione dello stesso kWh, il che indica una particolare *cost-effectiveness* per questa tecnologia.

Nonostante la loro convenienza economica, **le pompe di calore a compressione presentano dei problemi di applicabilità** che non devono essere sottovalutati. Oltre alle difficoltà insite nell'installazione di questi sistemi in edifici esistenti, le pompe di calore a compressione – soprattutto in caso di pompe ad aria – vedono diminuire notevolmente il proprio rendimento al crescere del *thermal lift*, che può essere ridotto con soluzioni comunque non facilmente praticabili, quali il passaggio a sorgente geotermica (falda o terreno) – che porta però con sé investimenti decisamente maggiori – oppure l'utilizzo di

Tabella 3.7

Quota di mercato e prezzi medi delle pompe di calore

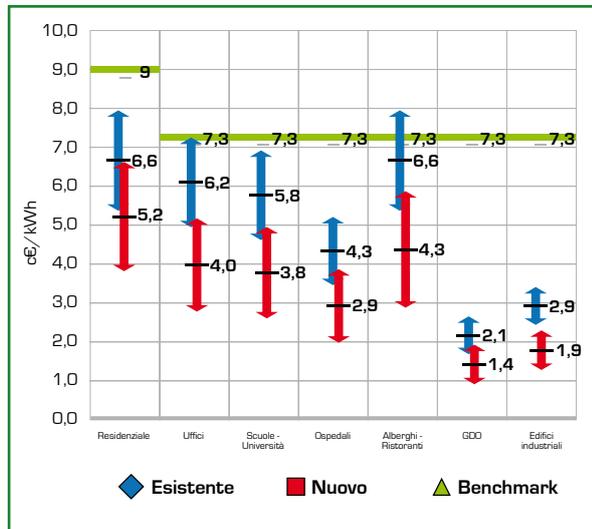
Tipologia sorgente	Quota di mercato relativa rispetto al totale installato di pompe di calore	Prezzo medio per impianto di taglia residenziale con finalità di riscaldamento, produzione ACS e raffrescamento (20 kW termici) [€]
Aria	83%	5.000
Acqua	8%	15.000
Terreno	9%	

¹⁶ Fonte: Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

¹⁷ Per un quadro completo delle assunzioni utilizzate nella stima degli indicatori di convenienza economica riportati in questo paragrafo si rimanda alla sezione metodologia del presente rapporto.

Figura 3.30

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della della pompa di calore a compressione in ambito residenziale e non residenziale



terminali a bassa temperatura, in linea con quelle massime sviluppabili dalla pompa di calore (50° C). **Questo problema può essere superato in parte attraverso l'impiego di pompe di calore ad assorbimento.** Esse sono infatti più facilmente integrabili in edifici esistenti ed utilizzano il gas naturale come unico combustibile, con efficienza maggiore della caldaia a gas, e riescono a raggiungere temperature di mandata di circa 70° C, in linea con le temperature di esercizio dei radiatori tradizionali. Inoltre, per la pompa di calore ad assorbimento a gas si utilizza normalmente la sola configurazione monovalente – ossia senza sistema di riscaldamento ausiliario – in quanto la pompa di calore è in grado di coprire il fabbisogno termico necessario al riscaldamento anche quando viene utilizzata l'aria come sorgente fredda. L'aspetto estremamente interessante è che le pompe di calore ad assorbimento sono anche convenienti dal punto di vista economico, come indicato nella FIGURA 3.31, con un **costo del kWh termico risparmiato in media del 20% inferiore rispetto alle pompe di calore a compressione.** Di conseguenza ci si aspetta che nel prossimo futuro una notevole diffusione delle pompe di calore in generale e ancora di più, in termini di crescita relativa, delle pompe di calore ad assorbimento a gas. Un contributo notevole all'affermarsi della tecnologia delle pompe di calore può essere garantito dall'avvento a partire dal 2013 (Regolamento n. 626/2011/UE) di un sistema di etichettatura che certifichi e compari il rendimento dei vari sistemi di riscaldamento e raffrescamento: secondo le classificazioni previste, le pompe di calore saranno collocate tra le classi più

efficienti.

Queste valutazioni sono state effettuate senza considerare la possibilità di sfruttare il meccanismo della detrazione IRPEF del 55% delle spese sostenute. Affinchè l'investimento in una pompa di calore possa sfruttare questo meccanismo incentivante è ad oggi necessario che essa rispetti i valori nominali di C.O.P. ed E.E.R. riportati in TABELLA 3.8.

Le FIGURE 3.32 e 3.33 riportano graficamente il costo del kWh termico risparmiato con pompa di calore a compressione e ad assorbimento nel caso di accesso al meccanismo incentivante. Come si nota, **la convenienza diviene estremamente elevata, in tutti gli ambiti di applicazione considerati nella presente analisi.**

Passando a studiare alcuni casi "tipo" di installazione di questa tecnologia, ipotizzando l'adozione di una pompa di calore a compressione con sorgente "aria" destinata al riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria in un nuovo edificio residenziale monofamiliare con terminali a pannelli radianti, possiamo considerare che l'investimento addizionale di circa 3.500 € si ripagherebbe in 9 anni (grazie a un risparmio annuo di oltre 4.000 kWh termici) che, se consideriamo anche l'effetto della detrazione IRPEF 55%, si ridurrebbero a 3-4 anni. Prendendo invece il caso di sostituzione "volontaria" di un impianto a pompa di calore ad assorbimento a gas in un ospedale esistente che richiede un fabbisogno termico di circa 900.000 kWh annui, l'investimento assoluto di

Figura 3.31

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della della pompa di calore ad assorbimento in ambito residenziale e non residenziale

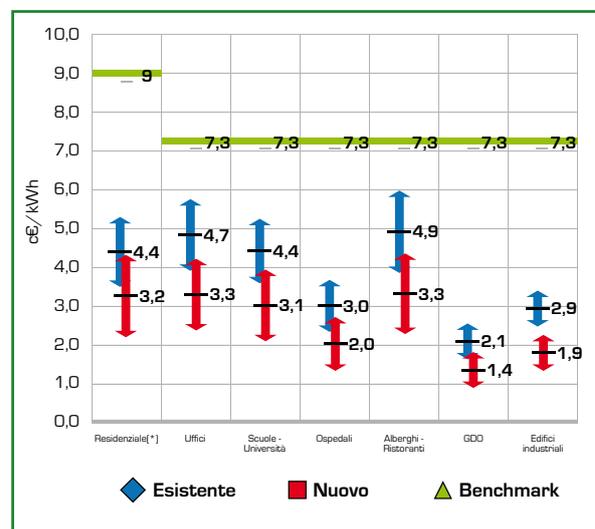


Tabella 3.8

Valori nominali di C.O.P. ed E.E.R. necessari per accedere alla detrazione IRPEF del 55% in base al D.M. del 7/04/2008¹⁸

Tipologia di pompe di calore		C.O.P.	E.E.R
Compressione	Aria - aria	3,9	3,4
	Aria - acqua <= 35 kW	4,1	3,8
	Aria - acqua > 35 kW	3,8	3,2
	Acqua - aria	4,7	4,4
	Acqua - acqua	5,1	5,1
	Terreno - aria	4,3	4,4
	Terreno - acqua	4,3	4,4
Assorbimento	Aria - aria	1,46	
	Aria - acqua	1,38	
	Acqua - aria	1,6	
	Acqua - acqua	1,56	
	Terreno - aria	1,59	
	Terreno - acqua	1,47	

190.000 € genera un risparmio di oltre 350.000 kWh termici all'anno che consentono di ottenere un tempo di *pay-back* di quasi 6 anni, che si riduce a 3-4 in caso di richiesta di detrazione al 55%.

3.1.3.3. Sistemi di cogenerazione

Con il termine **cogenerazione** (o CHP, acronimo di *Combined Heat and Power*) si indica la produ-

Figura 3.32

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della pompa di calore a compressione in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale 55%

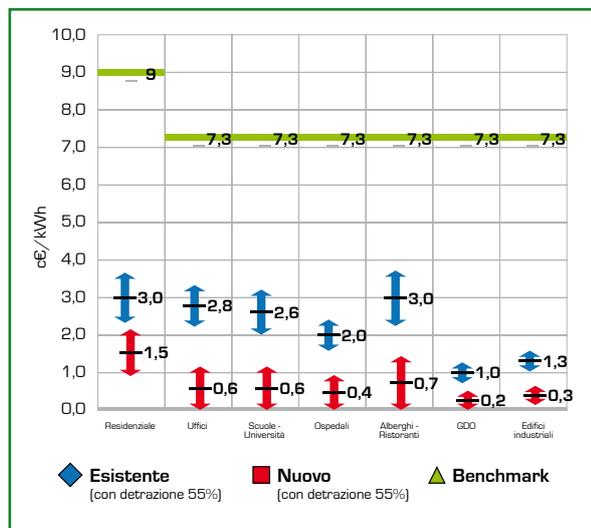
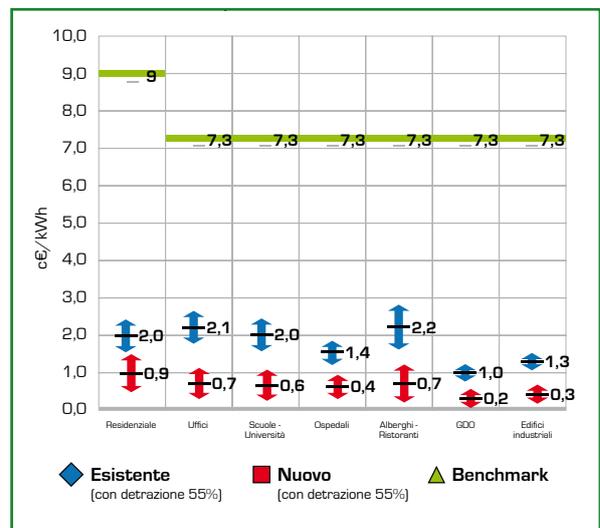


Figura 3.33

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della pompa di calore ad assorbimento in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale 55%



¹⁸ Decreto Ministeriale del 7/04/2008 "Disposizioni in materia di detrazione per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente".

zione ed il consumo simultaneo di diverse forme di energia secondaria (energia elettrica e/o meccanica ed energia termica), partendo da un'unica fonte (sia fossile che rinnovabile) attuata in un unico sistema integrato. La cogenerazione viene realizzata in particolari centrali termoelettriche, in cui si recuperano l'acqua calda od il vapore di processo e/o i fumi prodotti da un motore primo alimentato a combustibile (gas naturale, olio combustibile, biomasse, biogas ed altro). **Si ottiene così un significativo risparmio di energia rispetto alla produzione separata** dell'energia elettrica (tramite generazione in centrale elettrica) e dell'energia termica (tramite centrale termica tradizionale). Il principio di funzionamento di un sistema cogenerativo è illustrato in FIGURA 3.34.

L'entità del risparmio di energia ottenibile attraverso un sistema cogenerativo può essere valutata, comparando un sistema cogenerativo e un sistema duale di produzione separata di energia elettrica e termica *in loco* a parità di energia utile prodotta. Tipicamente un impianto di cogenerazione permette di ottenere 35 unità di energia elettrica e 50 unità di calore a partire da 100 unità di combustibile: **il rendimento di tale impianto può quindi collocarsi idealmente nell'intorno dell'85% (35+50), a fronte di 15 unità di perdite**. D'altra parte, considerando la produzione convenzionale separata, per ottenere 35 unità di energia elettrica con il rendimento medio del parco termoelettrico italiano, sono necessarie 80 unità di combustibile; per ottenere 50 unità di calore

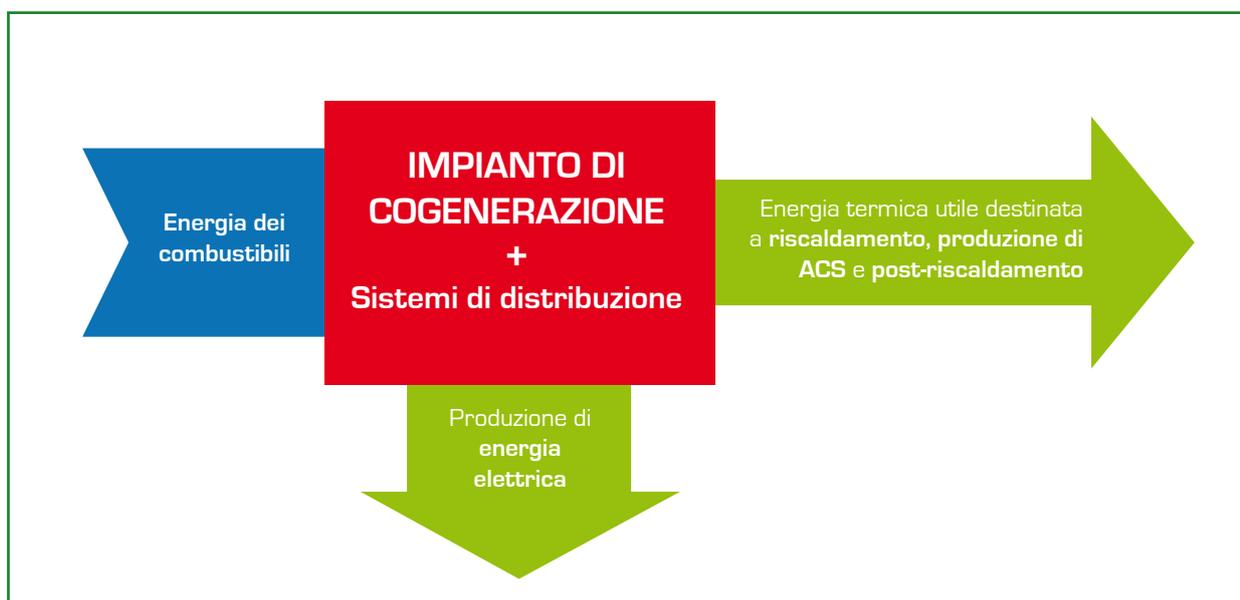
con una caldaia tradizionale sono necessarie circa 56 unità di combustibile; è evidente quindi come, a parità di energia utile prodotta, **il sistema convenzionale di produzione separata necessita di circa il 35-40% in più di unità di combustibile**.

Generalmente, i sistemi CHP sono formati da un motore primario, un generatore, un sistema di recupero termico ed interconnessioni elettriche. Il motore primario è un qualunque motore utilizzato per convertire il combustibile in energia meccanica, la quale verrà poi convertita in energia elettrica dal generatore, mentre il sistema di recupero termico raccoglie e converte l'energia contenuta negli scarichi del motore primario in energia termica utilizzabile. I fumi di combustione vengono convogliati attraverso un condotto nella caldaia a recupero. Il recupero può essere semplice, qualora non esista un post-bruciatore, o un recupero con post-combustione in caso contrario. I fumi permettono di produrre acqua calda, vapore saturo o vapore surriscaldato. Solitamente si utilizza acqua calda per scopi di riscaldamento, vapore saturo per utenze industriali e vapore surriscaldato per turbine a vapore.

Una particolare variante dei sistemi di cogenerazione è la cosiddetta trigenerazione che, oltre a produrre energia elettrica, consente di utilizzare l'energia termica recuperata dalla trasformazione per produrre anche energia frigorifera (si veda il principio di funzionamento rappresentato in FI-

Figura 3.34

Principio di funzionamento di un sistema cogenerativo



GURA 3.35). Come per i sistemi di cogenerazione, anche la trigenerazione offre grandi risparmi energetici dovuti alla produzione congiunta di energia elettrica, calore e raffrescamento, che si avvicinano a livelli pari al 60%.

Per quanto riguarda l'applicazione di queste tecnologie in edifici, la cogenerazione o trigenerazione può trovare diffusione nei settori sia residenziale che non residenziali.

In ambito residenziale di particolare interesse è la cosiddetta “microcogenerazione”, con cui si indica la cogenerazione realizzata in un impianto di taglia inferiore a 50 kW elettrici. La configurazione più comune di un microcogeneratore consiste nell'abbinamento tra un motore *Stirling* o un motore a combustione interna (“endotermico”) alimentato a gas, la cui energia meccanica viene trasformata in energia elettrica, ed un sistema di recupero del calore di scarto per la produzione di energia termica. La taglia tipica è da 1 a 3 kW elettrici. I microcogeneratori sono apparecchi tecnologicamente avanzati che svolgono contemporaneamente due funzioni: integrano o sostituiscono le caldaie per il riscaldamento e soddisfano in tutto o in parte le necessità di autoconsumo elettrico. Si tratta di tecnologie che a oggi sperimentano un tasso di diffusione praticamente nullo, essenzialmente a causa dei costi molto elevati, soprattutto per taglie ridotte, associati a una tecnologia ancora in fase di sviluppo.

In ambito non residenziale, la cogenerazione ha perfino maggiori potenzialità teoriche di impiego, in particolare se essa viene abbinata alla fornitura di energia necessaria al funzionamento dei vari processi industriali. Un fattore fondamentale è che, all'aumentare della potenza installata, aumentano anche i rendimenti elettrici dei motori e diminuiscono i costi specifici per ogni kW installato. Inoltre, l'abbinamento con macchine frigorifere per il condizionamento estivo, in regime di trigenerazione, permette di sfruttare pienamente il sistema anche nella stagione calda e puntare così alla piena autonomia energetica. **In questi ambiti già oggi la diffusione dei sistemi cogenerativi è stimabile nell'ordine del 10%.**

Uno dei motivi per cui, tanto in ambito residenziale che non, i sistemi di cogenerazione e trigenerazione non sono ancora molto diffusi in Italia, riguarda la **complessità delle procedure autorizzative cui è necessario sottostare per installare ed utilizzare questo tipo di sistemi.** L'assenza di un quadro autorizzativo semplificato comporta complessità quali l'obbligo di apertura di officina elettrica, con tutto ciò che questo richiede (tra cui la tenuta del registro di produzione e la taratura dei contatori), oltre alla difficoltà per ottenere il rilascio delle autorizzazioni per l'installazione. Un cambiamento positivo importante in questa direzione potrebbe derivare da alcuni recenti provvedimenti in tema di incentivazione della cogenerazione ad alto rendimento (SI VEDA IL BOX 3.7).

Figura 3.35

Principio di funzionamento di un sistema trigenerativo



Box 3.7

L'incentivazione della cogenerazione ad alto rendimento

Con la Direttiva 2004/8/CE, recepita con il Decreto Legislativo n. 20 dell'8 Febbraio 2007, viene introdotta la definizione di cogenerazione ad alto rendimento. Con l'integrazione del successivo Decreto Ministeriale del 4 Agosto 2011, si giunge alla definizione di cogenerazione ad alto rendimento applicata nel nostro Paese. Essa prevede il rispetto dei seguenti due requisiti:

- la produzione mediante cogenerazione deve assicurare un risparmio di energia primaria pari almeno al 10%;
- la produzione mediante unità di piccola cogenerazione (< 1 MW elettrico) e di microcogenerazione (< 50 kW elettrici) che fornisce un risparmio di energia primaria è assimilata alla cogenerazione ad alto rendimento.

Riassumendo, dal 1° Gennaio 2011 un impianto di cogenerazione è ad alto rendimento se ha un PES (*Primary Energy Saving*) equivalente a 0 per gli impianti di potenza elettrica < 1MW (cosiddetti di piccola cogenerazione) e del 10% per gli impianti di taglia superiore. Bisogna tenere conto che il PES è definito come:

$$PES = \left(1 - \frac{1}{\frac{CHP H\eta}{Ref H\eta} + \frac{CHP E\eta}{Ref E\eta}} \right) * 100\%$$

Dove:

- PES è il risparmio di energia primaria;
- CHP H η è il rendimento termico della produzione mediante cogenerazione, definito come la quantità annua di calore utile divisa per l'energia contenuta nell'intero combustibile di alimentazione, impiegato per produrre sia il calore utile che l'energia elettrica da cogenerazione;
- Ref H η è il valore di rendimento di riferimento per la produzione separata di calore;
- CHP E η è il rendimento elettrico della produzio-

ne mediante cogenerazione, definito come energia elettrica annua da cogenerazione divisa per l'energia contenuta nell'intero combustibile di alimentazione, impiegato per produrre sia il calore utile che l'energia elettrica da cogenerazione;

- Ref E η è il valore di rendimento di riferimento per la produzione separata di energia elettrica.

Il quadro normativo relativo ai sistemi di cogenerazione ad alto rendimento si completa poi con il Decreto Ministeriale del 5 Settembre 2011, che definisce i meccanismi incentivanti per la cogenerazione ad alto rendimento. L'incentivo, premiante a detta degli operatori, che si dicono soddisfatti in particolare per i vantaggi riconosciuti agli impianti di piccola cogenerazione, si basa sul sistema dei Titoli di Efficienza Energetica (SI VEDA PARAGRAFO 2.3.2), che vengono riconosciuti per un periodo di 10 anni per gli impianti di produzione e di 15 anni per gli impianti abbinati al teleriscaldamento. Al valore base del Certificato Bianco è inoltre applicato un coefficiente (K), differenziato per cinque scaglioni di potenza (SI VEDA LA TABELLA 3.9), per tener conto dei diversi rendimenti medi degli impianti e delle potenzialità di sviluppo della piccola cogenerazione, cui è assegnato un generoso coefficiente di 1,4.

Tabella 3.9

Coefficiente correttivo del valore del TEE attribuito ad impianti di cogenerazione ad alto rendimento

Potenza P [MWe]	K
$P \leq 1$	1,4
$1 < P \leq 10$	1,3
$10 < P \leq 80$	1,2
$80 < P \leq 100$	1,1
> 100	1

3.1.3.4. Terminali per il riscaldamento ed il raffrescamento

In quest'ultimo paragrafo si forniranno delle indicazioni qualitative in merito alle tecnologie disponibili per la costruzione di **terminali per riscaldamento e raffrescamento**.

I radiatori sono i terminali più diffusi in assoluto per il riscaldamento degli edifici rappresentano circa l'85% dei terminali di riscaldamento in am-

bito residenziale. In essi scorre acqua ad alta temperatura (60-80 °C), che cede calore all'ambiente circostante. Ai radiatori è possibile applicare delle valvole termostatiche (SI VEDA BOX 3.8), che possono assicurare importanti riduzioni dei consumi energetici. Per quanto riguarda i materiali con cui sono realizzati i radiatori, **normalmente i termosifoni di nuova generazione sono in acciaio, alluminio o materiali sintetici brevettati**. L'acciaio è il materiale per eccellenza scelto da chi vuole realizzare terminali di diverse forme. Infatti, si presta ad essere

usato per creare delle figure anche molto complesse, il che lo rende il materiale preferito se si vogliono radiatori dall'impatto estetico particolarmente elevato o, comunque, personalizzabile. L'alluminio è un eccellente conduttore di calore, così come d'altronde lo è anche l'acciaio. Si riscalda molto rapidamente e cede il calore accumulato per molto tempo. I materiali sintetici brevettati, invece, sono realizzati per far sì che la temperatura sia diffusa nel modo più uniforme possibile, così che aumenti il *comfort* percepito negli ambienti. In questo caso, se si utilizzano materiali sintetici, il calore non viene diffuso per convezione, come negli altri due casi, ma per irraggiamento. **Esiste un altro materiale da sempre largamente utilizzato per la realizzazione di termosifoni, ossia la ghisa.** Tradizionalmente, tutti i radiatori venivano costruiti in ghisa, perché si trat-

tava di un materiale particolarmente affidabile e di grande durata. Sono queste caratteristiche a renderlo, ancora oggi, competitivo sul mercato. Tuttavia, bisogna ricordare che la ghisa ha la caratteristica di raffreddarsi molto lentamente (essendo caratterizzata da un'inerzia termica notevole), con l'aggiunta che anche il riscaldamento dell'elemento avviene in tempi lunghi. Pertanto, è una tecnologia indicata soltanto in spazi nei quali si trascorre molto tempo. In generale, tuttavia, **i radiatori presentano dei limiti notevoli** legati essenzialmente al fatto che:

- richiedono alte temperature di mandata, aumentando così i consumi dell'impianto di riscaldamento;
- non assicurano una distribuzione perfettamente omogenea del calore;

Box 3.8

Le valvole termostatiche e la contabilizzazione del calore

In molti condomini, le condizioni termiche tra piano e piano e tra appartamenti con diverse esposizioni sono fortemente disomogenee. Tutto ciò accade perché l'impianto di riscaldamento è stato realizzato in maniera poco corretta e quindi, per assicurare una temperatura accettabile in uno o più appartamenti, di solito quelli esposti a Nord o all'ultimo piano, viene aumentata la temperatura ambiente in tutti gli alloggi. Inoltre, gli apporti gratuiti di energia, dovuti alla presenza di persone, elettrodomestici e *computer*, e quelli che provengono dal sole, possono essere molto rilevanti e surriscaldare gli ambienti. In questi casi, il rimedio più semplice per conseguire risparmi energetici consiste nell'applicare, ad ogni radiatore, una valvola termostatica. Si tratta di un dispositivo che regola automaticamente l'afflusso di acqua calda ai radiatori. La valvola si chiude automaticamente mano a mano che la temperatura ambiente, misurata da un sensore incorporato nella manopola, si avvicina a quella desiderata. Il loro costo dipende dal tipo di radiatore: nei modelli più recenti, la valvola è già predisposta per ricevere una testa termostatica. In questo caso l'installazione è più semplice e costa circa 30 € a radiatore. Se invece è necessario sostituire l'intera valvola, il costo si aggira sui 60 €. Con questo sistema si riesce a riequilibrare sia la temperatura all'interno del singolo appartamento che fra i diversi alloggi, risparmiando sui consumi energetici fino al 10%, dato che si evitano i disagi dovuti all'eccessivo surriscaldamento di alcuni locali e

si sfruttano adeguatamente gli apporti gratuiti di energia solare. Tale accorgimento si traduce in vantaggio economico se, in impianti centralizzati, l'adozione di valvole termostatiche è accompagnata dall'introduzione in tutto l'edificio di un sistema di contabilizzazione del calore e di ripartizione delle spese tra condomini. Si tratta nello specifico di installare un sistema di apparecchiature che leggono la quantità di calore effettivamente consumata in ogni appartamento. Oltre ad una quota fissa, stabilita dall'assemblea condominiale, variabile dal 20 al 50% dei consumi totali e ripartita in funzione delle tabelle millesimali, ogni condomino pagherà solo proporzionalmente a quanto avrà realmente consumato. Il tipo di apparecchiature da installare ed i relativi costi dipendono molto dall'impianto esistente e da quanto i condomini sono disposti a spendere. In linea generale si può dire che per un appartamento con 8-10 radiatori, incluso in un immobile di 20 appartamenti, il costo della trasformazione si aggira intorno ai 1.500-1.800 €. Questa cifra comprende anche alcuni indispensabili lavori di adeguamento della caldaia, la progettazione ed il collaudo dell'impianto. L'adozione di tale tecnologia in contesto residenziale – obbligatoria a livello nazionale per i nuovi edifici e in caso di ristrutturazione dell'impianto ed obbligatoria in alcune Regioni, come in Lombardia a partire da Agosto 2012, su tutti gli impianti presenti – consente di ottenere un costo di circa 4,8 c€/kWh termico risparmiato, a fronte dei 9 c€/kWh di *benchmark* di produzione termica.

- non possono essere utilizzati anche per il raffrescamento degli ambienti.

Questo ha portato negli ultimi anni allo sviluppo e commercializzazione di altre soluzioni. Tra le principali, si ricordano i sistemi a **pannelli radianti**, che riescono a risolvere tecnicamente queste tre criticità:

- la temperatura media di funzionamento per il riscaldamento si colloca tra i 30-40 °C;
- la distribuzione del calore non è concentrata in alcuni punti, ma molto più uniformemente distribuita;
- **è possibile utilizzare le medesime “tubature” sia per il riscaldamento invernale che per il raffrescamento estivo.**

Il principio su cui si basano i pannelli radianti è quello della circolazione di acqua calda a bassa temperatura in un circuito chiuso, che si sviluppa coprendo una superficie radiante molto elevata. Facendo circolare acqua fredda alla temperatura di 14-18 °C, si possono condizionare gli ambienti in maniera efficace, senza le correnti di aria fredda che caratterizzano i condizionatori ad aria. I pannelli

radianti si suddividono generalmente in tre categorie (si veda la TABELLA 3.10 per una descrizione dei loro vantaggi e svantaggi):

- **pannelli radianti a pavimento;**
- **pannelli radianti a parete** (o con listello radiante a battiscopa);
- **pannelli radianti a soffitto.**

I pannelli radianti a pavimento sono il sistema più diffuso, soprattutto negli edifici residenziali e del settore terziario. Le serpentine, appoggiate su uno strato di materiale isolante, vengono annegate nel massetto di calcestruzzo del pavimento. I pannelli radianti a parete vengono installati nelle pareti del locale preferibilmente rivolte verso l'esterno: con questo accorgimento si limitano le dispersioni termiche, dal momento che sotto le tubazioni vengono inseriti gli isolanti, e vengono annullate o ridotte le differenze di temperatura tra pareti calde e pareti fredde. La superficie occupata dalla parte radiante delle pareti dipende dalla temperatura di progetto (più alta rispetto ai sistemi a pavimento), ma in genere varia da 1/3 a 1/2 della superficie calpestabile dell'edificio. Le tubazioni non si esten-

Tabella 3.10

Principali vantaggi e svantaggi delle diverse tipologie di pannelli radianti

Sistemi a pannelli radianti	Vantaggi	Svantaggi
A pavimento	Dal punto di vista del comfort termico, questa soluzione è probabilmente la migliore, poiché è in grado di offrire un irraggiamento uniforme e una distribuzione verticale del calore quasi perfettamente coincidente con la curva ideale di benessere termico	I pannelli a pavimento sono contraddistinti da: <ul style="list-style-type: none"> - inerzia termica elevata e necessità di pavimentazioni in materiale conduttore - necessità di funzionamento continuo sulle 24 ore - costi di installazione e progettazione elevati - necessità di spessori del pavimento elevati (7-10 cm più del normale)
A parete	I principali vantaggi dei sistemi a parete sono: <ul style="list-style-type: none"> - costi di installazione ridotti rispetto ad un sistema a pavimento - inerzia termica inferiore rispetto ad un sistema a pavimento (si scalda infatti più in fretta) 	Gli svantaggi di questa soluzione sono invece: <ul style="list-style-type: none"> - obbligo di funzionamento continuo sulle 24 ore - gradiente termico non omogeneo, il che li rende non adatti a spazi di grandi dimensioni - necessità di tenere le pareti libere da mobili
A soffitto	La tecnologia a soffitto assicura un trasporto di calore meno ostacolato, in quanto il pannello non è ostacolato da arredi e non presenta la necessità di intervenire sul pavimento o sul basamento dello stabile	Ha come principale svantaggio il rischio del cosiddetto <i>hot head effect</i> . Non si possono in altri termini superare certe temperature a livello della testa, che creerebbero situazioni di disagio

dono oltre i 2 m d'altezza. Per quanto riguarda i pannelli radianti a soffitto, si possono trovare in due forme: i pannelli radianti "classici" e le termo strisce radianti. A livello generale, i pannelli radianti a soffitto sono in genere costituiti da moduli metallici o in cartongesso di varia forma appesi al soffitto: si tratta di pannelli a vista al di sopra (o all'interno) dei quali è installato il tubo. Molto più raro è il caso delle tubazioni annegate direttamente nella struttura del solaio. Sono per lo più usati per il raffrescamento (si parla in questo caso di soffitti freddi): le condizioni di benessere ottimale prevedono che la temperatura a livello dei piedi sia lievemente superiore rispetto alla testa. Per questo motivo, nel caso del riscaldamento, le temperature massime ammissibili dipendono fortemente dall'altezza d'installazione. A questo proposito è interessante l'applicazione dei sistemi a travi fredde (SI VEDA BOX 3.9).

In termini percentuali, la diffusione dei pannelli radianti rispetto allo stock di terminali installato è stimabile in circa il 10% di tutti gli edifici residenziali e non. Tra i pannelli radianti, la tecnologia più diffusa è quella a pavimento. Questa limitata diffusione dei pannelli radianti sull'installato in Italia è dovuta principalmente al problema dell'invasività dell'intervento di installazione, che di fatto ne rende impossibile l'utilizzo in edifici esistenti ed alla notevole inerzia termica, che poco si adatta a situazione di breve occupazione temporale dell'edificio.

Infine vanno ricordati i cosiddetti **ventilconvettori**, detti anche *fan-coil*, che rappresentano da un certo punto di vista una soluzione intermedia tra i classici radiatori ed i pannelli radianti. Infatti essi richiedono acqua a temperatura inferiore (45-50 °C) rispetto a radiatori, ma comunque più alta in confronto a quella richiesta dai pannelli radianti. I

Box 3.9

Gli impianti a travi fredde

Negli ultimi anni, accanto ai convenzionali terminali di climatizzazione, si sta diffondendo sempre più, anche in Italia, l'utilizzo delle innovative travi fredde. È noto che i punti deboli della climatizzazione ottenuta con sistemi di aerazione sono diversi:

- fastidiosità delle correnti fredde;
- rumorosità delle ventole dei terminali;
- proliferazione di batteri nei terminali.

Le travi fredde cercano di risolvere questi problemi attraverso importanti innovazioni tecnologiche e di *design*. Esse sono un sistema di condizionamento e riscaldamento ad acqua. Il loro funzionamento è assimilabile a quello di un pannello radiante a soffitto, con l'introduzione tuttavia di alcune fondamentali differenze tecniche che ne rendono l'installazione una alternativa interessante rispetto ai pannelli radianti. La struttura esterna è costituita da un *carter* rigido che, installato a soffitto (generalmente all'interno delle controsoffittature), assomiglia a una classica lampada allungata. Grazie a questa sua caratteristica, sempre si riesce ad integrare nel suo involucro l'illuminazione dell'ambiente. La caratteristica tecnica principale, oltre quella dell'integrazione architettonica, risiede nella speciale forgiatura della batteria a pacco alettato. Si tratta praticamente del contenitore dove l'acqua viene messa in circolo. Grazie ad un particolare studio di queste ali si riesce ad aumentare notevolmente

l'efficienza di questi terminali rispetto ai normali pannelli radianti a soffitto. Il funzionamento della trave fredda avviene a partire dall'interazione fra un flusso d'aria che viene a contatto con la batteria della stessa. L'aria calda, che per convezione naturale sale verso l'alto, si raffredda a contatto con la batteria fredda della trave e ricade verso il basso. All'interno della trave fredda si fa passare un canale di mandata della condotta dell'aria primaria proveniente da una centrale di trattamento aria e si fa passare questa, in modo controllato, sulla batteria. In particolare, s'immette aria primaria ad una certa pressione che induce anche un richiamo all'interno della batteria della trave dell'aria dell'ambiente. Se con il sistema passivo la velocità di ricaduta dell'aria poteva risultare fastidiosa, nella soluzione a trave attiva si riescono ad ottimizzare le condizioni termo-igrometriche dell'ambiente grazie alla particolare sagomatura degli ugelli della trave, col risultato di un *comfort* ambientale perfetto. Ovviamente bisogna tener presente che, se da una parte si ottengono prestazioni notevolmente maggiori rispetto a quelle dei pannelli radianti, queste si ottengono solo se si dispone di una mandata di aria primaria. Essendo infatti la superficie radiante molto ridotta, gli apporti termici per radiazione sono bassissimi. Le travi fredde, come dice il nome stesso, nascono come terminale di un impianto di condizionamento. In realtà la maggior parte delle travi

fredde in commercio sono progettate per massimizzare le proprie caratteristiche radianti. Facendo quindi passare nella batteria acqua calda, esse riescono a riscaldare l'ambiente nel funzionamento invernale. Se per il funzionamento estivo questo genere di terminale non sembra avere rivali, il corretto funzionamento invernale risulta garantito a pieno solamente nel caso l'involucro edilizio sia in grado di garantire un adeguato isolamento e quindi bassi apporti termici necessari in fase di riscaldamento

stesso. L'efficienza energetica assicurata da questo genere di terminali è indiscutibile e, se si considera anche la contemporanea valenza estetica, si potrebbe pensare che esse rappresentino una scelta molto comune. In realtà si tratta di apparecchi decisamente più costosi dei normali. I notevoli volumi d'aria che passano nella trave fredda portano infine a dover dedicare particolare attenzione alle operazioni di pulizia che deve avvenire più frequentemente rispetto alle altre macchine.

ventilconvettori immettono aria calda grazie a delle ventole elettriche; questo consente di scaldare molto velocemente ambienti anche di grandi dimensioni e favorisce inoltre un ricircolo dell'aria.

3.1.4. Sistemi di *Building Automation*

I sistemi di *Building Automation* si propongono di **massimizzare l'efficienza energetica degli impianti dell'edificio** in relazione alle condizioni ambientali esterne ed ai differenti livelli di utilizzo e occupazione dei singoli ambienti dell'edificio stesso, garantendo nel contempo i massimi livelli di *comfort* e sicurezza. La *Building Automation* ha avuto storicamente una diversa connotazione in funzione dell'ambito di applicazione: da sistema concepito per assicurare *comfort* in campo residenziale a soluzione per il risparmio energetico in campo non residenziale. Oggi, tuttavia, queste due logiche si stanno riavvicinando, complice anche il fatto che in ambito residenziale si è recentemente diffusa la tariffa bioraria, in virtù della quale l'energia per l'utilizzatore finale ha diversi costi a seconda della fascia oraria in cui viene consumata.

Le tecnologie di *Building Automation* partono dalla misura degli utilizzi dell'energia da parte dell'utente e si occupano di rielaborare il diagramma di carico (ossia come sono dislocati i consumi durante la giornata) al fine di limitare il diffuso fenomeno dei picchi di carico di potenza durante la giornata. Una prima funzione della *Building Automation* è quindi la gestione dei carichi per i singoli vettori energetici, così da evitare di superare la potenza massima contrattuale. Oltre a ciò, la *Building Automation* permette la gestione ed il controllo dell'illuminazione e delle utenze termiche (riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria)

in funzione delle condizioni ambientali di esercizio. La termoregolazione è funzionale alle necessità di *comfort* abitativo, con l'adozione, nella maniera più estesa possibile, di profili di temperatura e di occupazione differenti per i singoli ambienti allo scopo di ridurre i consumi energetici. Il controllo completo dell'impianto di termoregolazione prevede sensori di temperatura e sensori di presenza che trasmettono al controllore le condizioni di stato dell'ambiente. L'obiettivo è la regolazione automatica del funzionamento delle singole unità terminali. Al fine di ottimizzare i consumi, il controllo climatico dei singoli ambienti è integrato al controllo dell'impianto di illuminazione. Sensori di presenza e di luminosità sono previsti in ogni ambiente, in modo da poter controllare l'accensione e lo spegnimento automatico delle differenti zone luminose, ed in modo da regolare l'intensità del flusso luminoso.

Va detto che in Italia non esistono delle norme che stabiliscono a quali specifiche tecniche un impianto di *Building Automation* debba sottostare, come accade invece per gli impianti elettrici e meccanici, rispettivamente con le norme CE ed UNI. A livello europeo è stata tuttavia messa a punto una norma tecnica che ben classifica i possibili sistemi di *Building Automation* in funzione dei livelli di efficienza energetica che essi consentono di conseguire nell'edificio. Tale norma – **UNI EN 15232 “Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Controls and Building Management”** – non necessita di essere recepita a livello nazionale, ma ha carattere volontario. Nello specifico, essa stima i risparmi conseguibili con l'applicazione di sistemi di automazione negli edifici nuovi o esistenti, in campo residenziale e non, separandoli in **quattro classi** di efficienza e in diversi ambiti di applicazione (**riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, ventilazione e condizionamento**). La norma

prevede quattro diverse classi di efficienza energetica del sistema di controllo e automazione (o BACS - “*Building Automation and Control Systems*”):

- classe D - “*Non Energy Efficient*”: identifica un sistema che comprende impianti tradizionali, privi di automazione e controllo;
- classe C - “*Standard*”: identifica un sistema dotato di dispositivi di automazione e controllo “tradizionali”, eventualmente dotati di BUS di comunicazione, comunque caratterizzati da livelli prestazionali minimi rispetto alle loro reali potenzialità. Viene normalmente assunto come livello di riferimento delle soluzioni di *Building Automation* utilizzate sul mercato;
- classe B - “*Advanced*”: identifica un sistema dotato di dispositivi di automazione e avanzati e di alcune funzioni di gestione degli impianti tecnici di edificio (TBM - “*Technical Building Management*”), che consentono una gestione centralizzata e coordinata dei singoli impianti;
- classe A - “*High Energy Performance*”: identifica sistemi BAC e TBM ad alte prestazioni energetiche, ossia alti livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevate prestazioni energetiche all'impianto.

Se è vero che in Italia non esistono delle norme che incentivano o disciplinano l'adozione di sistemi di *Building Automation*, ci sono delle esperienze a livello regionale di particolare interesse. Un esempio in questo senso è rappresentato dall'Emilia-Romagna che, con la delibera 1362/2010 del 20 Settembre 2010, ha stabilito l'obbligo di introdurre in tutti gli edifici privati di nuova costruzione sistemi di *Building Automation* di classe di efficienza energetica minima pari a C - “*Standard*”, mentre tale soglia sale alla classe B - “*Advanced*” per tutti gli edifici pubblici di nuova costruzione.

I sistemi di *Building Automation* sono applicabili in edifici residenziali e non, quali uffici, scuole-università, ospedali, alberghi-ristoranti ed edifici della GDO. Essi incontrano notevoli problemi di applicazione nel caso di edifici già esistenti, a causa dell'invasività dell'intervento, a meno che quest'ultimo abbia luogo contestualmente ad un'azione di riqualificazione energetica profonda.

Allo stato attuale sono comunque decisamente po-

che le realizzazioni presenti sul territorio italiano. In particolare, **nel residenziale si tratta di circa 80-90.000 edifici che dispongono di un buon sistema di *Building Automation* (0,7% del totale esistente)**, mentre nelle altre tipologie di edifici, il grado di penetrazione di tali sistemi è decisamente superiore (10-15%), anche se con un livello di sofisticazione e di efficienza energetica *Standard*. Anche alla base di queste considerazioni, nell'analisi di convenienza economica che è stata condotta si è assunto come *benchmark* di riferimento **sistemi di classe D - “*Non Energy Efficient*” per quanto concerne l'ambito residenziale, e sistemi di classe C - “*Standard*” per quanto riguarda l'ambito non residenziale.**

Assumendo quindi questi come riferimenti, in FIGURA 3.36 si presentano le percentuali di risparmio definite dalla norma sui fabbisogni elettrici e termici ottenibili con l'adozione di sistemi di *Building Automation* facenti riferimento alla classe A.

Si nota come i risparmi di energia che si possono ottenere attraverso l'adozione di sistemi di *Building Automation* altamente efficienti sono consistenti e **quantificabili da norma in circa il 15% del fabbisogno elettrico e il 26% del fabbisogno termico negli edifici residenziali, ed in circa il 10% del fabbisogno elettrico e il 28% del fabbisogno termico negli edifici non residenziali.** Ciò detto, il freno principale ad una maggiore diffusione di queste soluzioni impiantistiche ad alta efficienza è rappresentato dall'investimento iniziale, che comporta un costo addizionale rispetto ad un tradizionale impianto elettrico e termico, o rispetto ad un sistema di *Building Automation* di minore classe energetica, molto elevato.

In base alle nostre analisi, **il costo del kWh elettrico¹⁹ risparmiato grazie all'adozione di sistemi energeticamente efficienti di *Building Automation* (sotto l'ipotesi di un *benchmark* rappresentato da sistemi di classe D in ambito residenziale e di classe C in ambito non residenziale), è stimabile in media in²⁰:**

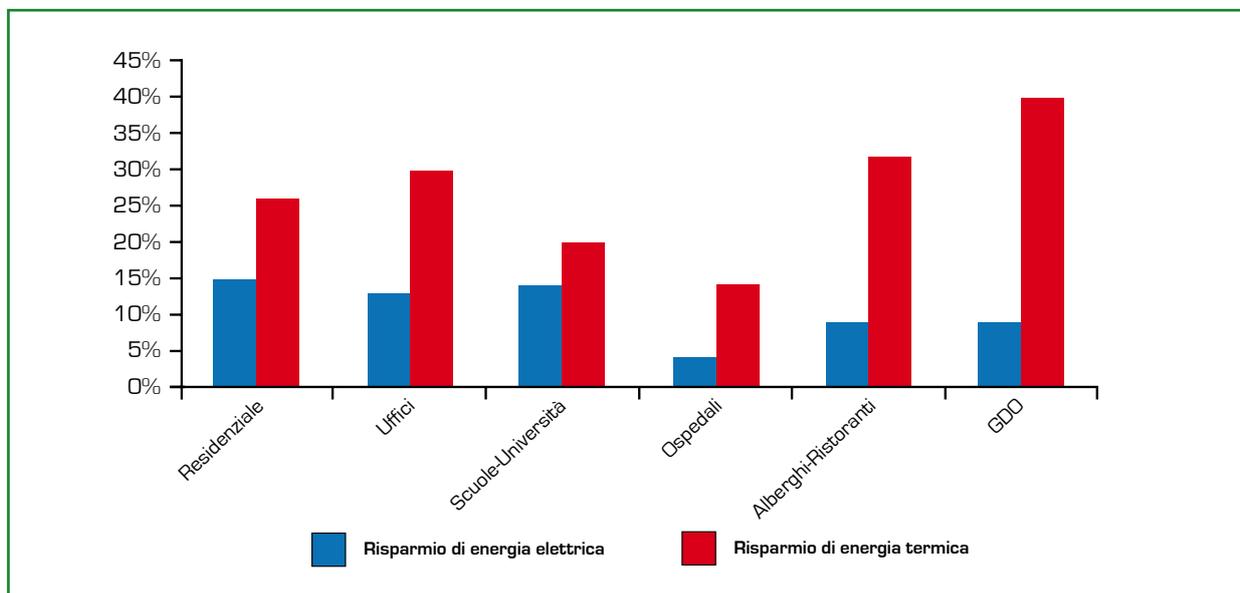
- 23,5 c€/kWh per kWh risparmiato nel caso di investimento in un edificio esistente e di 11,7 c€/kWh nel caso di nuovo edificio, in ambito residenziale;
- 78,6 c€/kWh per kWh risparmiato nel caso di investimento in un edificio esistente e 18,1 c€/kWh

¹⁹ Il calcolo del costo del risparmio sulla parte elettrica e termica è stato effettuato in modo proporzionale al peso dei due vettori energetici sul fabbisogno as-is degli edifici.

²⁰ Per un quadro completo delle assunzioni utilizzate nella stima degli indicatori di convenienza economica riportati nei paragrafi successivi si rimanda alla sezione metodologia del presente rapporto.

Figura 3.36

Risparmi percentuali di energia elettrica e termica definiti dalla norma ottenibili grazie all'adozione di sistemi di *Building Automation* in classe A, utilizzando la classe D come base di riferimento per l'ambito residenziale e la classe C per gli ambiti non residenziali



nel caso di nuovo edificio, per *building* destinati ad ospitare uffici;

- 69,8 c€/kWh per kWh risparmiato nel caso di investimento in un edificio esistente e 16,1 c€/kWh nel caso di nuovo edificio, per *building* di scuole e università;
- 96,2 c€/kWh per kWh risparmiato nel caso di investimento in un edificio esistente e 22,2 c€/kWh nel caso di nuovo edificio, per gli ospedali;
- 93,5 c€/kWh per kWh risparmiato nel caso di investimento in un edificio esistente e 21,6 c€/kWh nel caso di nuovo edificio, per gli alberghi;
- 23,8 c€/kWh per kWh risparmiato nel caso di investimento in un edificio esistente e 5,5 c€/kWh nel caso di nuovo edificio, per la GDO.

Questi dati sono graficamente rappresentati in FIGURA 3.37, in cui si riporta anche un'analisi di sensitività legata alla variazione del prezzo di acquisto dei sistemi di *Building Automation*. Come si nota, **esiste una differenza sostanziale in termini di convenienza economica tra l'applicazione di sistemi di *Building Automation* efficienti in edifici nuovi ed usati**, per quanto riguarda il risparmio di energia elettrica che essi consentono di conseguire. Questo è dovuto essenzialmente all'invasività dell'intervento necessario per integrare questi sistemi in edifici esistenti. Nel caso di nuovi edifici, le applicazioni in campo residenziale e della GDO sono già oggi convenienti dal punto di vista

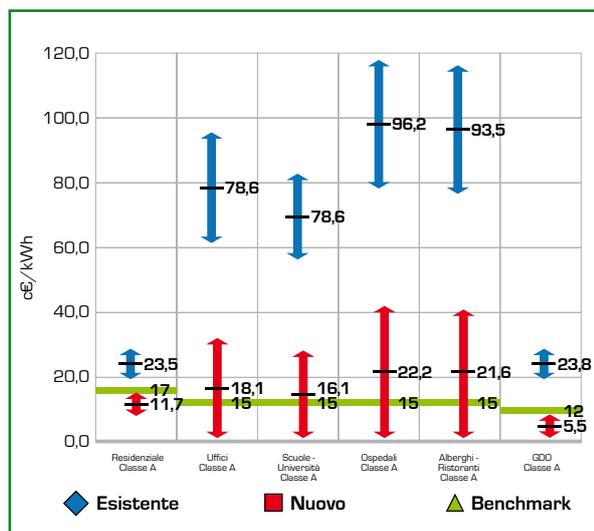
del costo del kWh elettrico risparmiato, mentre nel caso di scuole ed uffici il costo del kWh elettrico risparmiato è sostanzialmente equivalente al prezzo medio di acquisto dell'energia dalla rete. Di fatto quindi questa classe di applicazioni dei sistemi di *Building Automation* dovrebbero risultare indifferenti agli occhi dell'investitore. Per quanto riguarda invece il caso degli ospedali e degli edifici destinati alla ristorazione (alberghi e ristoranti), la tecnologia appare ancora non matura dal punto di vista del costo dell'energia elettrica che essa consente di risparmiare.

La convenienza dell'investimento in tecnologie efficienti di *Building Automation* pare migliore dal punto di vista dell'energia termica che esse consentono di risparmiare. La nostra analisi mostra che il costo medio del kWh termico risparmiato è pari in media a:

- 8,3 c€/kWh termico risparmiato (per edifici esistenti) e 4,2 c€/kWh (per edifici nuovi) in ambito residenziale;
- 20,9 c€/kWh termico risparmiato (per edifici esistenti) e 4,8 c€/kWh (per edifici nuovi), nel caso di applicazioni in uffici;
- 30 c€/kWh termico risparmiato (per edifici esistenti) e 6,9 c€/kWh (per edifici nuovi), nel caso di scuole ed università;
- 16,8 c€/kWh termico risparmiato (per edifici

Figura 3.37

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di un sistema di *Building Automation* in ambito residenziale e non residenziale (parte elettrica)



esistenti) e 3,9 c€/kWh (per edifici nuovi), negli ospedali

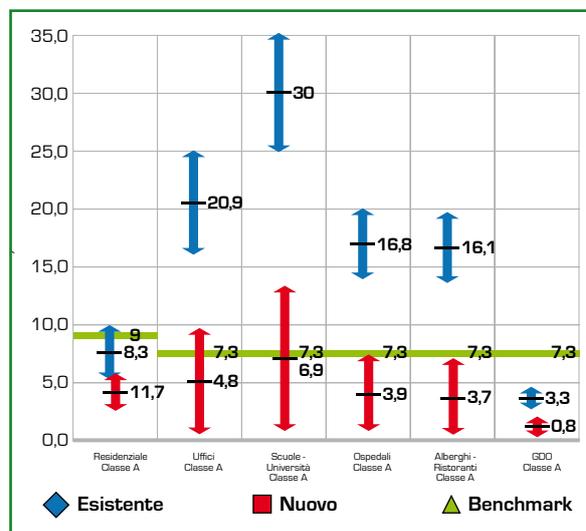
- 16,1 c€/kWh termico risparmiato (per edifici esistenti) e 3,7 c€/kWh (per edifici nuovi) in alberghi;
- 3,3 c€/kWh termico risparmiato (per edifici esistenti) e 0,8 c€/kWh (per edifici nuovi) in edifici della GDO.

L'analisi sul costo del kWh termico conferma la scarsa convenienza economica dell'applicazione di sistemi di *Building Automation* nel caso di installazione in edifici esistenti. Tuttavia, la situazione migliora decisamente se si considerano le nuove realizzazioni. In questo caso, per ogni applicazione considerata, **il costo del kWh termico risparmiato dotando un nuovo edificio di sistemi energeticamente efficienti di *Building Automation* è inferiore rispetto al costo marginale per produrre un kWh termico di energia in più.**

Per una valutazione complessiva della convenienza economica dell'introduzione di tali sistemi, è interessante considerare il caso virtuoso – in base alla nostra analisi – di un nuovo edificio della Grande Distribuzione Organizzata, di 5.000 m² di superficie e con un consumo annuo di 1.500.000 kWh elettrici e 1.350.000 kWh termici: l'adozione di un sistema di *Building Automation* in classe A di efficienza energetica permette un risparmio annuo di circa 135.000 kWh elettrici e 540.000 kWh termici, a fronte di un investimento addizionale rispetto a

Figura 3.38

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di un sistema di *Building Automation* in ambito residenziale e non residenziale (parte termica)



un sistema in classe C di circa il 30% (pari a circa 210.000 €) che si ripaga in circa 4 anni.

3.2 Struttura dell'edificio

3.2.1 Progettazione degli spazi

Prima di esaminare le diverse soluzioni oggi disponibili per migliorare l'efficienza energetica degli edifici intervenendo sulla loro struttura, è importante ricordare la centralità del tema della progettazione degli spazi architettonici. Al di là della peculiarità dei fattori estetici ed ergonomici da tenere in considerazione nella progettazione architettonica, non si può prescindere dal considerare anche il forte impatto che essa ha sulle prestazioni energetiche del sistema edificio. **L'integrazione con l'ambiente esterno, lo sfruttamento della ventilazione e della luce naturale e la minimizzazione delle perdite termiche** rappresentano dei criteri fondamentali da considerare in questo senso. Per fare un esempio, è chiaro che una struttura che presenta grandi aperture (finestre, lucernari o altro) è maggiormente predisposta ad essere oggetto di maggiori perdite termiche rispetto ad uno spazio chiuso con muraure di spessore importante, ma nello stesso tempo presenta il vantaggio di poter sfruttare meglio la luce esterna con il risultato di ridurre i costi di illuminazione. Capire quale sia la soluzione migliore in relazione alle caratteristiche dell'ambiente circo-

stante è fondamentale per minimizzare gli sprechi di energia.

La progettazione in ottica di efficienza energetica è divenuta di particolare interesse negli ultimi anni, grazie alla disponibilità di materiali sempre più energeticamente efficienti, che hanno messo a disposizione di tecnici e progettisti un numero estremamente elevato di soluzioni architettoniche da impiegare in questo senso. La disponibilità di vetri sempre più isolanti e di strutture portanti sempre più leggere e resistenti permette per esempio l'installazione di grandi vetrate, quali le facciate continue a vetrate negli edifici adibiti ad uffici, dove, fino a trent'anni fa, non si poteva che affidarsi alla muratura.

Ricordando che il comportamento ambientale dell'involucro è inscindibile dal sistema edificio-impianto-ambiente esterno, si possono descrivere le prestazioni energetiche dell'involucro architettonico, risultato di differenti scelte di progettazione, secondo cinque modelli di controllo ambientale²¹:

1. **involucro conservativo**, caratterizzato da un tipo di controllo ambientale che utilizza grandi masse murarie con poche aperture, per ridurre le dispersioni termiche nelle varie stagioni dell'anno;
2. **involucro selettivo**, che si caratterizza per un controllo ambientale basato su principi generali analoghi all'involucro conservativo, ma con l'innovazione di utilizzare grandi pareti trasparenti per l'illuminazione ed il riscaldamento passivo (ad esempio, parete trasparente semplice o doppia con dispositivi per il controllo solare);
3. **involucro rigenerativo**, che affida ai sistemi impiantistici tutti i problemi del controllo ambientale ed assume l'involucro esclusivamente come barriera per diminuire l'interazione tra l'interno e l'esterno (ad esempio, parete trasparente con vetrata normale o selettiva);
4. **involucro eco-efficiente o ambientalmente interattivo o bioclimatico avanzato**, che propone un controllo basato sull'armonia tra ambiente esterno ed edificio con la possibilità di gestire i complessi flussi di energia attraverso le modifiche dell'intorno, la forma dell'edificio, l'organizzazione degli spazi interni e le configurazioni e azioni dell'involucro;
5. **involucro architettonico intelligente**, adattativo

e interattivo, progettato e realizzato per adattarsi come un vero e proprio essere vivente al variare delle condizioni ambientali esterne, sfruttando le fonti energetiche rinnovabili per assicurare il mantenimento di condizioni confortevoli al suo interno in termini di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione e illuminazione naturale.

Un'altra distinzione comune nella classificazione degli involucri edilizi è quella tra involucro passivo ed attivo. Con il termine **involucro passivo** si vuole indicare un sistema progettato per sfruttare l'energia naturale disponibile *in loco* in combinazione con i componenti architettonici. In generale si può dire che l'involucro passivo:

- massimizza il guadagno solare diretto, perché dotato di estese superfici vetrate sulle pareti esposte alla radiazione solare;
- prevede spazi cuscinetto per la protezione dal freddo e serre per sfruttare l'energia solare nel periodo invernale;
- favorisce la ventilazione naturale;
- utilizza l'aria esterna per raffreddare le strutture edilizie nel periodo notturno.

L'involucro edilizio diviene **attivo** quando non solo supporta, bensì integra i sistemi impiantistici (quelli per la raccolta e la trasformazione dell'energia solare e per la ventilazione artificiale degli ambienti interni, si vedano ad esempio la parete vetrata ventilata e la facciata integrata con un impianto fotovoltaico).

In generale, la progettazione degli spazi interni ed esterni di un edificio deve garantire il *comfort* termico ed igrometrico, nonché il contenimento dei consumi energetici, mediante l'adozione dei giusti accorgimenti in termini principalmente di:

- **forma e geometria dell'edificio;**
- **posizionamento ed orientamento dell'edificio** (con riguardo ad illuminazione e ventilazione naturale).

Nello specifico, la **forma dell'edificio** influisce in modo significativo sulle perdite energetiche. Lo scambio termico tra interno ed esterno avviene infatti attraverso la superficie dell'involucro: quanto più è elevata la superficie "S" che racchiude il volume "V", tanto più elevato è lo scambio termico.

²¹ Definizione tratta da Banham R., "Ambiente e tecnica nell'architettura moderna", ed. Laterza, Bari 1978.

Ciò implica che è possibile ridurre le dispersioni dell'edificio minimizzando in fase di progettazione il rapporto di forma S/V. Alcuni esempi indicativi di rapporti di forma sono riportati in TABELLA 3.11.

In generale, quindi, edifici di grande volumetria tenderanno a trattenere il calore in inverno con maggiore facilità rispetto ad edifici di minore volume, che si raffreddano più facilmente, mentre vale il viceversa durante i mesi estivi.

Il posizionamento e l'orientamento dell'edificio possono essere progettati con l'intento di privilegiare gli aspetti "bioclimatici" della costruzione, cercando quindi di ottimizzare gli apporti solari invernali, l'efficacia dell'illuminazione naturale e la ventilazione naturale. Un orientamento con le facciate più estese a Sud e a Nord è preferibile e permette di controllare meglio la radiazione che attraversa le superfici vetrate; il lato Sud riceve così il massimo della radiazione in inverno (quando è più richiesta), mentre in estate – con adeguate schermature – il sole è alto sull'orizzonte e l'interno dell'edificio riceve minore radiazione. La superficie ottimale delle vetrate sul lato Sud è preferibile che sia circa il 30-40% della superficie complessiva della facciata. Un aumento di tale percentuale oltre il 50% non fa incrementare in modo significativo i guadagni solari in inverno e quindi influisce solo in misura trascurabile sul fabbisogno termico. Per contro, in estate si avverterà un surriscaldamento dei locali interni che riduce conseguentemente il benessere termico. Viceversa, un valore di superficie vetrata inferiore al 30% riduce il surriscaldamento estivo, ma diminuisce anche l'illuminazione naturale e quindi genera un incremento dei consumi energetici da illuminazione artificiale.

Agendo su queste due variabili si stima che si possa ottenere un **risparmio sul fabbisogno annuo complessivo che si colloca nell'intorno del 2-3% per l'energia elettrica e del 5-7% per l'energia termica.**

Tabella 3.11

Esempi di rapporti di forma per diverse tipologie di edificio

Tipologia di edificio	Rapporto S/V
Villetta	0,8
Villetta a schiera	0,65
Edificio in linea	0,5
Edificio a torre	0,3

3.2.2 Chiusure vetrate

Le chiusure vetrate, che rappresentano la parte trasparente e semitrasparente dell'involucro edilizio, sono composte da vetro e telaio. Sono la porzione di edificio più delicata dal punto di vista termico, sia perché il livello di isolamento è più basso rispetto ai componenti opachi, sia perché sono più complessi i meccanismi di scambio termico. Inoltre, data la relativa facilità di sostituzione ed i costi contenuti rispetto a interventi su altre parti dell'edificio, sono spesso il primo elemento su cui si interviene nell'ambito di una riqualificazione energetica, tanto che è stato l'intervento in assoluto più comune tra quelli che hanno sfruttato la detrazione fiscale del 55% (SI VEDA FIGURA 3.39).

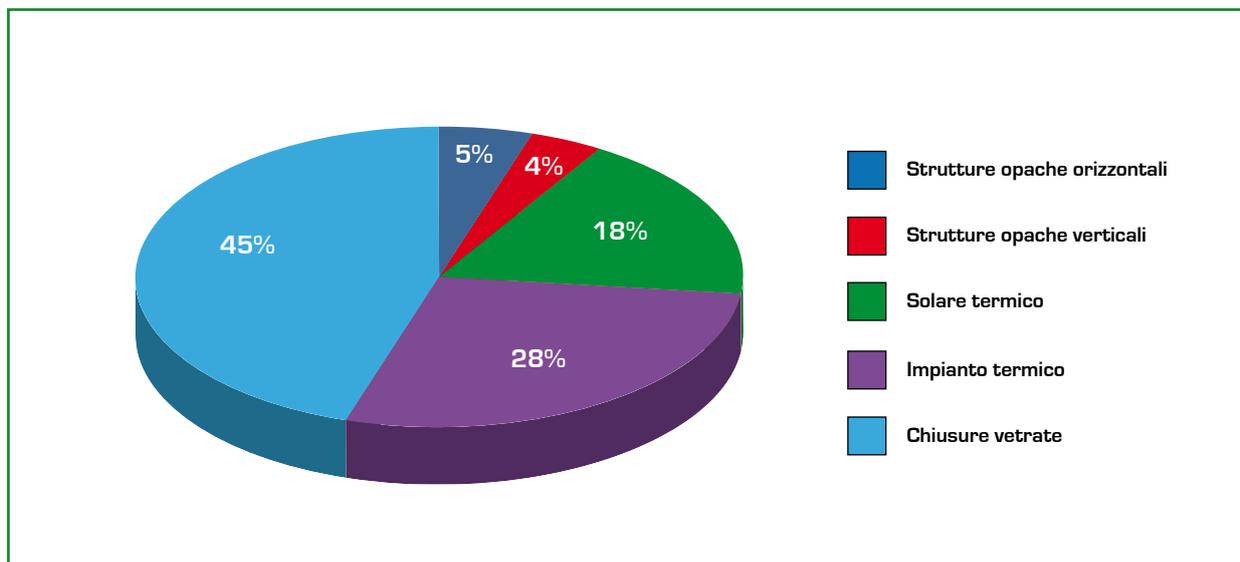
Gli infissi rappresentano la parte opaca dei serramenti e hanno una notevole importanza per i flussi termici che hanno luogo attraverso le finestre. Fino a poco tempo fa erano ritenuti la parte termicamente più efficiente del serramento. Oggi, con i grandi progressi tecnologici avvenuti nel campo dei sistemi trasparenti, gli infissi pare siano divenuti il prodotto a più limitate potenzialità di miglioramento termico. Non a caso nei Paesi più freddi, dove l'utilizzo di vetrocamera multipli con vetri basso emissivi è prassi comune, le maggiori perdite termiche sono localizzate proprio negli infissi e nella giunzione tra vetro e componente opaco. Se la scelta del materiale ha un'importanza limitata per quanto riguarda la permeabilità all'aria, viceversa è fondamentale per le prestazioni termiche, come si evince dalla TABELLA 3.12.

Il legno, il PVC e il metallo sono i tre principali materiali utilizzati nella costruzione di telai per coperture vetrate. Sul mercato sono presenti anche combinazioni di questi materiali, (la più comune è la soluzione alluminio-legno), ideati soprattutto per combinare buone prestazioni energetiche con richieste estetiche dell'infisso.

Gli infissi in legno sono utilizzati da secoli negli edifici e rappresentano ancora oggi una quota parte consistente del mercato per l'edilizia residenziale (oltre il 40%). Le caratteristiche termo-fisiche sono legate al tipo di legno utilizzato ed allo spessore dell'infisso, per questa ragione non ci sono state innovazioni importanti per quanto riguarda la tenuta termica. Vi sono stati invece miglioramenti negli ultimi anni sul versante della stabilità e della curabilità del prodotto, riducendo i costi di manutenzione, così come l'utilizzo di guarnizioni sintetiche e na-

Figura 3.39

Distribuzione della tipologia di interventi agevolati con il meccanismo della detrazione fiscale del 55%



turali ha consentito di ridurre l'elevata permeabilità all'aria di questo tipo di infissi. I valori di trasmittanza termica U degli infissi in legno sono funzione della densità del legno e dello spessore e della geometria dell'infisso.

Il polivinilcloruro (PVC) è utilizzato per la realizzazione dei serramenti dall'inizio degli anni Cinquanta, anche se una vera e propria diffusione è iniziata dopo un ventennio. Essenzialmente gli infissi in PVC sono costituiti da profilati cavi

a più camere, uniti mediante saldatura e rinforzati con profilati metallici. Il motivo della diffusione di questi infissi (che oggi hanno raggiunto un tasso di penetrazione del 15% dello *stock* esistente) è da ricercare nelle buone caratteristiche termiche, nella bassa richiesta di manutenzione, nella molteplicità di soluzioni geometriche e nella riciclabilità del materiale sintetico, mentre gli svantaggi sono soprattutto legati alla deformabilità del prodotto nel tempo ed a considerazioni estetiche. Esistono oggi delle soluzioni più avanzate con profili a cinque ca-

Tabella 3.12

Trasmittanza termica²² delle principali tipologie di infissi

Materiale chiusure vetrate		Trasmittanza termica U [W/m ² K]	Svantaggi principali
Legno	Legno tenero	1,8	Costo elevato (diminuibile con inserti in alluminio)
	Legno duro	2,1	
PVC	Tre camere	2,0	Rischio di deformazione a causa di sbalzi di temperature
	Due camere	2,2	
Metallo	Con taglio termico	2,4	Rischio di deformazione a causa di sbalzi di temperature
	Tradizionale	5,5	

²² La trasmittanza termica è il flusso di calore che passa attraverso una parete o infissi per m² di superficie e per grado Kelvin di differenza tra la temperatura interna ad un locale e la temperatura esterna o del locale contiguo. È indicata dalla lettera 'U' e l'unità di misura è W/m²K.

mere, caratterizzati da livelli di isolamento ancora maggiori. Esistono, seppure a diffusione molto limitata, infissi in poliuretano.

Gli infissi in metallo (essenzialmente alluminio) rappresentavano, fino a pochi anni fa, una notevole fetta di mercato nel settore residenziale e la maggior parte del volume di vendita nel terziario, per una quota complessiva di circa il 45%. Negli ultimi anni, le norme energetiche sempre più stringenti sui valori di trasmittanza, hanno fortemente svantaggiato questi prodotti, che devono subire trattamenti di taglio termico per avere prestazioni energetiche competitive rispetto a legno e PVC, con conseguenti aumenti di costo. Le caratteristiche termiche dei serramenti metallici sono piuttosto limitate per i prodotti tradizionali, mentre diventano più interessanti con le soluzioni a taglio termico. Negli infissi tradizionali la povertà delle prestazioni dipende dalla elevata conduttività dei metalli in genere, che non offrono grande resistenza al trasferimento del calore. Negli infissi a taglio termico, tutto ciò viene evitato realizzando dei profilati cavi per sfruttare le capacità isolanti delle camere d'aria, e spezzando la continuità del metallo con materiale a bassa conducibilità termica, in genere plastico. La trasmittanza finale dipende da:

- dimensione delle camere d'aria dei profili;
- eventuali vernici riflettenti all'interno dei profili;
- tipo di materiale utilizzato per il taglio termico;
- caratteristiche geometriche dell'infisso.

Attualmente gli infissi in alluminio non a taglio termico sono ancora diffusi nell'edilizia residenziale ed in molti vecchi edifici per uffici. È anche importante notare che a questo tipo di infissi si associa spesso

un'elevata permeabilità all'aria che riduce ulteriormente le prestazioni del serramento. **Prestazioni simili si hanno anche per infissi in ferro, acciaio ed altre leghe che, però, hanno ormai una diffusione piuttosto limitata a causa dei costi delle materie prime e dei loro trattamenti.**

L'altro componente su cui agire in ottica di efficienza energetica è rappresentato dal vetro, che viene lavorato per essere reso isolante. Si definisce vetrata isolante un manufatto composto da (A) vetro, (B) distanziatore, (C) setaccio molecolare, (D) taglio termico, (E) sigillante, (F) aria disidratata o gas (SI VEDA FIGURA 3.40).

Figura 3.40

Sezione di una vetrata isolante

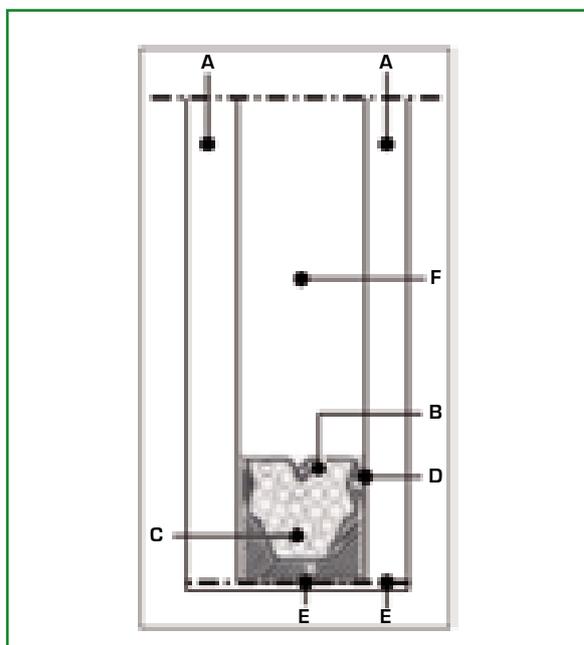


Tabella 3.13

Influenza del gas in intercapedine sull'emissività [Fonte: UNI TS 11300]

Vetrata	Emissività con gas in intercapedine (concentrazione gas ≥ 90%)				
	Aria	Argon	Krypton	SF ₆	Xenon
Dimensioni (mm)					
4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0	2,6
4-8-4	3,1	2,9	2,7	3,1	2,6
4-12-4	2,8	2,7	2,6	3,1	2,6
4-16-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6

Ciascuno dei componenti sopracitati è importante per ottenere delle buone prestazioni energetiche. In particolare, l'impatto dato dai diversi gas utilizzabili in intercapedine è schematizzato in TABELLA 3.13.

La prima grande classificazione delle vetrate è fatta in base al numero di vetri di cui sono composte; le prestazioni energetiche ovviamente migliorano all'aumentare degli strati (SI VEDA TABELLA 3.14).

Le principali vetrate in commercio sono doppie o triple, ma esistono anche strutture a più strati, adottate però solo in soluzioni particolari. I vetri singoli, ancora presenti in molte abitazioni di vecchia costruzione, non sono praticamente più commercializzati.

Date le scadenti proprietà isolanti del vetro convenzionale, l'industria ha puntato sempre più sull'innovazione in tal senso, con soluzioni sempre più efficienti. **Si fa in particolar modo riferimento ad una distinzione tra vetri basso-emissivi (ad elevate prestazioni) e vetri a controllo solare.** I secondi non sono propriamente innovativi sia perché la tecnologia risale ai primi anni Ottanta, sia perché non innovano sostanzialmente il vetro semplice dal punto di vista energetico. Viceversa, i vetri basso-emissivi si contraddistinguono per una notevole componente innovativa dal punto di vista tecnologico. Esiste la percezione di una sorta di dualismo tra vetri a controllo solare, particolarmente adatti per i climi caldi, e quelli a bassa emissività, applicabili nei climi freddi. In realtà, le due tipologie vanno ad agire su proprietà differenti: mentre i vetri a controllo solare sono vetri con moderata trasmissione luminosa (in genere sono scuri) e bassa trasmissione solare, da utilizzare tipicamente in zone calde, i basso-emissivi sono vetri ad elevata trasmissione luminosa e bassa trasmittanza termica, utilizzabili in qualsiasi condizione, migliorando in assoluto le prestazioni della finestra. Considerare alternativi questo tipo di vetri non è quindi esatto, poiché non si tiene in conto che:

- un vetro a controllo solare può avere anche un

rivestimento basso emissivo, essendo diversi la natura ed il posizionamento dei rivestimenti;

- i vetri basso emissivi, a differenza di quelli a controllo solare, operano un aumento della resistenza termica del componente, che è una situazione comunque auspicabile.

I vetri a controllo solare sono stati il primo vero miglioramento rispetto ai tradizionali vetri chiari e sono in commercio già da parecchi anni, con l'obiettivo di ridurre i carichi termici dovuti alla radiazione solare entrante attraverso le aperture vetrate. Essi impediscono il surriscaldamento di ambienti attraverso le proprie superfici vetrate esposte al sole. Esistono due tipologie di vetri a controllo solare:

- **i vetri riflettenti:** hanno la caratteristica di riflettere la luce visibile rendendo la superficie vetrata ad effetto specchio;
- **i vetri selettivi:** hanno la caratteristica di fare da filtro alle diverse lunghezze d'onda della radiazione solare. L'obiettivo principale dei selettivi è quello di permettere il maggior passaggio possibile di luce visibile limitando considerevolmente il passaggio dell'infrarosso, che costituisce la principale causa di surriscaldamento in ambienti esposti al sole.

Il mercato più attivo è senz'altro quello dei vetri riflettenti. Essi possono essere ottenuti attraverso due procedimenti:

- **trattamento pirolitico,** ottenuto attraverso un trattamento chimico di superficie effettuato in fase semi-solida depositando ossidi metallici che vengono inglobati nella superficie delle lastre, assicurando grande stabilità, durezza e resistenza agli agenti atmosferici;
- **trattamento magnetronico,** ottenuto attraverso polverizzazione catodica di metalli e di ossidi metallici sulle lastre in un campo elettromagnetico e sotto vuoto ottenendo una pellicola superficiale molto resistente; in questo caso la superficie trattata va sempre posta in opera all'interno.

Le vetrate attrezzate con vetri riflettenti presentano vantaggi di riduzione del fattore solare, di qualità estetiche dovute agli effetti cromatici e, se desiderato, consentono la visione dello spazio esterno dall'interno ma non viceversa. Esistono tuttavia inconvenienti di non poco conto, che possono essere riassunti in:

- costi elevati per prestazioni termiche non eccelse;

Tabella 3.14

Trasmittanza di diversi vetri stratificati

Stratificazione del vetro	Trasmittanza termica U [W/m ² K]
Singolo	4,0 - 5,9
Doppio	2,0 - 3,0
Triplo	1,4 - 1,8

- mancanza di comportamento selettivo, elevata trasmissione nello spettro visibile ed elevata riflessione nell'infrarosso, ma soltanto elevata riflessione su tutto lo spettro; questo implica scarsa luminosità degli ambienti e richiesta quasi costante di luce artificiale; in questi casi il risparmio ottenibile per ridotti carichi per il condizionamento può essere del tutto vanificato, con l'aggravante del non utilizzo della luce naturale;
- la riduzione del fattore solare non è un dato sempre positivo nel corso dell'anno;
- riflessioni verso l'interno, con conseguenti fenomeni di abbagliamento.

Il controllo solare non risolve quindi efficacemente il problema energetico e del *comfort* visivo dei componenti trasparenti nell'edilizia.

Parlando invece di vetri basso-emissivi, va ricordato che il vetro è un materiale con valori di emissività globale molto elevati (circa 0,8), che determinano elevati scambi radiativi con l'ambiente circostante. Grazie all'applicazione di sottili *film* metallici o di ossidi di metalli è possibile innalzare la riflettanza nell'infrarosso, riducendo notevolmente l'emissività del vetro fino a valori inferiori a 0,1, con conseguente riduzione degli scambi radiativi per effetto di un'elevata riflessione nel campo dell'infrarosso. **Questo consente di avere vetri con valori di resistenza termica nettamente migliori.** Inoltre il posizionamento di tali *film* permette al vetrocamera di funzionare a guadagno o a filtro solare. Nel caso in cui il *film* è messo sulla faccia interna del vetro esterno, la finestra funziona come filtro solare, poiché la radiazione è assorbita in prossimità della superficie esterna e riemessa verso l'esterno. Se il *film* è sulla faccia esterna del vetro interno, la radiazione che attraversa il vetro esterno colpisce il vetro interno che, per la presenza del rivestimento all'esterno, non potrà che riemetterla verso l'interno, facendo funzionare la finestra a guadagno solare.

Alla base della formazione di questi filtri troviamo

di nuovo i trattamenti, pirolitici e magnetronici, già visti nei vetri a controllo solare. La differenza sostanziale tra le due tipologie di vetro risiede infatti nei materiali integrati alle lastre. Materiali particolari, ad esempio l'argento, hanno elevata riflessione anche nell'infrarosso vicino, comportandosi così come dei filtri solari, unendo l'isolamento termico dei vetri basso emissivi ed il fattore solare dei vetri a controllo solare, pur mantenendo rispetto a questi ultimi un'elevata trasmissione luminosa. Viceversa oro e rame presentano bande di assorbimento nella porzione centrale del *range* visibile, come testimoniano le loro tipiche colorazioni, con riduzione della trasmissione luminosa. Questi metalli, se sufficientemente sottili, sono utilizzabili come rivestimenti per finestre, in genere con spessori tra 10 e 30 nanometri. I metalli nobili non sono i soli a prestarsi a questo tipo di applicazioni, per cui sono utilizzati anche i metalli di transizione e gli ossidi conduttori trasparenti. I primi, tra i quali vanno inclusi principalmente ferro, cromo e nickel, sono meno efficaci sia per la trasmissione nel visibile, sia per la riflessione nell'infrarosso. Trovano un certo impiego in alcuni vetri a controllo solare, spesso associati ad altri rivestimenti. La seconda categoria riguarda i semiconduttori a banda larga, che diventano conduttori a tutti gli effetti dopo essere stati dopati con opportuni atomi. Anche con questi materiali è assicurata un'elevata riflessione nell'infrarosso, continuando ad avere un'elevata trasmittanza luminosa. Un'ultima classe di materiali molto promettente è quella dei rivestimenti in nitrato di titanio e zirconio. Ossidi e nitruri sono generalmente materiali isolanti, tuttavia i nitruri di metalli si comportano come veri e propri metalli con elettroni liberi, caratteristica che li accomuna ai metalli nobili, con il vantaggio di essere più duri e resistenti. Componenti vetrati con questo tipo di rivestimento non sono ancora in commercio, in attesa che sia perfezionata la tecnologia di produzione e siano verificati fenomeni di invecchiamento e durabilità.

Il BOX 3.10 fornisce una descrizione dei materia-

Box 3.10

Materiali trasparenti ad elevata innovazione

Tra i vari componenti dell'involucro edilizio, i materiali trasparenti hanno fatto riscontrato il tasso d'innovazione maggiore nel corso degli ultimi anni. Svitati prodotti, originariamente rivolti ad altri impieghi, hanno successivamente trovato applicazione nel settore edile. In taluni casi

si tratta di soluzioni diffuse sul mercato, in altri si è ancora in fase di sviluppo o precompetitiva. Risulta interessante fornire delle indicazioni di base con riferimento a soluzioni tecnologiche che potrebbero essere, in tempi brevi, adottate in edifici residenziali e, soprattutto, commerciali.

Aerogel

L'Aerogel è un materiale costituito da particelle di silice, costituito da una struttura porosa aperta trasparente. Tale struttura, ottenuta in virtù di particolari processi produttivi, fa sì che il materiale sia costituito al 95% da vuoti, in grado di fornire ottime performance sia dal punto di vista ottico che energetico.

La microporosità del materiale permette, a pressioni inferiori ai 100 mbar (ad esempio, inserito in un vetrocamera), di ottenere prestazioni termiche simili a quelle del vuoto con valori di conduttività termica di circa 10-11 mW/(m·K) rispetto ai 15-17 mW/(m·K) del materiale a pressione atmosferica, limitando gli scambi termici a quelli che avvengono per conduzione tra lo scheletro della struttura e per radiazione.

Inoltre, il comportamento trasparente è dovuto alla dimensione dei pori (mediamente pari a 10-20 nm), inferiore alle lunghezze d'onda della luce naturale. In realtà, il comportamento del materiale non è perfettamente tale, a causa di fenomeni di *scattering* della luce trasmessa, ossia una parziale diffusione del raggio incidente mantenendo come direzione principale quella dell'angolo di incidenza. I valori di trasmittanza sono compresi tra 85 e 92%, simili a quelli del vetro chiaro.

Il materiale, a causa dei problemi di *scattering* e distorsione dello spazio esterno, si presta poco ad essere utilizzato in luogo delle tradizionali finestre, essendo invece maggiormente adatto per il cosiddetto *daylighting* (ossia nella strategia di sfruttamento della luce naturale per l'illuminazione dell'ambiente interno) e nei sistemi solari passivi e attivi.

Esistono due principali categorie di Aerogel: l'Aerogel monolitico e l'Aerogel granulare. Il primo ha un potenziale di diffusione sul mercato elevato, dal momento che, in condizioni ottimali, assolve brillantemente a tutte le funzioni richieste ad una finestra, con prestazioni energetiche in linea con quelle delle chiusure opache dell'involucro edilizio, tuttavia con costi ancora elevati.

L'Aerogel granulare, invece, è ormai standardizzato nella produzione e nelle performance, inoltre, sebbene non possa sostituire le normali finestre, presenta un incremento di costo limitato rispetto ad un normale vetrocamera.

La penetrazione sul mercato attesa, con riferimento ad entrambi i tipi di Aerogel, lascia prevedere riduzioni dei prezzi, soprattutto per l'Aerogel monolitico, ancora in

piena fase evolutiva.

Materiali trasparenti isolanti (TIM)

I materiali trasparenti isolanti (TIM) utilizzano delle strutture geometriche per limitare le dispersioni termiche per convezione ed irraggiamento.

A livello pratico, vengono realizzate delle pareti divisorie con l'obiettivo di bloccare i moti convettivi dell'aria e ridurre lo scambio radiativo, attraverso la sovrapposizione di strati di materiale tipicamente plastico (ultimamente, sono in fase di sviluppo prototipi in vetro) trasparente nel visibile e nell'infrarosso vicino, ma opaco nel lontano. In funzione dell'angolo d'incidenza delle radiazioni su ognuno di questi strati, varia la proporzione tra i raggi riflessi e quelli che attraversano la struttura.

I TIM sono applicati nell'intercapedine di un vetrocamera, realizzando così un sistema trasparente complesso, che presenta notevoli vantaggi applicativi.

Essendo composti polimerici organici, i TIM sono soggetti a trasformazioni fisiche e chimiche di tipo irreversibile, che ne alterano le prestazioni. Per questo motivo, la scelta delle sostanze più adatte alla produzione dei TIM deriva dall'analisi degli effetti delle cause esterne (in particolari climatiche) sulle sostanze stesse.

I problemi principali di questi materiali sono:

- effetto foto-degradante, che causa un progressivo ingiallimento della struttura, correggibile attraverso l'uso di stabilizzatori di tipo chimico e/o vetri protettivi (il che comporta, ovviamente, un surplus di costo);
- stress igrotermici, che possono portare all'insorgere di stati tensionali nel vetro o all'aggressione da parte dell'umidità e di sostanze inquinanti.

I TIM, inoltre, non consentono la visione dello spazio esterno, pertanto non possono essere usati al posto delle normali finestre. Tuttavia, essi possono essere molto utili per applicazioni di *daylighting*, quando vi sono grandi spazi da illuminare con ampie superfici vetrate. Altre applicazioni interessanti sono quelle nei sistemi solari attivi o passivi. In entrambi i casi, si ha un materiale molto trasparente alla radiazione solare, ma con perdite termiche molto più basse rispetto ai vetri, singoli e doppi.

Vetri elettrocromici

I vetri elettrocromici sono dotati della capacità di variare le proprie caratteristiche ottiche in base ad un piccolo voltaggio fornito. Pertanto, il sistema agisce esclusivamente sullo spettro solare, mentre saranno necessarie

²⁴ Nei sistemi solari passivi l'edificio stesso, attraverso i suoi elementi costruttivi, capta, accumula e trasporta al suo interno l'energia ricavata dal sole.

²⁵ I sistemi attivi captano, accumulano e utilizzano l'energia proveniente dal sole con una tecnologia di tipo impiantistico.

altre soluzioni per migliorare le prestazioni termiche.

I principali vantaggi di questi materiali possono essere sintetizzati in:

- transizione dallo stato trasparente a quello colorato, gestita dall'utente, in base alle caratteristiche del sistema di controllo;
- consumi energetici solo per la fase di transizione, dal momento che il nuovo stato è memorizzabile fino a 24 ore, non necessitando in questo frangente dell'alimentazione del dispositivo;

- possibilità di modificare gradualmente la trasmittanza ed il fattore solare delle finestre;
- mantenimento delle caratteristiche di trasparenza, fornendo così la possibilità di vedere attraverso questi vetri.

Questi materiali sono oggetto di continue innovazioni, viste le criticità che attualmente li caratterizzano, come ad esempio durabilità del prodotto, tempi lunghi di transizione da stato colorato a stato chiaro, produzione quasi artigianale, costi molto elevati.

li più innovativi per chiusure trasparenti oggi già commercializzati o in fase di sviluppo.

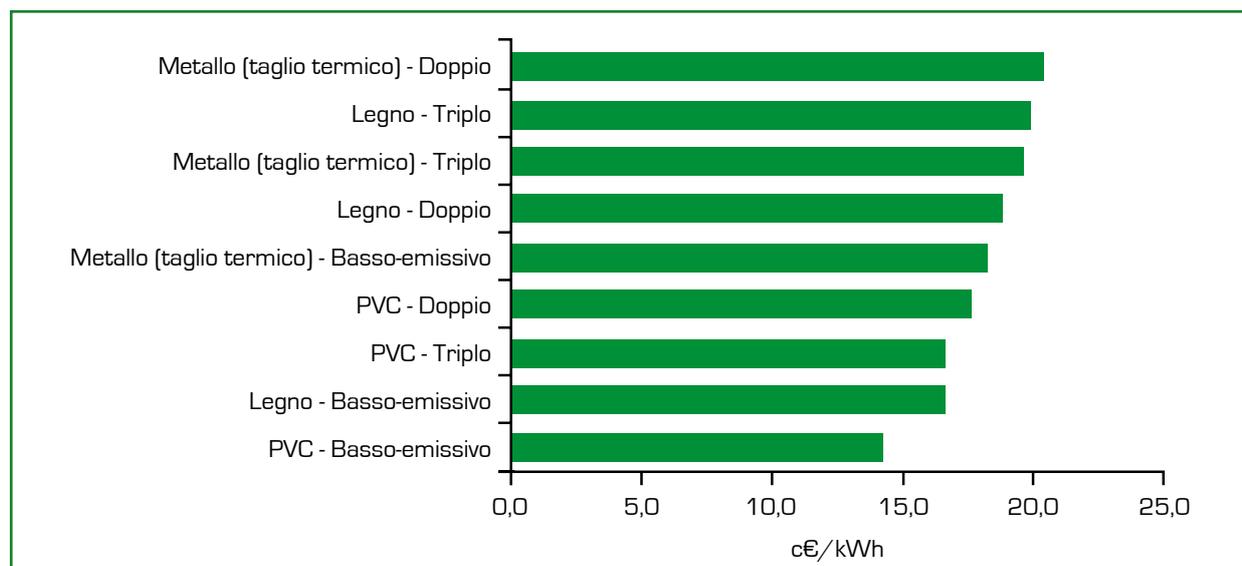
In FIGURA 3.41 sono riportati i valori relativi al costo del kWh termico risparmiato attraverso l'adozione di diverse tecnologie per coperture vetrate efficienti in ambito residenziale, nel caso di sostituzione di vetrate in edifici esistenti²⁶. Il *benchmark* assunto come riferimento è quello del vetro senza alcun trattamento (con trasmittanza termica pari a 5 W/m²K). Si nota come **il costo del kWh risparmiato sia decisamente superiore in questo caso, per tutte le tecnologie, rispetto al costo di produzione del kWh attraverso tecnologie tradizionali**, che nelle nostre stime è fatto pari a 9 c€. Di fatto non è quindi conveniente per l'investitore, da un punto di vista economico, investire in questo tipo di soluzio-

ni in assenza di un opportuno sistema incentivante. La FIGURA 3.42 riporta invece i medesimi dati del costo del kWh risparmiato in campo residenziale, assumendo come riferimento il caso di adozione di queste tecnologie in nuovi edifici, quindi considerando solo il delta costo di investimento che essi richiedono. In questo caso, si nota come le soluzioni per la realizzazione di coperture trasparenti energeticamente efficienti diventino molto più convenienti, considerando il costo medio di generazione del kWh termico in ambito residenziale.

Assumendo come riferimento una chiusura vetrata altamente efficiente in grado di garantire una trasmittanza termica pari a 2 W/m²K (quale ad esempio un vetro basso emissivo o un vetro doppio con telaio in PVC), è possibile dettagliare maggiormente

Figura 3.41

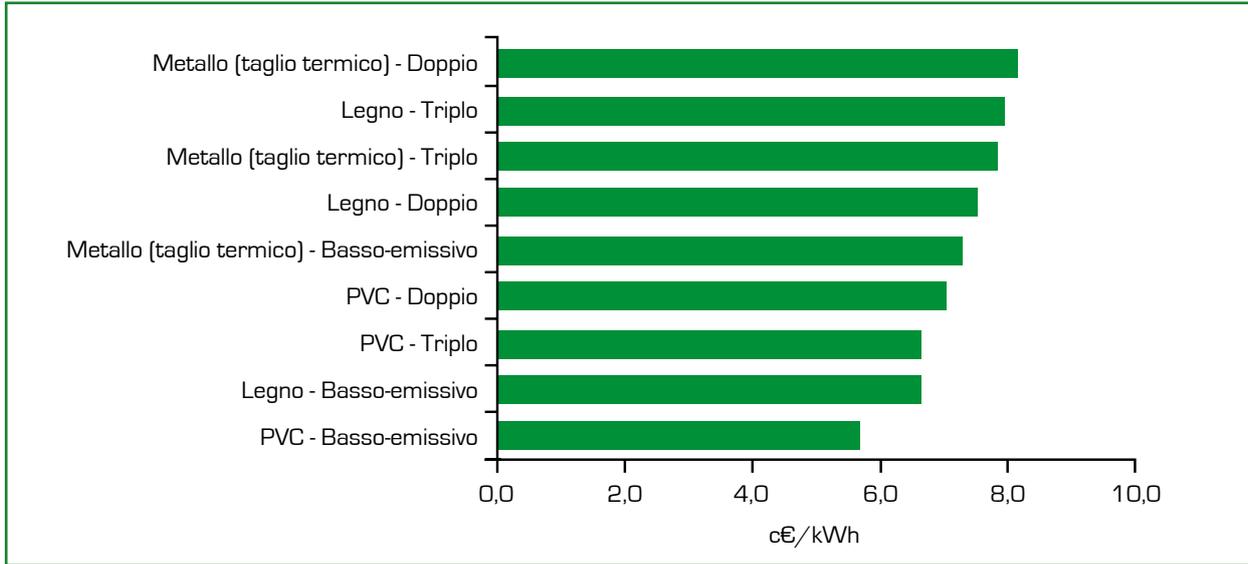
Valutazione economica del costo del risparmio in caso di adozione di differenti tecnologie delle chiusure vetrate in edifici residenziali esistenti



²⁶ Per un quadro completo delle assunzioni utilizzate nella stima degli indicatori di convenienza economica riportati nei paragrafi successivi si rimanda alla sezione metodologia del presente rapporto

Figura 3.42

Valutazione economica del costo del risparmio in caso di adozione di differenti tecnologie delle chiusure vetrate in edifici residenziali nuovi



l'analisi a livello geografico (si veda in questo senso la FIGURA 3.43). Da questa analisi si nota come l'installazione di una chiusura altamente efficiente diventa decisamente più conveniente nel Nord Italia, dove pesa maggiormente l'effetto negativo della dispersione termica di una chiusura non efficiente (SI VEDA FIGURA 3.43).

Dal punto di vista del risparmio complessivo di energia, in una nuova abitazione per una famiglia

media al Nord Italia con un fabbisogno termico annuo di circa 12.000 kWh, l'adozione di chiusure vetrate altamente efficienti può comportare un risparmio di quasi 1.000 kWh termici all'anno; ciò a fronte di un investimento addizionale di circa 2.000 € che si ripagherebbe in più di 15 anni.

Nella FIGURA 3.44 si riporta graficamente la valutazione della convenienza del kWh termico risparmiato attraverso tecnologie per coperture vetrate

Figura 3.43

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di una chiusura altamente efficiente in ambito residenziale per area geografica²⁷

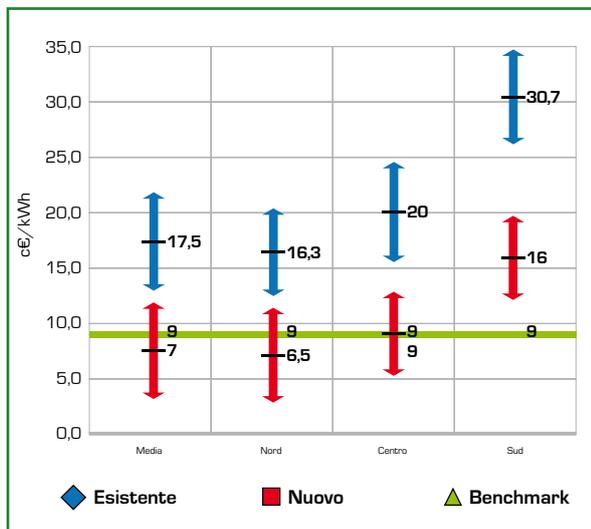
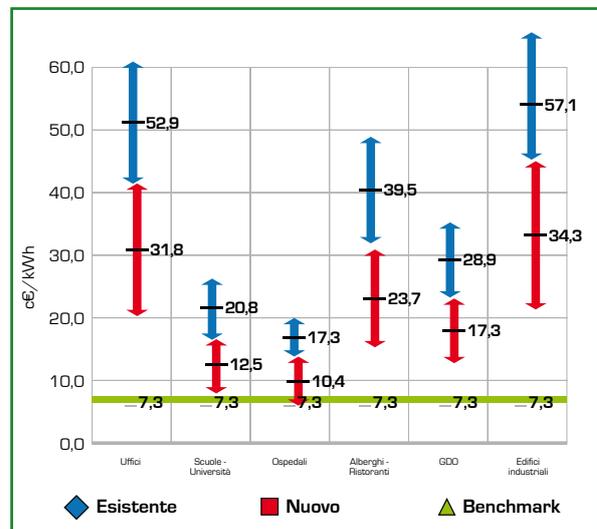


Figura 3.44

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di una chiusura altamente efficiente in ambito non residenziale



²⁷ Il dato medio è pesato sul numero degli interventi finora effettuati.

energeticamente efficienti in ambiti non residenziali. Si nota anche in questo caso la **minore convenienza dell'installazione di queste tecnologie in caso di edifici esistenti rispetto al caso di prima installazione**. Anche in questa seconda eventualità, tuttavia, e diversamente da quanto avviene in campo residenziale, il costo del kWh risparmiato sembra essere mediamente superiore rispetto al *benchmark* del costo di generazione del kWh termico, che come sappiamo è assunto pari a 7,3 c€.

Queste analisi mostrano quindi come, **senza forme opportune di incentivazione, la diffusione di queste tecnologie, specialmente in ambito non residenziale e nel caso di installazione in edifici esistenti, sarà necessariamente molto rallentata**. Bisogna tuttavia ricordare, come anche discusso all'inizio di questo paragrafo, che l'investimento in questo tipo di soluzioni di efficienza energetica è incentivato in Italia, almeno fino al 2011 (SI VEDA PARAGRAFO 2.3.2), attraverso il sistema della detrazione IRPEF del 55% delle spese sostenute. Introducendo questo elemento incentivante nelle nostre simulazioni, si ottengono i risultati rappresentati graficamente nella FIGURA 3.45. Come si nota, in tutti i campi di applicazione, sia residenziale che non residenziale, **l'investimento diventa estremamente conveniente nel caso di realizzazione di un nuovo edificio. In ambito residenziale c'è inoltre convenienza (anche se non particolarmente elevata) anche nel caso di sostituzione della copertura vetrata in edifici esistenti**, il che spiega l'elevata dif-

fusione delle richieste di detrazione IRPEF del 55% per interventi di questo tipo in ambito residenziale. Mantenere una forma di detrazione di questo tipo o equivalente, dal punto di vista economico, è quindi di particolare importanza se si vuole puntare su queste tecnologie per la promozione dell'efficienza nel *building*.

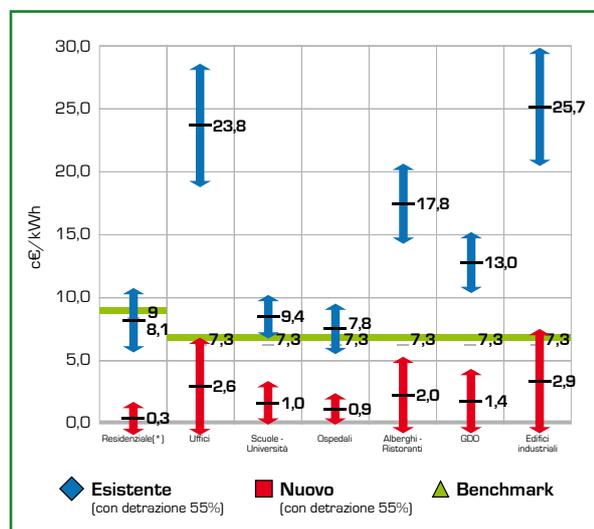
3.2.3 Superfici opache

Le superfici opache (pareti e coperture) costituiscono la struttura portante dell'involucro dell'edificio e **rappresentano di gran lunga la più grande superficie di scambio termico con l'esterno**. Ai fini di una corretta progettazione energetica è necessario quindi prestare particolare attenzione a questi componenti, ai fini di limitare le dispersioni durante la fase invernale e di ridurre i carichi di raffrescamento, o comunque creare un accettabile microclima interno, durante la fase estiva. **Una buona coibentazione delle superfici perimetrali ha un grande impatto sulle prestazioni energetiche di un edificio**, con risparmi energetici medi che possono essere fino a quattro volte superiori rispetto a quelli ottenibili con interventi sulle chiusure vetrate.

In questo paragrafo si esamineranno innanzitutto le caratteristiche dei principali **materiali da costruzione per l'edilizia** e dei **materiali ad hoc per l'isolamento**, per poi entrare nel merito delle **differenti tecniche di isolamento sulle strutture opache, sia orizzontali, sia verticali**.

Figura 3.45

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di una chiusura altamente efficiente in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale 55%



3.2.3.1. Materiali da costruzione per l'edilizia

Tra i materiali da costruzione per l'edilizia maggiormente utilizzati, ci si concentrerà sul **laterizio**, **calcestruzzo** e sul **legno**.

I **laterizi** sono prodotti da un impasto di argilla, acqua e sabbia, modellati per estrusione o a mano, asciugati e cotti a una temperatura tra i 900 e 1.200 °C. I principali prodotti ricavati da tale lavorazione (tra cui mattoni pieni, semipieni e forati, blocchi e tegole) rappresentano ancora oggi i **materiali più utilizzati sul mercato** (andando a pesare per oltre l'80% delle costruzioni esistenti).

Entrando più nel dettaglio, i laterizi possono essere suddivisi in tre categorie:

- **materiali laterizi pieni:** principalmente il mattone ordinario, i mattoni pressati, le piastrelle da pavimentazione;
- **materiali laterizi forati:** mattoni forati, tavole,

tavelloni, forme speciali per solai;

- **materiali laterizi da copertura:** tegoli piani, coppi e pezzi speciali di varia forma.

I **mattoni pieni e semipieni**, grazie alla loro maggiore densità ed inerzia termica, sono buoni accumulatori di calore e possiedono un elevato potere fono-isolante. I **laterizi forati** contengono in sé una microporosità che conferisce al mattone un elevato grado di isolamento termico, elevata permeabilità al vapore e resistenza al gelo e al fuoco. I blocchi vengono prodotti in diversi formati, lisci e ad incastro, per realizzare murature portanti e di tamponamento. **Di grande efficacia a livello costruttivo sono i blocchi rettificati**, ovvero elementi con facce di appoggio superiori ed inferiori perfette per planarità e parallelismo. Questo permette di eseguire murature con giunti di anche di 1 solo mm e con sistemi molto più semplici dei tradizionali, con miglioramento delle capacità isolanti. Gli elementi forati di laterizio, siano essi mattoni o blocchi, si utilizzano prevalentemente per:

- pareti interne, o divisori, in edifici a diversa destinazione (residenze, scuole, ospedali);
- pareti di separazione fra unità abitative, fra unità abitative e unità ad altra destinazione d'uso (pareti fra alloggi, su vani scale, fra ambienti residenziali e non);
- contropareti interne di pareti realizzate con altri materiali;
- pareti esterne perimetrali, o di tamponamento.

Le prestazioni energetiche dei laterizi variano molto da prodotto a prodotto, in base a diversi parametri, tra cui la densità volumica dell'impasto (kg/m^3), la composizione chimico-fisica dell'argilla, la percentuale di foratura dei blocchi e la disposizione e geometria dei fori. Il parametro di valutazione della prestazione termica del laterizio è il **valore della sua conducibilità** o conduttività termica λ , espressa in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. **Per materiali omogenei tale valore si può determinare sperimentalmente**. I laterizi forati non possono essere considerati tuttavia materiale omogeneo, a causa della presenza dei vuoti d'aria dati dai fori: il parametro termico di valutazione è, in tal caso, il valore della conducibilità termica equivalente (λ_{eq}) dell'elemento, espressa in $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$, determinato con appositi criteri di calcolo

e fornito dal produttore, che considera la conducibilità dell'impasto e la sua riduzione data dalla foratura. **I valori di conducibilità termica assunti dai materiali in laterizio cadono in un range molto ampio, compreso tra 0,1 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ per le soluzioni più semplici e 0,9 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ per le soluzioni più complesse e più termicamente efficienti.**

Bisogna tuttavia ricordare che gli elementi in laterizio non vengono assemblati tra loro a secco, ma attraverso strati di malta, che ha una conducibilità termica maggiore del laterizio. Per questo motivo, il dato termico della conducibilità, riferito all'elemento in laterizio, in realtà non è rappresentativo delle *performance* del muro. **I giunti in malta, in particolare, vanno a peggiorare la prestazione termica del muro rispetto a quella degli elementi in laterizio considerati singolarmente** anche del 30-40%. Per questo motivo è necessario conoscere il valore della conducibilità termica equivalente (λ_{eq}) della parete, costruita con l'elemento in oggetto e valutata in condizioni d'esercizio. Questo dato dovrebbe essere fornito dal produttore. In caso contrario, deve essere calcolato, considerando il tipo di malta e l'incidenza dei giunti in malta su un metro quadrato di parete.

L'incidenza peggiorativa dovuta alla presenza dei giunti in malta, però, può essere ridotta utilizzando malta termica e/o elementi ad incastro (con malta solo negli strati orizzontali) **e/o elementi rettificati** (dove la malta è ridotta a un sottile strato collante orizzontale), anziché utilizzare elementi in laterizio normali, che prevedono la malta sia negli strati orizzontali sia verticalmente tra elemento ed elemento. La conducibilità termica di una malta semplice è pari a circa 0,93 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, mentre per una malta termica è di circa 0,25 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. I blocchi a incastro hanno le facce verticali di contatto sagomate in modo da realizzare giunti verticali a secco. La malta è impiegata così solo nell'allettamento orizzontale, riducendo i ponti termici²⁸ dovuti alla presenza della malta, i suoi consumi e i tempi di posa. I blocchi rettificati hanno le superfici di appoggio, inferiori e superiori, rettifiche con caratteristiche di precisa planarità e parallelismo tra loro. Questo permette di realizzare giunti di malta molto sottili (1 mm anziché i 10-12 convenzionali), con diminuzione dei ponti termici dati dalla malta, dei

²⁸ Il trasferimento termico per trasmissione non avviene soltanto nei normali elementi di un edificio come pareti o tetto, ma anche negli angoli, nei bordi e nelle giunzioni. Nei punti in cui il flusso di calore attraverso una delle superfici esterne dell'edificio non è perpendicolare alla superficie stessa, il flusso risulta incrementato; queste zone sono dette "ponti termici". I ponti termici generano una riduzione delle temperature delle superfici interne in inverno, aumentando quindi il rischio di condensa e la formazione di muffe. La loro riduzione migliora quindi il comfort e la qualità dell'aria interna, oltre a ridurre i consumi energetici.

suoi consumi, del tempo di posa; con aumento della resistenza a compressione della parete e della prestazione termica. La malta deve essere però speciale e stesa con rullo.

Il BOX 3.11 fornisce alcune indicazioni sulle principali traiettorie di innovazione nel campo dei materiali per edilizia.

Per quanto riguarda il **calcestruzzo**, si tratta di un materiale che tradizionalmente è caratterizzato da prestazioni termiche scarse, con una conduttività compresa tra 0,9 e 2,0 W/(m·K). Per questo motivo, esso ha storicamente rappresentato la parte più “debole” delle tamponature dell’involucro dell’edificio. Il calcestruzzo è un materiale composito ottenuto impastando leganti idraulici con sabbia, inerti grossi (ghiaie e pietrischi) e acqua. Si possono distinguere diverse tipologie di calcestruzzo, in base alla

densità (SI VEDA TABELLA 3.15).

Essendo un materiale pesante, **il calcestruzzo tradizionale nella stagione fredda assorbe calore dalle fonti disponibili, quali i raggi solari e il calore degli occupanti, e lo immagazzina per poi cederlo successivamente nell’arco della giornata**. Per contro, la capacità del calcestruzzo di raffreddarsi di notte e poi di liberare quest’energia “fresca” all’interno dell’edificio nelle ore diurne, fa sì che il materiale sia in grado di offrire un contributo importante al *comfort* termico anche durante l’estate. Guardando alla TABELLA 3.15, **il calcestruzzo alleggerito consente di ottenere delle prestazioni termiche decisamente migliori rispetto ai materiali tradizionali**. In questo materiale, l’inerte è costituito per la maggior parte da argilla espansa, i cui granuli sono ottenuti mediante cottura a circa 1.200 °C, in forno rotante, di granuli di argilla di

Box 3.11

L’innovazione nei materiali da costruzione per l’edilizia in laterizio

Nonostante si tratti di tecnologie estremamente consolidate, è possibile identificare alcune traiettorie di innovazione che hanno recentemente interessato il campo dei laterizi per edilizia.

Un primo *trend* rilevante riguarda la porizzazione e l’alligeringimento del materiale di base.

Dal momento che il valore di conducibilità termica del prodotto finito è fortemente influenzato dalla densità dell’impasto dell’argilla cotta (maggiore è la porosità, minore sarà la conduttività termica del prodotto finito), è sempre più diffusa la pratica di inserire nell’impasto materiali, come segatura o scarti di cellulosa, che, bruciando durante il processo di cottura, lasciano dei micropori cavi che ne migliorano le prestazioni termiche.

Un’altra interessante evoluzione riguarda lo studio di geometrie migliorate della foratura degli elementi, che ha portato, ad esempio, alla realizzazione di blocchi per murature a setti sottili, i quali abbinano ad una ridotta conducibilità termica ottime proprietà di inerzia termica (di cui due indicatori sono gli elevati valori di sfasamento²⁹ ed i ridotti valori di attenuazione³⁰): più il blocco è forato e poroso, maggiore è la sua capacità di isolare termicamente.

Interessante, e con forti potenzialità di sviluppo, è l’integrazione del materiale isolante tra i blocchi in laterizio in soluzioni preassemblate. In pratica, si tratta di un sistema costituito da una parte resistente (blocco in laterizio interno) e da una parte di rivestimento (blocco in laterizio esterno), con interposto del materiale isolante. È così possibile ottenere, attraverso un solo prodotto, una parete pluristrato isolata, mantenendo i vantaggi di velocità realizzativa delle soluzioni monostrato, ma fornendo allo stesso tempo una prestazione migliore in termini di isolamento termico.

Simile nella concezione, ma diversa nel risultato, è la vera e propria integrazione del materiale isolante all’interno dei fori dei blocchi in laterizio. Si tratta di elementi porizzati la cui geometria presenta appositi fori nei quali, come ultima fase del processo produttivo, viene inserito del materiale isolante (lana di roccia, sughero, polistirene, perlite espansa, grafite, ecc.). Ulteriori innovazioni si stanno recentemente delineando, anche se ancora in fase sperimentale (pertanto non disponibili in commercio), quali ad esempio l’inserimento nei fori di PCM, Phase-Change Material (materiali a cambiamento di fase), o coating riflettenti.

²⁹ Lo sfasamento è l’arco di tempo [ore] che serve all’onda termica per fluire dall’esterno all’interno attraverso un materiale edile. Maggiore è lo sfasamento, più lungo sarà il tempo di passaggio del calore all’interno dell’edificio.

³⁰ Il fattore di attenuazione è uguale al rapporto fra il massimo flusso della parete capacitiva ed il massimo flusso della parete a massa termica nulla; esso dunque qualifica la riduzione di ampiezza dell’onda termica nel passaggio dall’esterno all’interno dell’ambiente attraverso la struttura in esame.

Tabella 3.15

Principali tipologie di calcestruzzi e relative prestazioni

Tipo di calcestruzzo	Densità [kg/m ³]	Conducibilità termica [W/mK]
Tradizionale	2100 - 2800	0,9 - 2,0
Alleggerito	600 - 1600	0,15 - 0,8
Leggero	300 - 1400	0,1 - 0,5

cava. La forma e la disposizione delle camere d'aria sono studiate per conferire alla muratura ottimi valori di isolamento termico, acustico, elevata inerzia termica, salubrità ambientale e buone caratteristiche meccaniche. Le prestazioni termiche sono ancora migliori nel caso dei calcestruzzi leggeri, che si distinguono da quelli tradizionali per il fatto di sostituire in parte gli aggreganti naturali, pietrisco e ghiaia, con aggreganti leggeri, naturali o artificiali. Tra gli aggreganti artificiali più diffusi si citano sfere di polistirene espanso, che muta decisamente le prestazioni del calcestruzzo e quindi gli impieghi. Oltre ai settori d'impiego tipici dei calcestruzzi ordinari, esiste infatti un'estrema varietà di applicazioni propria dei calcestruzzi leggeri. Se è facile assimilare certe attitudini dei calcestruzzi alleggeriti a quelle dei calcestruzzi leggeri, alcuni aspetti della tecnologia di questi ultimi risultano assolutamente unici. **Nell'edilizia residenziale come in quella industriale i calcestruzzi leggeri sono solitamente indicati per realizzare pendenze e sottofondi leggeri o isolamenti termici. Sono adatti per tagliare ponti termici, acustici e per proteggere le strutture dal fuoco.** I blocchi in calcestruzzo cellulare autoclavato, di cui il Gasbeton costituisce un esempio di eccellenza (SI VEDA BOX 3.12), sono un esempio di

calcestruzzo alleggerito.

Per quanto riguarda invece il **legno**, il **primo aspetto da rilevare è che esso è un buon isolante termico**, proprietà che deriva dalla giusta combinazione tra le sue prestazioni in termini di conducibilità termica - che varia tra 0,10 e 0,25 W/(m·K) - e calore specifico. La prima è bassa, che significa che al suo interno il calore ha una velocità di propagazione molto bassa. Il secondo è elevato, il che indica che è necessaria una notevole quantità di calore per innalzare di un grado la temperatura della sua unità di massa. Il legno non solo presenta un'elevata coibenza termica, la quale è sei volte superiore a quella dei laterizi pieni e quindici volte superiore a quella dei conglomerati cementizi, ma regola il clima, accumulando calore e umidità, e protegge nella stagione estiva dal surriscaldamento. Oltre a ciò, la maggiore temperatura superficiale del legno crea un clima abitativo molto accogliente. Inoltre, con le nuove tecnologie, è possibile realizzare edifici in legno con elevata resistenza al fuoco, grazie anche all'accoppiamento con materiali isolanti incombustibili. È così stato in parte superato uno dei maggiori problemi tecnici relativi all'utilizzo di questo materiale. Per quanto riguarda la scelta dell'essenza

Box 3.12

Gasbeton

Il Gruppo RDB ha sviluppato Gasbeton, calcestruzzo cellulare autoclavato, ottenuto da una miscela di sabbia, cemento e calce. Attualmente tale tecnologia ha una diffusione di circa il 6% sul *stock* edilizio italiano. Il Gasbeton è un blocco pieno omogeneo molto poroso, leggero e caratterizzato da velocità nella posa che avviene tramite incollaggio. La logica con cui è stato progettato prevede di unire i pregi del legno e del calcestruzzo, ossia rispet-

tivamente lavorabilità e leggerezza da un lato e resistenza e isolamento in ottica di riscaldamento dall'altro. Con i blocchi Gasbeton possono essere realizzati edifici fino a tre piani fuori terra del tipo a struttura portante in muratura. Il peso proprio contenuto del materiale rende ottimale l'impiego di Gasbeton anche per soluzioni costruttive non portanti come tamponature esterne, divisori, risanamento e ristrutturazioni.

da utilizzare, essa deve essere fatta in base all'utilizzo che se ne deve fare:

- abete, castagno, cipresso, faggio, larice, pino larice, pino marittimo, pino silvestre sono essenze consigliate per usi strutturali;
- abete (bianco e rosso), castagno, faggio, rovere, quercia, larice, noce, pino silvestre, pino cembro, pioppo, robinia sono essenze consigliate invece per pavimentazioni, infissi e arredamenti.

Recentemente è andato affermandosi **un uso del legno che prevede l'impiego dello stesso sotto forma di mattone**. Questo sistema costruttivo si basa su elementi *standard* in legno massiccio assemblabili e accorpabili ad incastro, ed è adatto per la realizzazione sia di murature perimetrali sia di tramezzature. L'intercapedine interna può essere riempita con materiali isolanti sfusi (fibra di cellulosa) al fine di ottenere una migliore coibentazione, con valori compresi tra 0,10 e 0,20 W/(m·K) di conduttività. Infine, **un vantaggio notevole dell'utilizzo del legno è quello di essere particolarmente indicato nella tecnica di costruzione a secco**, che si contrappone alle tecniche costruttive tradizionali, che impiegano leganti (quali malte, cementi, colle) poiché le strutture vengono assemblate meccanicamente in cantiere a strati funzionali. **La discreta fortuna che il metodo costruttivo a secco (in particolare basato sul legno in mattoni) sta avendo in Italia è dettata dall'unione di più fattori**. Innanzitutto oggi è richiesto in maniera crescente il rispetto dei tempi di consegna dell'edificio da parte del committente ed il rispetto dei costi di produzione, e ciò è decisamente favorito dall'impiego di questi sistemi. Inoltre la difficoltà a reperire manodopera specializzata nelle tecniche costruttive tradizionali sposta l'interesse verso nuove soluzioni, più snelle, immediate e controllabili. Tuttavia, l'atteggiamento degli operatori del settore verso queste tecniche costruttive è ancora molto eterogeneo, con una parte che ne evidenzia i vantaggi – prestazioni energetiche elevate, razionalità nel modo di costruire ed elasticità del sistema che permettono di ottenere un'ottima integrazione con la parte impiantistica ed alti livelli di isolamento termico e acustici – ed un'altra che ne sottolinea invece gli aspetti negativi – costi superiori rispetto ai sistemi tradizionali e diffidenza verso l'adeguatezza degli edifici in legno ai contesti climatici caldi e umidi.

3.2.3.2. Materiali *ad hoc* per l'isolamento

I materiali *ad hoc* per l'isolamento hanno lo scopo di proteggere importanti elementi costruttivi (pareti perimetrali, coperture e solai) **contro le eccessive perdite di calore**. Essi permettono quindi di mantenere le condizioni climatiche interne all'edificio il più possibile costanti, indipendentemente dalla variazione delle temperature e delle condizioni climatiche esterne. Altri fattori decisivi per la scelta di un materiale isolante sono la resistenza alla diffusione del vapore acqueo (legata a problemi di umidità e condensa negli ambienti), l'impermeabilità, l'ecologicità e, non da ultimo, il prezzo.

È importante sottolineare come non esista un materiale isolante ideale valido per qualunque applicazione. Ogni materiale presenta vantaggi e svantaggi, e si presta a risolvere problemi specifici, che vanno analizzati singolarmente, considerando anche il fatto che i diversi elementi della costruzione, quali strutture, solai, coperture e tamponamenti, hanno un'inerzia termica propria. I materiali isolanti si definiscono tali in relazione alla loro trasmissione di calore, definita attraverso la loro conduttività λ . Una prima e generale classificazione dei materiali isolanti è proprio relativa alla loro conduttività:

- **isolante**, per cui $\lambda < 0,065$ W/ m·K;
- **debolmente isolante**, per cui $0,065 < \lambda < 0,090$ W/ m·K;
- **non isolante**, per cui $\lambda > 0,090$ W/ m·K.

Dal punto di vista chimico, i materiali isolanti si distinguono a seconda della loro composizione, tra **materie organiche ed inorganiche**. A loro volta, ciascuna di queste due classi si divide in **materiali isolanti sintetici e naturali**. La TABELLA 3.16 fornisce una sintetica descrizione dei principali materiali isolanti disponibili ed utilizzati ad oggi sul mercato.

Per ciascuna di queste tipologie di materiali isolanti, la TABELLA 3.17 fornisce un quadro delle principali caratteristiche e prestazioni tecniche.

La TABELLA 3.18 riporta infine la sensitività dello spessore al crescere della trasmittanza³¹ richiesta.

³¹ La trasmittanza termica è il flusso di calore che passa attraverso una parete o infisso per m² di superficie e per grado Kelvin di differenza tra la temperatura interna ad un locale e la temperatura esterna o del locale contiguo. È indicata dalla lettera 'U' e l'unità di misura è W/m²K.

Tabella 3.16

Caratteristiche dei principali materiali utilizzati per l'isolamento

Materiali isolanti organici sintetici	
Polistirene espanso	È forse l'isolante più conosciuto e anche quello più discusso per via di presunte "sublimazioni" (passaggio dallo stato solido a quello gassoso) del materiale. In realtà, usato negli impieghi idonei e con la sicurezza di qualità garantita (vanno evitati gli isolamenti in condizioni non protette, di forte sollecitazione meccanica e di temperature elevate di lavoro), rappresenta un materiale versatile, di durata illimitata e di costo contenuto. Può presentarsi commercialmente sotto forma di lastre ricavate da blocchi o lastre preformate, stampate con pellicola superficiale.
Polistirene estruso	La massa di tale materiale risulta formata da minutissime celle perfettamente chiuse e non comunicanti che permettono alle lastre una eccellente tenuta all'acqua. Il polistirene estruso ha un costo decisamente più elevato. È utile in tutti gli impieghi in cui l'isolante è permanentemente o per lunga durata a contatto con acqua o umidità. Viene commercializzato essenzialmente in due versioni: con pelle superficiale di estrusione e senza pelle; il primo si comporta ancora meglio in presenza di acqua.
Polirietano espanso	È uno dei materiali isolanti più noti per via del suo elevato potere coibente. Da evitare contatto ed esposizione ai raggi ultravioletti (ossia alla luce) e all'acqua. Sono consigliati quindi tutti gli impieghi in cui l'isolante risulta protetto. Il materiale è prodotto mediante iniezione di componenti a rapida espansione fra i vari rivestimenti (tra cui ad esempio carta bitumata) adatti all'impiego finale dell'isolante, fino a formare delle lastre piane di vario spessore. Può essere altresì messo in opera direttamente mediante spruzzaggio.
Poliestere in fibre e polietilene espanso	Largamente usati come isolanti, sono utilizzati per combinare isolamento termico ed acustico al tempo stesso. Sono spesso accoppiati ad altri materiali in cui sono inseriti per la proprietà isolante.
Materiali isolanti organici naturali	
Fibra di legno	È prodotta attraverso la lavorazione di scarti e residui di legname di conifere e latifoglie non trattato chimicamente, proveniente tipicamente nel caso italiano da segherie di Paesi europei. I pannelli possiedono buone proprietà di isolamento termico e acustico, la struttura a pori aperti, permeabile al vapore, consente un'ottima traspirabilità. Si trova essenzialmente sottoforma di pannelli in fibra di legno.
Fibra di cellulosa	Si adatta particolarmente bene all'isolamento termico per via della struttura dei suoi pori, in grado di rinchiudere grandi quantità d'aria, riducendo le perdite di calore. È traspirante ed igroscopica, in grado di assorbire umidità dall'ambiente e cederla successivamente, non contiene sostanze tossiche. È un materiale molto indicato dal punto di vista ecologico, poiché la materia prima è carta di giornale riciclata e il dispendio di energia per produrla è ridotto. In pannelli trova applicazione in intercapedini di strutture lignee e cappotti. Si trova sottoforma di pannelli, fiocchi, granuli.
Sughero	<p>Isolante di origine vegetale ma a struttura cellulare, è un materiale rigenerabile, traspirante e permeabile al vapore, inattaccabile dagli agenti acidi, inappetibile agli insetti e imputrescibile, ma di limitata disponibilità e quindi con costi ancora elevati. In base al tipo di lavorazione, si ottengono diversi tipi di pannelli:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pannello di sughero agglomerato espanso autocollato di colore bruno, ottenuto dalla cottura dei granuli in autoclave a circa 350-380 °C. Si ottengono blocchi, in seguito raffreddati e tagliati in lastre; • pannelli di sughero naturale compresso, di colore biondo, ad alta densità (200-500 Kg/m³) ottenuti mediante aggiunta ai granuli di collante sintetico. L'impasto è poi laminato o sfogliato con coltelli meccanici.

Materiali isolanti inorganici naturali	
Argilla espansa	Materiale che si ottiene dalla cottura di sferette d'argilla in forni rotativi a 1.200° C. La cottura sinterizza (vetrifica) la superficie delle sferette, conferendo loro un'elevata resistenza alla pressione e contemporaneamente la sua struttura cellulare interna le conferisce leggerezza e un buon potere isolante. È utilizzata in forma sfusa all'interno di intercapedini, coperture, pavimenti, sottotetti non praticabili.
Perlite	È un vetro vulcanico la cui struttura è formata da piccole sfere. La perlite espansa si ottiene attraverso un processo che sottopone la perlite, opportunamente frantumata, ad alte temperature (850 - 1.000 °C). Il prodotto finale è un materiale di colore sempre bianco. La sua struttura cellulare, costituita da microcavità chiuse non comunicanti tra loro e con l'esterno, ne determina l'impermeabilità all'acqua e il potere isolante. In forma sfusa è utilizzata per il riempimento di intercapedini per la realizzazione di intonaci termoisolanti.
Vermiculite	Roccia di origine vulcanica costituita da silicato di alluminio e magnesio idrato, con tracce di ossido di ferro. Il minerale grezzo viene frantumato, macinato e posto ad elevate temperature (1.000 °C). Da tale processo si ottiene così una struttura cellulare costituita da microcavità chiuse non comunicanti tra loro e con l'esterno, che ne determina l'impermeabilità all'acqua e il potere isolante. Si presenta sotto forma di granuli irregolari commercializzati in diverse granulometrie. Impastata con acqua e legante idraulico è impiegata nella realizzazione di sottofondi e massetti, a granulometria fine viene impiegata come inerte per la realizzazione di intonaci termoisolanti, fonoassorbenti e resistenti al fuoco.
Pomice	Roccia vulcanica effusiva costituita da un silicato naturale complesso costituito da silice allo stato amorfo in cui sono disciolti ossidi di vari elementi. È caratterizzata da una struttura alveolare con pori di grandezza variabile. È un materiale dalle buone proprietà fonoassorbenti, traspirante, incombustibile, privo di sostanze tossiche per la salute, stabile nel tempo, inattaccabile da parassiti. Trova impiego anche nel confezionamento di malte di posa che migliorano sensibilmente l'isolamento termico delle murature senza influenzare la resistenza meccanica. Macinata per ottenere diverse granulometrie può essere trattata con sostanze idrofobe per renderla idrorepellente.
Materiali isolanti inorganici sintetici	
Lana di vetro	Materiale costituito da ammassi fibrosi ottenuti per azione di violenti getti d'aria su colate di vetro. Le fibre che la costituiscono sono piuttosto grossolane e hanno lunghezza e diametro variabili. La semplicità del processo di realizzazione, il basso costo delle materie prime e le particolari proprietà di cui è dotata (bassa conduttività termica, capacità di catturare l'aria negli interstizi tra fibra e fibra) fanno della lana di vetro un materiale molto usato come isolante termico. La conduttività termica dipende soprattutto dal diametro medio delle fibre e dalla massa volumica dei manufatti.
Lana di roccia	Deve la sua origine al processo di risolidificazione, sotto forma di fibre, della lava fusa, lanciata nell'aria durante le attività eruttive. È un prodotto completamente naturale che combina la forza della roccia con le caratteristiche di isolamento termico tipiche della lana.
Vetro cellulare espanso	È composto da sabbia di quarzo (silice pura) con una proporzione di vetro riciclato del 45-50%, proveniente da lampade al neon e da vetri di autovetture usate. Si presenta sotto forma di pannelli, lastre, cospelle, gomiti ed altri elementi di colore scuro. Presenta una struttura a celle ermeticamente chiuse che gli conferisce una totale impermeabilità, sia all'acqua che ai gas, è durevole e conserva nel tempo le sue caratteristiche. È impiegato in tutte quelle applicazioni in cui è necessaria una totale impermeabilità all'acqua.

Tabella 3.17

Principali caratteristiche tecniche dei materiali *ad hoc* per l'isolamento utilizzati più comunemente

Categorie di materiali	Materiali <i>ad hoc</i> per l'isolamento	Conduttività termica [W/m·K]	Possibili applicazioni ³²	Costo materiale pannelli per 1 cm di strato isolante [€/m ²]
Materiali isolanti organici sintetici	Polistirene espanso	0,039 - 0,045	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	1,8 - 3,5
	Polistirene estruso	0,034 - 0,041	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	2,2 - 4,8
	Poliuretano espanso	0,025 - 0,032	TT, II, CE, PE, PI, AC	1,5 - 2,6
	Poliestere in fibre e polietilene espanso	0,035 - 0,045	TT, II, CE, PE, AC	1,3 - 2,1
Materiali isolanti organici naturali	Fibra di legno	0,038 - 0,040	TT, II, CE, PE, AC	2,1 - 2,4
	Fibra di cellulosa	0,038 - 0,042	TT, II, CE, PE, AC, PI	1,7 - 2,9
	Sughero	0,038 - 0,050	TT, II, CE, PE, TB, AC	1,4 - 2,3
Materiali isolanti inorganici naturali	Argilla espansa	0,01 - 0,03	PS, CE, PE, PI, AF, DD, ID, KB	
	Perlite	0,047 - 0,070	FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PIDD, ID, KB	0,9 - 3
	Vermiculite		FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI, ID, KB	3,5 - 4,4
	Pomice	0,1	TT, II, CE, PE, TB, AC	1,8 - 3,2
Materiali isolanti inorganici sintetici	Lana di vetro	0,03 - 0,045	FE, TT, II, PE, CE, SI, PE, TB, AC, PI	1,8 - 3,5
	Lana di roccia	0,040 - 0,050	FE, TT, II, SE, PS, CE, SI, PE, PI	2,2 - 4,8
	Vetro cellulare espanso		FE, TT, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	1,5 - 2,6

Tabella 3.18

Valutazione dello spessore necessario di un materiale medio per l'isolamento a fronte del valore di trasmittanza richiesto

Trasmittanza termica richiesta U [W/m ² k]	Spessore isolante necessario [cm] ³³
0,10 (isolamento molto alto)	35
0,13	24
0,20	16
0,30	10
0,50	5
0,55	4
1,5 (isolamento nullo)	-

3.2.3.3. Tecniche per l'isolamento³⁴

Le tecniche di isolamento con cui si possono applicare i materiali *ad hoc* per l'isolamento sono riassumibili in TABELLA 3.19. Esse verranno dettagliate nel prosieguo del paragrafo.

Per quanto riguarda l'isolamento delle pareti, ossia le superfici opache verticali, bisogna notare come il **posizionamento del materiale isolante non influisca sulla trasmittanza termica U della parete**, cioè sulla trasmissione del calore, ma incida sostanzialmente sulla quantità di calore accumulato, durante il periodo di riscaldamento, dai materiali situati all'interno del materiale isolante, ossia verso l'am-

³² FE facciata esterna, TT tetto, II isolamento interno, SE parete scatinata esterna, PS pavimento scatinato, CE isolamento d'intercapedine parete esterna, SI parete scatinata interna, PE soffitto piano più elevato, TB isolamento tubazioni, AC isolamento acustico anticalpestio, PI soffitto inferiore.

³³ È stato preso come riferimento un materiale isolante con conducibilità termica media pari a 0,040 W/mK.

³⁴ Per la descrizione delle soluzioni in questo paragrafo si è fatto riferimento all'ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.

Tabella 3.19

Principali tecniche di isolamento per l'applicazione di materiali isolanti

Pareti	Coperture	Suolo
<ul style="list-style-type: none"> • Isolamento dall'esterno <ol style="list-style-type: none"> a) cappotto esterno b) intonaco isolante c) parete ventilata • Isolamento dall'interno • Isolamento intercapedine 	<ul style="list-style-type: none"> • Piana <ol style="list-style-type: none"> a) isolante interno b) isolante esterno • Inclinata <ol style="list-style-type: none"> a) all'intradosso della falda b) sotto il manto meteorico c) all'estradosso dell'ultima soletta 	<ul style="list-style-type: none"> • Sopra locali non riscaldati • Controtterra • Su porticato a cappotto • Su porticato all'estradosso

biente riscaldato. Sebbene non sia sempre possibile seguire tali indicazioni, vi sono alcune analisi che permettono di valutare la migliore posizione dell'isolante, in funzione del sistema di riscaldamento previsto e della destinazione d'uso degli ambienti:

- **la soluzione dell'isolamento all'esterno è da prevedere nel caso di riscaldamento centralizzato a funzionamento continuo**, con intermittenza notturna. In tale caso, la quantità di calore accumulata dalle pareti, durante l'esercizio diurno, compensa le dispersioni notturne durante l'inoperatività dell'impianto, cedendo all'ambiente il calore accumulato;
- **la soluzione dell'isolamento all'interno è da preferire nel caso di riscaldamento autonomo**, cioè con ambienti riscaldati saltuariamente, dove si vuole ottenere rapidamente una temperatura confortevole;
- **la soluzione con isolamento inserito nell'intercapedine ha caratteristiche intermedie rispetto alle due precedenti.**

Il posizionamento del materiale isolante determina in alcuni casi (isolamento in intercapedine ed isolamento all'interno) la presenza di ponti termici, che potrebbero influire sul comportamento termico della parete, ovvero sulla trasmissione termica e sulla formazione di condense. Pertanto, nell'isolare le strutture opache verticali, a parità di trasmittanza termica, la posizione dell'isolante influenza in modo significativo il comportamento della parete nel suo complesso.

L'isolamento esterno delle pareti implica una modifica in parte sostanziale dell'aspetto dell'edificio, risultando perciò un intervento delicato. **L'isolamento dall'esterno è la soluzione più efficace per**

isolare bene un edificio: durante il funzionamento dell'impianto di riscaldamento, si ha un notevole accumulo di calore nelle pareti, il cui rilascio avviene nelle ore notturne (quando il riscaldamento è spento), migliorando notevolmente il *comfort* termico. Questo fa sì che l'impianto possa funzionare un minor numero di ore complessive, con un risparmio di combustibile e una riduzione delle emissioni inquinanti. L'installazione di questo tipo d'isolamento, in fase di ristrutturazione di un edificio, rende massimo il rapporto costi-benefici, come si vedrà anche più avanti.

Isolando le pareti dall'esterno, si ottiene l'eliminazione di tutti i punti freddi. Inoltre, un **ulteriore vantaggio dell'isolamento dall'esterno risiede nell'eliminazione totale e definitiva dei ponti termici, ossia quei punti critici (creati da travi, solai, giunti di malta e pilastri) ove è più facile che si verifichino fenomeni di formazione di muffe e di macchie.**

L'isolamento esterno viene realizzato senza disturbare eccessivamente gli abitanti dello stabile e non è necessario che i locali siano vuoti, dal momento che si lavora solo all'esterno. **È ideale quando siano necessari lavori di ristrutturazione delle facciate dell'edificio, poiché ponendo in quiete termica la struttura, si evitano gli stress fisici, impedendo altresì la formazione di nuove fessure.**

L'isolamento esterno può essere realizzato in tre modalità differenti:

- **isolamento a cappotto.** È un intervento che va ad isolare la parete dall'esterno, mediante la creazione di uno strato senza discontinuità intorno all'involucro dell'edificio. **Questo tipo d'intervento offre ottime prestazioni**, in quanto assicura una maggiore capacità isolante della parete, evitando il raffreddamento

eccessivo degli strati più esterni e prevenendo fenomeni di condensa negli strati interni della parete. Consente, inoltre, di eliminare del tutto i ponti termici causati da discontinuità dei materiali presenti nella parete;

- **intonaco isolante.** È il tipo d'intervento più semplice, rapido ed economico, che consiste nella semplice applicazione, manualmente o mediante macchine ad hoc, di uno strato di intonaco ad elevato potere isolante sulla superficie esterna dell'edificio. L'intonaco isolante è costituito generalmente da leganti idraulici (presenti nei normali intonaci da esterni), cui vengono aggiunti materiali isolanti, che possono essere polistirolo, polistirene, perlite o vermiculite in granuli espansi;
- **parete ventilata.** Per "parete ventilata" s'intende un sistema che, attraverso la creazione di uno strato di aria all'interno della parete, consente di aumentarne il potere isolante e contestualmente di disperdere, tramite il passaggio d'aria, il calore in eccesso e l'umidità proveniente dall'ambiente interno. La ventilazione degli strati esterni consente di eliminare l'umidità, evitando il rischio di formazione di condensa sulle superfici interne e i ponti termici vengono totalmente isolati.

L'isolamento termico "a cappotto" costituisce uno dei sistemi d'isolamento più efficaci, sia per interventi sul nuovo che sull'esistente, sia nel privato che nel pubblico, in edifici residenziali e non residenziali. Dal punto di vista tecnologico, esso consiste nella preventiva preparazione delle superfici esterne verticali dell'edificio e nella successiva applicazione sull'intera parete esterna di pannelli isolanti, i quali vengono poi coperti da uno spessore sottile, protettivo, di finitura con particolari intonaci, in modo tale da correggere i ponti termici e ridurre gli effetti indotti nelle strutture e nei paramenti murari dalle variazioni rapide o notevoli della temperatura esterna. È una soluzione particolarmente indicata nel caso di ripristino di superfici verticali, il cui rivestimento sia in fase di avanzato degrado. Nel complesso, quindi, si può dire che la tecnica a cappotto abbia i seguenti significativi vantaggi:

- **isola in modo continuo ed uniforme**, consente l'eliminazione totale dei "ponti termici", ovvero di quei punti che favoriscono la dispersione del calore. Si possono così conseguire un maggiore risparmio energetico (legato anche alla maggiore capacità dell'edificio di trattenere il calore), maggiore *comfort* termico e

l'eliminazione di muffe sulle superfici interne delle abitazioni, originate dalla condensa in corrispondenza dei ponti termici;

- **protegge le pareti esterne dagli agenti atmosferici e da variazioni di temperature;**
- **rende stabili le condizioni termo-igrometriche della struttura degli edifici;**
- **migliora il volano termico delle pareti perimetrali;**
- **offre svariate soluzioni per la finitura estetica delle facciate**, conferendo anche un rinnovato aspetto estetico all'edificio;
- **può essere realizzato sia nel restauro di vecchi edifici**, evitando il rifacimento degli intonaci, sia in fase di realizzazione di nuove costruzioni, dando la possibilità di utilizzare materiali tradizionali e meno costosi;
- **mantiene a regime termico anche le strutture perimetrali ed i tamponamenti**, evitando così tensioni e dilatazioni agli *shock* termici con lesioni nelle pareti e conseguenti infiltrazioni di umidità;
- **elimina fenomeni di condensazione di umidità sulle murature più esposte**, soprattutto negli angoli e lungo i ponti termici all'interno di cucine, bagni e l'evidenziazione dei reticoli di malta a giunzione dei blocchi delle murature;
- **permette il massimo volano termico delle murature**, consentendo il massimo comfort all'interno del fabbricato, mantenendo entro un certo intervallo la temperatura, sia durante il periodo invernale sia in quello estivo;
- **può essere applicato su qualsiasi tipo di parete;**
- **fornisce interessanti e sensibili risparmi**, dal momento che permette la realizzazione, in un'unica fase, di isolamento e finitura ;
- **contribuisce sensibilmente alla riduzione delle emissioni inquinanti nell'atmosfera;**
- infine, **rallenta il processo di degrado degli edifici**, offrendo una protezione totale.

L'intonaco isolante rappresenta una tecnica ormai consolidata, che non presenta particolari criticità di applicazione. In particolare, essa consiste nell'applicazione (a mano o con macchina intonacatrice) di uno strato d'intonaco continuo con caratteristiche isolanti al paramento esterno delle facciate. Gli intonaci isolanti normalmente usati sono miscele di vari componenti, le cui composizioni sono tipicamente protette da brevetto e variano tra i diversi produttori. Sono costituiti da una componente isolante, grazie all'impiego di materiali minerali espan-

si (ad esempio, perlite e vermiculite) o da materiali minerali fibrosi (lane di roccia o di vetro) o ancora da sostanze sintetiche in granulometria opportuna, da leganti idraulici e da speciali resine additanti. In seguito, questi intonaci sono protetti da rivestimenti che devono essere traspiranti, con funzioni di finitura ed antimeteoriche.

La parete ventilata è una tecnica di coibentazione termica che sfrutta la ventilazione di una camera d'aria ricavata fra l'isolante ed il rivestimento esterno, costituito da elementi di varia natura, lapidei, terrecotte, metallici, plastici, conglomerati cementizi fibrorinforzati, ceramici. In questo modo, si crea un'intercapedine d'aria in cui si genera un moto convettivo dal basso verso l'alto, dovuto alla differenza di temperatura fra l'aria presente nell'intercapedine e quella presente in ingresso della stessa. Dal punto di vista tecnologico, il sistema si compone di tre strati tecnici interconnessi:

- **uno strato isolante applicato alla parete perimetrale**, normalmente costituito da pannelli semirigidi incollati al paramento murario e fissati con tasselli;
- **un'intercapedine ventilata, di 2-4 cm**, (all'interno di una struttura che ha la funzione di "portare" il rivestimento esterno), aperta alla base ed alla sommità della facciata, che permette la ventilazione dell'isolante, disperdendo il vapore acqueo proveniente dall'interno dei locali;
- **un rivestimento esterno**, costituito da diversi materiali quali lastre di vario tipo, doghe, lamiere lavorate, intonaco armato, materiali lapidei o cementizi, avente la funzione di proteggere efficacemente l'isolante dagli agenti atmosferici.

Nei climi freddi, ove si hanno lunghi periodi di pioggia battente, la parete esterna può assorbire acqua per tutto il suo spessore: attraverso un'intercapedine micro ventilata, si agevola l'asciugatura delle pareti interna ed esterna, oltre a favorire il deflusso del vapore acqueo. Nei climi molto caldi, ossia nella situazione opposta, la parete esterna si surriscalda ed irradia calore verso la parete interna: in questo caso, la ventilazione riduce tale effetto raffreddando la parete esterna. I fori realizzati alla base della muratura esterna possono anche essere utilizzati per far defluire l'eventuale umidità provocata dall'infiltrazione di acqua piovana attraverso la parete esterna. **I vantaggi che si ottengono sono simili a quelli forniti dal cappotto esterno.** Tra essi,

vi sono la correzione dei ponti termici, la riduzione degli effetti indotti nelle strutture e nei paramenti murari dalle variazioni rapide o notevoli della temperatura esterna. Il sistema, inoltre, **consente di mantenere le pareti d'ambito a temperatura più elevata, evitando fenomeni di condensa ed aumentando il comfort abitativo.** Dal momento che si interviene dall'esterno, sono anche evitati disagi agli occupanti delle abitazioni ove è richiesto l'intervento.

La coibentazione dall'interno delle pareti permette di mantenere inalterate le caratteristiche architettoniche esterne, risulta applicabile sia sul nuovo che sull'esistente, tuttavia trova la sua naturale applicazione sugli edifici esistenti. È una tecnica poco costosa, in quanto non necessita di ponteggi, e comporta un'insignificante diminuzione di spazio abitabile.

Questo tipo d'isolamento è consigliabile per ambienti riscaldati saltuariamente, che devono quindi essere riscaldati rapidamente, come ad esempio gli uffici, le seconde case e più in generale edifici con impianti termoautonomi. **L'isolamento interno è molto usato negli interventi di ristrutturazioni, soprattutto quando non è possibile intervenire dall'esterno, come nel caso di un singolo appartamento condominiale.** Inoltre, questa applicazione risulta particolarmente indicata per l'isolamento di murature portanti in mattoni o calcestruzzo faccivista o nel rinnovo di edifici esistenti, allorché la carenza di isolamento determina la manifestazione di problemi di natura igrometrica (presenza di umidità e di muffe sulle pareti). **La scelta di migliorare le prestazioni isolanti di una parete dall'interno offre una maggiore flessibilità rispetto all'intervento dall'esterno**, in quanto la modifica migliorativa può essere applicata anche con interventi localizzati in piccole porzioni dell'involucro (ad esempio a pareti con esposizione critica). **L'isolamento interno della parete può essere realizzato tramite l'utilizzo di:**

- **intonaco isolante:** viene realizzato uno strato di intonaco ad elevato potere isolante, costituito da gesso e granuli in vermiculite;
- **pannelli:** l'intervento viene realizzato sovrapponendo, alla superficie interna della parete, dei pannelli costituiti da uno strato di materiale isolante (lana di vetro, polistirene espanso, polistirene espanso estruso, poliuretano espanso), da un foglio in alluminio che funziona da barriera al vapore, ovvero protegge lo strato isolante dall'umidità presente nell'al-

loggio, che lo danneggerebbe, e da una lastra di gesso spessa 13 mm. I pannelli vengono fissati alla parete tramite una struttura metallica che fa da ancoraggio e supporto.

Un intervento sulle pareti interne migliora indubbiamente le proprietà d'isolamento della parete, ma non risolve del tutto i problemi dell'involucro, in particolare quelli dovuti ai ponti termici. Si deve considerare anche che, ponendo lo strato isolante sulla faccia interna della parete, la parte che rimane all'esterno, non isolata, potrebbe raffreddarsi eccessivamente durante i mesi invernali, risultando quindi in un ambiente interno riscaldato a contatto con una parete la cui temperatura è molto inferiore. Questa differenza di temperatura può portare il vapore acqueo presente all'interno dell'ambiente riscaldato a condensare sulla superficie interna della pareti, causandone una degradazione dovuta all'umidità, macchie, muffe e distacco dell'intonaco.

Il sistema **d'isolamento termico in intercapedine** rappresenta, infine, la terza tipologia edilizia di isolamento delle superfici opache verticali. Esso viene realizzato fra una parete di tamponamento esterna di maggior dimensione ed una parete interna di sezione minore, le quali formano una camera d'aria riempita totalmente o parzialmente con materiale isolante, tipicamente in lastre rigide, anche se sono utilizzati in alcuni casi anche granulati sfusi. La camera d'aria, generalmente prevista per i materiali sensibili all'umidità, svolge le seguenti funzioni:

- smaltimento del vapore acqueo proveniente dall'ambiente abitato;
- protezione dell'isolante da infiltrazioni d'acqua piovana, attraverso il paramento esterno.

L'isolamento ad intercapedine aumenta l'inerzia termica dell'edificio rispetto a quello interno, tuttavia presenta tutti i difetti tipici di quest'ultimo, poichè non è possibile mediante questa tecnica eliminare i ponti termici e le conseguenze da essi derivanti. Nel caso di edifici esistenti, qualsiasi tipo di intervento rivolto a migliorare l'isolamento è subordinato ad una fase di analisi, indispensabile per evidenziare la problematiche dell'edificio e dell'involucro. **Nel caso dell'isolamento in intercapedine, si deve anche verificare la presenza e la consistenza dell'intercapedine con dei carotaggi sulla muratura esterna,** che permettano di valutare gli spessori della parete, dell'intercapedine stessa e l'eventuale presenza di altri materiali isolanti.

A valle di quest'analisi, si può intervenire per mi-

gliorare l'isolamento dell'intercapedine tramite l'insufflaggio di materiali isolanti sfusi, che vengono iniettati tramite dei fori nella parte interna della muratura. Quest'operazione può essere realizzata con argilla espansa, vermiculite espansa, perlite espansa, granulato di sughero espanso. **Occorre però tener conto di possibili effetti indesiderati, come il costipamento dei materiali sfusi o fibrosi a bassa densità, che può determinare il progressivo ammassarsi del materiale nella zona bassa della parete, da cui discenderebbe un peggioramento nel tempo dell'efficienza energetica della struttura.** Tale effetto può essere limitato perfezionando le modalità di insufflaggio, assicurandosi che il materiale riempia i vuoti nel modo più uniforme possibile. L'inserimento di materiale isolante nell'intercapedine di murature di edifici esistenti è un intervento che può essere realizzato dall'interno dell'edificio, quindi con minori costi di realizzazione e senza necessità di permessi. I principali vantaggi dell'isolamento in intercapedine nelle pareti perimetrali, quindi, sono relativi al fatto che esso:

- **instaura un minimo "volano termico" nella parete interna,** garantendo una più rapida messa a regime della temperatura dell'ambiente quando il riscaldamento è intermittente o attenuato;
- **garantisce impermeabilità all'aria (quindi al passaggio dei rumori) ed all'acqua,** grazie al fatto che la parete è realizzata in modo tale da avere un peso medio-alto con all'esterno uno strato di malta; il fattore preponderante che la rende impermeabile all'acqua è rappresentato dall'intercapedine d'aria;
- **migliora il comfort ambientale invernale,** eliminando la possibilità di condensa superficiale, poiché la presenza dell'isolante fa aumentare la temperatura superficiale della parete interna;
- **abbatte efficacemente del rumore alle differenti frequenze,** grazie alla struttura della parete che presenta due strati di chiusura con diversa massa. L'isolante a celle aperte interposto incrementa le prestazioni fonoisolanti della struttura pluristrato.

Per quanto riguarda le **coperture piane** (più comunemente detti "tetti"), la prima tecnica di isolamento è quella **dell'isolante interno.** Essa consiste nella coibentazione del solaio dall'interno e risulta particolarmente utile nei casi in cui sia impossibile eseguire la coibentazione sull'estradosso del solaio, che rimane comunque la tecnica di coibentazione

da preferirsi, poiché è particolarmente adatta per eliminare i ponti termici ed il conseguente rischio di condense. La tecnica comporta la posa in opera di pannelli isolanti, tipicamente già finiti e solo da tinteggiare, da incollare sull'intradosso della soletta. In altri casi, si utilizza un pacchetto costituito da componente isolante e gesso rivestito con alluminio. Lo spessore dei pannelli è funzione delle dispersioni termiche della copertura, ma comunque non inferiore a 2 cm.

D'altro canto, **l'isolamento di una copertura piana dall'esterno** consente di intervenire molto efficacemente in quelle coperture che per vetustà o carenze tecniche non sono più in grado di garantire il comfort termico. A seconda del diverso tipo di protezione di manto impermeabile adottato, il sistema garantisce coperture praticabili o meno. Dal punto di vista tecnologico, il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente (solaio, massetto per creare la pendenza, manto impermeabile esistente con funzione di barriera al vapore), di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile e, infine, di una protezione del manto stesso conforme all'uso che tale copertura dovrà avere: pavimentazione, se praticabile, altrimenti ghiaia ed argilla espansa.

Nel caso di **copertura inclinata**, le tre tecniche di isolamento principali sono invece:

- **all'intradosso della falda:** l'isolamento termico dell'ultima soletta effettuato all'intradosso (ossia al lato interno della struttura) costituisce uno dei sistemi di isolamento maggiormente adottati nei fabbricati coperti con tetti a falde inclinate, dotati di sottotetto abitabile. È **un sistema che risulta di facile esecuzione e viene utilizzato sia per interventi sul nuovo che sull'esistente**. Inoltre, costituisce una soluzione che si presenta valida anche esteticamente. Dal punto di vista tecnologico, il sistema comporta la posa in opera dell'isolante direttamente sulla struttura della falda (che può essere in listelli di legno, ferro o travetti prefabbricati), mediante l'utilizzo anche di elementi contenenti l'isolante, che si prestano ad essere ulteriormente trattati. Nel dettaglio, affinché il materiale coibente conservi nel tempo le sue caratteristiche, è utile che esso sia sempre protetto verso l'interno da un'adeguata barriera al vapore continua, senza interruzioni. Particolare attenzione va prestata poi alla finitura, che riveste una funzione

prettamente estetica;

- **sotto il manto meteorico:** l'isolamento di una copertura a falda con isolante sotto il manto meteorico consiste nel porre in opera l'isolante subito sotto le tegole, i coppi o le lastre della copertura, sostenuto dalle falde inclinate del tetto. Dal punto di vista tecnologico, nelle solette piene in cemento armato o laterocemento, l'isolante va posto sull'estradosso della falda, tra listelli di legno posati longitudinalmente nel senso della pendenza e a distanza di 50/60 cm l'uno dall'altro, con spessore uguale o maggiore a quello dello strato isolante stesso. Al di sopra, deve essere poi fissata una seconda orditura di listelli in senso normale alla prima, per l'appoggio del manto antimeteorico. Nel dettaglio, è opportuno che gli isolanti siano dotati sulla faccia inferiore di un foglio con funzioni di barriera al vapore;
- **all'estradosso dell'ultima soletta:** dal punto di vista tecnologico, nel caso in cui il sottotetto sia non praticabile, il sistema consiste nella posa in opera "a secco" sull'estradosso (ossia il lato superiore della struttura) della soletta, pulita e priva di asperità, di uno strato di barriera al vapore, costituita da fogli di polietilene, di peso non inferiore a 0,35 Kg/m². I fogli di polietilene dovranno essere connessi mediante sovrapposizione ed uniti tra loro con nastro biadesivo. Successivamente, dovrà essere collocato il materiale isolante, senza alcuna protezione superiore. Nel dettaglio, è consigliabile mantenere il sottotetto adeguatamente ventilato (con ventilazione controllata, così da evitare la presenza di volatili attirati dall'isolante), per conservare sempre asciutto il materiale isolante nel periodo invernale e nello stesso tempo disperdere il calore dovuto all'irraggiamento in estate.

Per quanto riguarda infine l'isolamento del suolo, esso avviene in maniera differente, in funzione della situazione in cui ci si trova:

- **sopra locali non riscaldati:** l'isolamento del solaio che copre spazi cantinati o comunque non riscaldati, effettuato al suo estradosso, viene utilizzato negli edifici di nuova realizzazione. Può essere eseguito su qualsiasi tipo di supporto (solai in laterocemento o in cemento armato gettati in opera o prefabbricati), a valle di un'adeguata preparazione. Dal punto di vista tecnologico, il sistema prevede la collocazione dell'isolante in corrispondenza della faccia

superiore della soletta. L'intervento consente la correzione dei ponti termici, garantendo, al tempo stesso, elevata durata dell'intervento, forte resistenza agli urti accidentali, idoneo comportamento al fuoco, semplicità di posa in opera;

- **controterra:** dal punto di vista tecnologico, l'isolamento dei solai controterra o su vespaio comporta l'applicazione di uno strato isolante all'estradosso del solaio. Dovendo l'isolante sopportare il peso del massetto sovrastante, esso dovrà avere una resistenza meccanica idonea a tale finalità;
- **su porticato a cappotto:** l'isolamento del solaio che si affaccia su porticato o spazi aperti, al suo intradosso, con sistema comunemente detto "a cappotto", può essere utilizzato sia per interventi sul nuovo che sull'esistente. Può essere eseguito su qualsiasi superficie, previa idonea preparazione ed applicazione di adeguato collante. Dal punto di vista tecnologico, esso prevede la collocazione dell'isolante in corrispondenza della faccia inferiore della soletta. L'intervento consente la correzione dei ponti termici, garantendo al tempo stesso elevata durata dell'intervento, forte resistenza agli urti accidentali, idoneo comportamento al fuoco, semplicità di posa in opera;
- **su porticato all'estradosso:** l'isolamento del solaio che copre spazi scantinati o aperti, effettuato al suo estradosso, viene utilizzato ne-

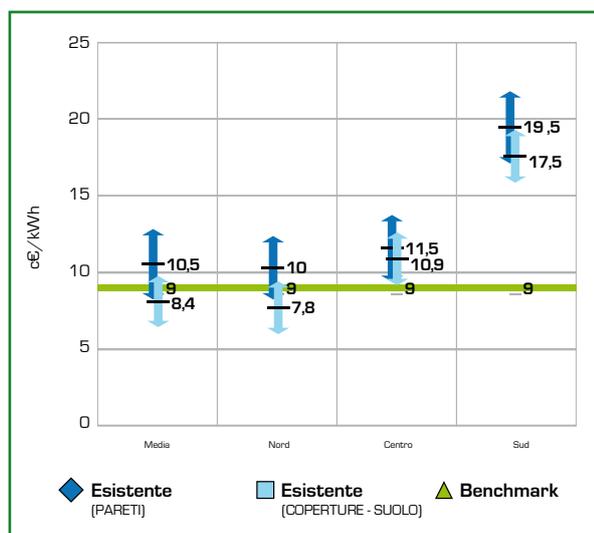
gli edifici di nuova realizzazione. Può essere eseguito su qualsiasi tipo di supporto (solai in laterocemento o in cemento armato gettati in opera o prefabbricati), previa idonea preparazione. Dal punto di vista tecnologico, il sistema prevede la collocazione dell'isolante in corrispondenza della faccia superiore della soletta. L'intervento consente la correzione dei ponti termici, garantendo al tempo stesso elevata durata dell'intervento, forte resistenza agli urti accidentali, idoneo comportamento al fuoco, semplicità di posa in opera.

Per quanto riguarda l'analisi della convenienza economica dei sistemi di isolamento delle superfici opache, si sono distinti i casi di interventi in pareti verticali e su strutture orizzontali (ossia coperture/suolo). Per quanto riguarda le specifiche soluzioni di isolamento considerate, si è scelto di focalizzarsi su materiali in grado di garantire un livello di trasmittanza termica della superficie opaca di $0,3 \text{ W/m}^2\text{k}$. Come *benchmark*, si è assunto il caso di edificio realizzato con muratura tradizionale in laterizio, che rappresenta ancora oggi la soluzione più diffusa. In questo caso, l'analisi è stata condotta con riferimento solo al caso di realizzazione dell'intervento di isolamento su edificio esistente. In FIGURA 3.46 si riporta il costo del kWh termico risparmiato in ambito residenziale con interventi su pareti verticali e coperture/suolo, per le diverse aree del nostro Paese. Essi sono confrontati con il costo *benchmark* di generazione del kWh termico (pari a 9 c€/kWh). Si nota come gli interventi di isolamento su coperture/suolo sono maggiormente efficienti dal punto di vista economico rispetto a quelli sulle pareti verticali. Nel Nord Italia il costo medio del kWh risparmiato che essi consentono di conseguire è perfino inferiore, in assenza di alcun incentivo, rispetto al costo marginale di produzione del kWh termico, il che rende ragionevole dal punto di vista economico dotarsi di questa tipologia di soluzioni su edifici esistenti. La situazione è meno vantaggiosa nel caso di interventi di isolamento su pareti verticali e, come è ovvio che sia, nel Sud del Paese.

Per quanto riguarda la situazione in ambito non residenziale, i risultati dell'analisi sono riportati in FIGURA 3.47. Come si nota, per molte applicazioni (uffici, scuole, alberghi ed ospedali), diventano più convenienti gli interventi di isolamento termico su pareti verticali rispetto a quelli su coperture o

Figura 3.46

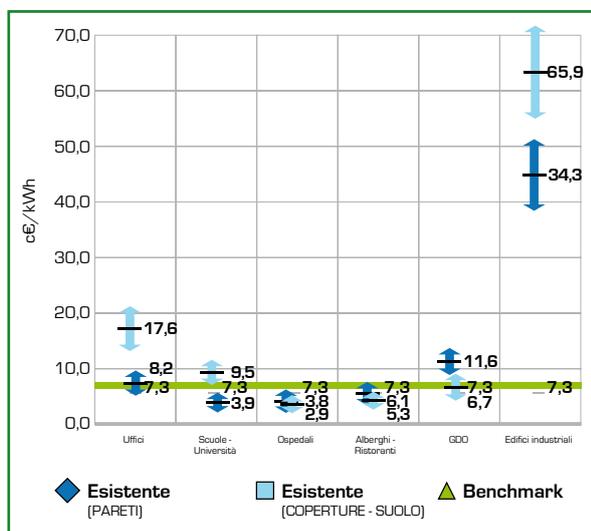
Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di materiali *ad hoc* per l'isolamento in ambito residenziale per area geografica³⁵



³⁵ Il dato medio è pesato sul numero degli interventi effettuati.

Figura 3.47

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di materiali *ad hoc* per l'isolamento in ambito non residenziale



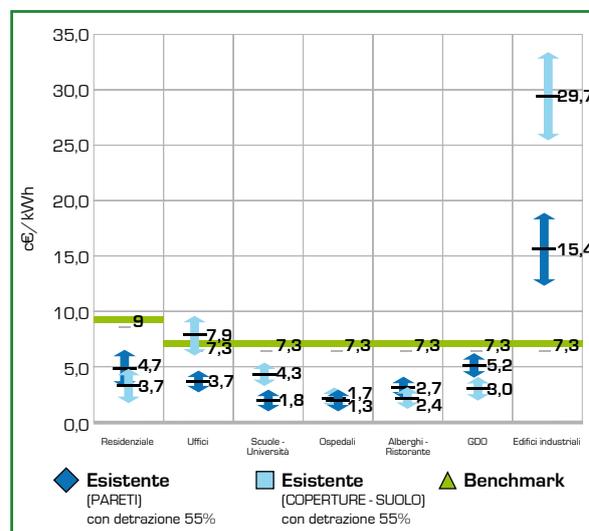
suolo. Questi interventi (tranne che nel caso degli uffici), assicurano inoltre un costo del kWh risparmiato inferiore rispetto al *benchmark*, ossia il costo di produzione del kWh termico (assunto pari a 7,3 c€/kWh), dimostrandosi convenienti per l'investitore anche in assenza di alcun sistema di incentivazione. **Particolare il caso degli edifici industriali, in cui il costo del risparmio degli interventi di isolamento su coperture e suolo è decisamente elevato**, a causa dello scarso risparmio ottenibile su ciascun edificio con l'adozione di tali sistemi. Si tratta in generale dell'ambito di applicazione non residenziale in cui ad oggi le soluzioni di isolamento sono più lontane dalla convenienza economica.

Chiaramente la convenienza di un investimento in un sistema di isolamento per l'utilizzatore è decisamente maggiore se si considera l'impatto della detrazione IRPEF del 55%. I risultati dell'analisi di convenienza economica in presenza della detrazione sono riportati nella FIGURA 3.49, da cui si comprende che, **ad eccezione del caso degli edifici industriali**, in cui la convenienza economica è lontana anche con il meccanismo di detrazione, **in tutti gli altri comparti interventi in efficienza energetica realizzati attraverso l'isolamento di pareti verticali, coperture e suolo sono giustificati per l'investitore.**

Considerando il comparto residenziale e assumendo una costruzione mono-familiare tipo del Nord Italia con un consumo termico di 12.000 kWh

Figura 3.48

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione di materiali *ad hoc* per l'isolamento in ambito residenziale e non residenziale, in presenza del meccanismo di detrazione fiscale 55%



all'anno, è interessante analizzare la convenienza economica dell'adozione dell'isolamento delle pareti e della copertura: rispettivamente, i due interventi portano a un risparmio di circa 1.400 kWh termici e 2.900 kWh termici, a fronte di un investimento rispettivamente di circa 3.000 € e 4.800 €; tali investimenti si ripagano rispettivamente in più di 15 anni (circa 10 se viene contemplata la detrazione IRPEF al 55%) e in circa 15 anni (che scendono a 8 anni, in caso di utilizzo della detrazione fiscale del 55%). Analizzando il caso di un albergo con consumi termici pari a circa 285.000 kWh annui, gli interventi di isolamento di pareti e coperture portano entrambi ad un risparmio del 6% ciascuno sui consumi, il che permette di ripagare l'investimento iniziale di 21.000 € per le pareti e 18.000 € per la copertura con un tempo di *pay-back* rispettivamente di 16 e 14 anni, che diventano 7 e 6 anni in caso di accesso al meccanismo di detrazione del 55%.

3.3 Produzione di energia

L'obiettivo di questo paragrafo è di analizzare la convenienza economica di investire in tecnologie che consentano di **ridurre la dipendenza dell'edificio dall'approvvigionamento di energia elettrica o di combustibile (tipicamente gas naturale) utilizzato per la produzione di calore, a parità di consumi.** Ci si concentrerà in particolare sulle tecnologie per la generazione di energia da fonti rinnovabili, mentre le tecnologie efficienti per la produzione di

calore da fonti tradizionali sono già state esaminate nei paragrafi precedenti. Considerando la composizione del *mix* energetico in Italia, **ogni kWh elettrico che l'utilizzatore evita di acquistare dal distributore, in quanto auto-prodotto da fonti rinnovabili, rappresenta un risparmio del consumo di combustibili fossili**, il che ovviamente contribuisce al raggiungimento degli obiettivi al 2020 su cui il nostro Paese si è impegnato (SI VEDA IL CAPITOLO 1). La possibilità di costruire edifici quasi del tutto indipendenti dalla rete energetica nazionale è sicuramente uno degli aspetti che hanno suscitato maggiore interesse negli ultimi anni nel dibattito sulla diffusione delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica, come dimostra l'importanza del concetto di *Net Zero Energy Building* (SI VEDA PARAGRAFO 2.1.1). Nel prosieguo del paragrafo, si distinguerà tra tecnologie per la produzione di energia elettrica e termica.

3.3.1 Tecnologie per la produzione elettrica da rinnovabili

Nell'ambito delle tecnologie per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili integrabili negli edifici, sono state considerate nel presente studio **la tecnologia fotovoltaica e quella eolica**. È bene innanzitutto premettere che queste tecnologie hanno il problema di essere non programmabili, il che significa che la generazione non può essere allineata al profilo di carico dell'utenza durante la giornata. Considerando che il costo dei sistemi di accumulo è ancora oggi particolarmente elevato, ciò determina l'impossibilità per le utenze di essere completamente autonome dalla rete di distribuzione.

Per quanto riguarda il fotovoltaico, si rimanda al *Solar Energy Report* pubblicato ad Aprile 2011 per un approfondimento delle tecnologie e dei principi di funzionamento. In questo paragrafo ci si concentrerà sulla valutazione economica del costo del kWh prodotto attraverso questa tecnologia, considerando il **caso delle installazioni su tetto**. Oltre ad essere la forma naturale attraverso cui il fotovoltaico si può integrare in edificio, questo tipo di installazione è quella che viene maggiormente premiata dal Quarto Conto Energia e che quindi farà registrare il maggiore interesse degli operatori nei prossimi anni in Italia. Si considererà il caso di installazione di fotovoltaico su tetto nei vari comparti considerati nella nostra analisi, ossia il segmento residenziale, degli uffici, scuole-università, ospedali, alberghi-ristoranti, GDO ed edifici industriali. Mentre nel

campo residenziale si è considerato il caso classico ed estremamente diffuso di impianto di taglia pari a 3 kWp, nei restanti segmenti il dimensionamento dell'impianto oggetto di studio è avvenuto considerando la superficie utile media di copertura dell'edificio. Questo rappresenta infatti un vincolo molto più stringente rispetto a quello del fabbisogno elettrico dell'edificio nel determinare la taglia massima dell'impianto. Per quanto riguarda la tecnologia adottata, si è scelto di concentrarci sulla tecnologia di prima generazione, ossia quella del silicio mono o poli-cristallino, che oggi conta ancora per oltre il 90% delle installazioni totali in Italia. Infine, vista la diversità significativa dell'insolazione che si registra in diverse zone del nostro Paese, si sono considerati tre casi, quello dell'impianto realizzato a Nord, Centro e Sud Italia, con livelli di irraggiamento corrispondenti rispettivamente a 1.000 kWh/kWp nelle Regioni settentrionali, 1.200 kWh/kWp in quelle centrali e 1.400 kWh/kWp nelle Regioni meridionali. Si rimanda alla sezione dedicata alla metodologia del presente Rapporto per approfondimenti in merito alle altre ipotesi tecniche ed economiche utilizzate per le valutazioni economiche riportate di seguito.

Le FIGURE dalla 3.49 alla 3.55 riportano un'indicazione del costo medio di generazione del kWh elettrico da tecnologia fotovoltaica, nei diversi campi di applicazione sopraccitati, in assenza di incentivazione attraverso *feed-in premium*. Come si nota (com'era peraltro facilmente intuibile), **il costo della generazione da fotovoltaico in ambito residenziale è ampiamente al di sopra del benchmark, che si è assunto in questo caso pari al prezzo di acquisto medio dell'energia dalla rete**.

Bisogna tuttavia considerare che **il principale impatto sul costo del kWh prodotto è legato all'entità dell'investimento nel nuovo impianto**. Tale parametro è tuttavia molto variabile, specialmente in questi mesi di particolare dinamicità del mercato fotovoltaico mondiale e italiano. Gli operatori si attendono nello specifico una marcata riduzione dei prezzi dell'impianto nel prossimo futuro in Italia, il che potrebbe rendere decisamente più conveniente l'investimento in queste tecnologie, anche in assenza di regime incentivante.

Considerati i costi mostrati nelle FIGURE 3.49 – 3.56, è facile comprendere come ad oggi le installazioni di impianti fotovoltaici in Italia siano giustificate solo dalla presenza dell'incentivo assicurato dal Quarto

Figura 3.49

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici residenziali, per area geografica

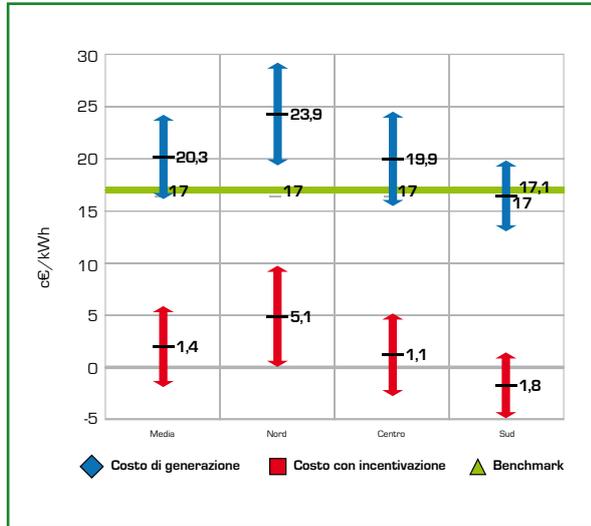
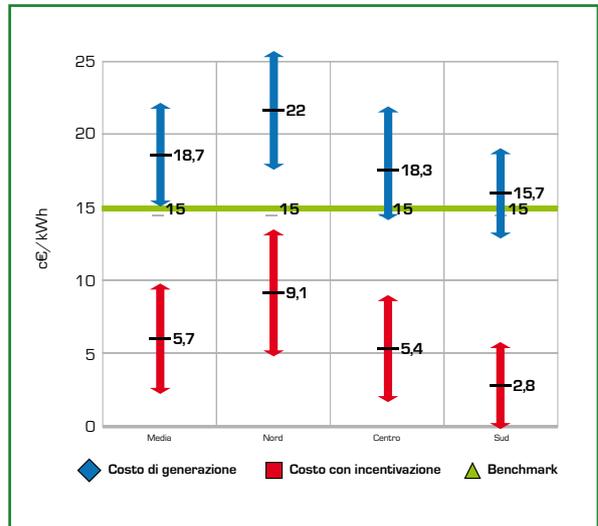


Figura 3.51

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici adibiti a scuole-università, per area geografica



Conto Energia³⁶, ad eccezione del caso delle Regioni meridionali del Paese, dove l'elevato irraggiamento rende di fatto l'investimento in media *cost-effective* in assenza di incentivi. In presenza delle tariffe assicurate dal Quarto Conto Energia, invece, il costo del kWh prodotto con tecnologia fotovoltaica scende decisamente, divenendo conveniente rispetto al benchmark in tutti gli ambiti di applicazione considerati nel nostro Rapporto.

Tra i vari ambiti di applicazione, l'integrazione del fotovoltaico in edifici industriali rappresenta quello in cui la convenienza economica dell'investimento è maggiore.

Si consideri, ad esempio, di coprire parte dei 300.000 kWh elettrici di fabbisogno annuo medio di una struttura universitaria nel Sud Italia, tramite un impianto fotovoltaico su tetto da 80 kW che genera

Figura 3.50

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici adibiti ad uffici, per area geografica

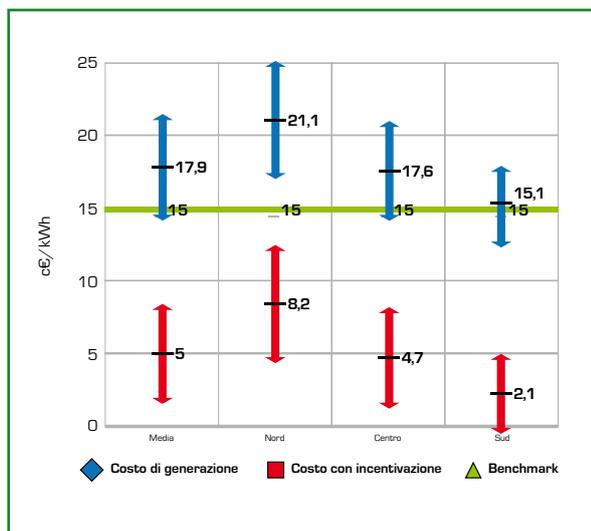
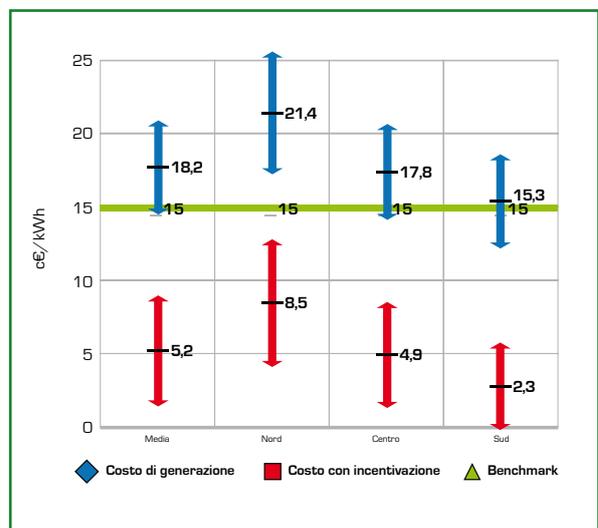


Figura 3.52

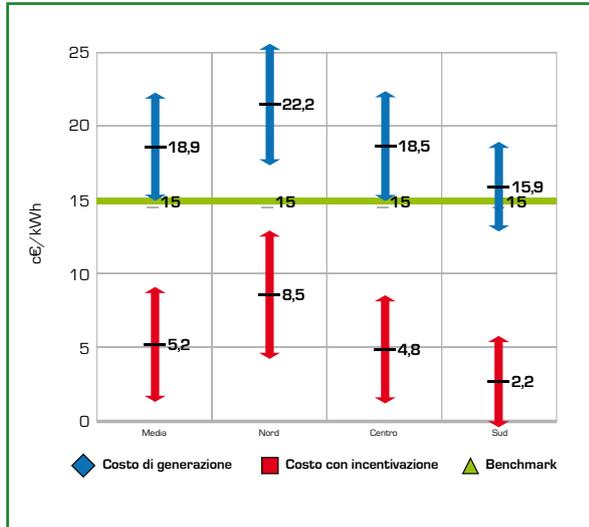
Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici adibiti a ospedali, per area geografica



³⁶ Si è ipotizzato di accedere alle tariffe previste dal Quarto Conto Energia per un impianto installato nel in Novembre 2011.

Figura 3.53

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici adibiti ad alberghi-ristoranti, per area geografica



mediamente lungo la vita utile poco più di 100.000 kWh all'anno. L'investimento di circa 285.000 € si ripagherebbe in più di 15 anni, che diventano circa 7 con l'accesso al meccanismo di incentivazione (l'analogo investimento nel Nord Italia si ripagherebbe in 11 anni, considerando l'incentivazione attuale).

L'utilizzo del fotovoltaico negli edifici può essere

Figura 3.54

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici della GDO, per area geografica

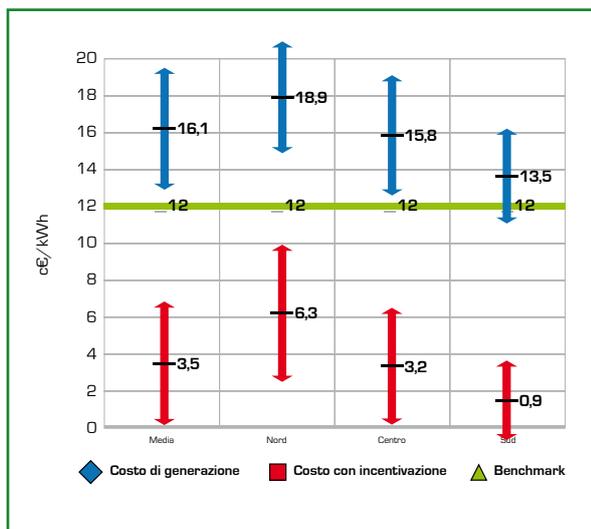
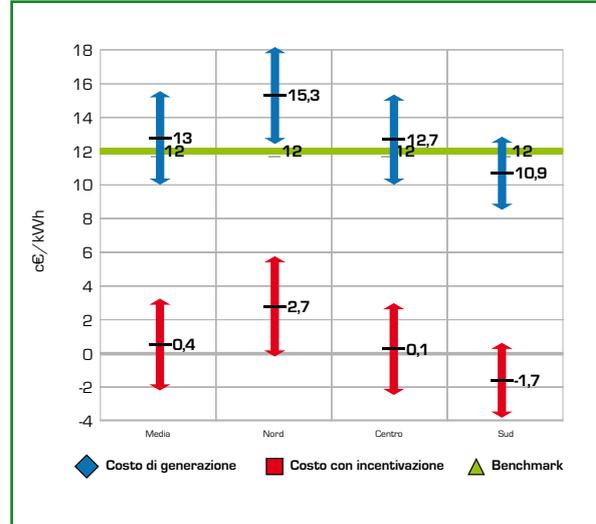


Figura 3.55

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia fotovoltaica negli edifici industriali, per area geografica



decisamente favorito dalla maggiore disponibilità di **tecnologie BIPV (dall'inglese *Building Integrated PhotoVoltaic*), o fotovoltaico integrato in architettura**. Con esso si indica l'integrazione del fotovoltaico in sostituzione di elementi architettonici quali tegole, vetrate, facciate, coperture impermeabili. Negli ultimi anni questo particolare comparto dell'industria fotovoltaica ha fatto registrare degli importanti tassi di crescita, con moltissimi prodotti che sono stati sviluppati e lanciati sul mercato, nonostante essi abbiano ancora dei costi particolarmente elevati³⁷. In Italia inoltre il recente Quarto Conto Energia ha riservato, per gli anni 2013-2016, delle tariffe incentivanti particolarmente elevate per questa tipologia di installazioni, oltre ad un contingente di potenza incentivata, 320 MW, decisamente elevata alla luce dello stato piuttosto embrionale di questo mercato in Italia. Si è proceduto quindi ad analizzare la convenienza economica di questa tipologia di installazioni, considerando **nel residenziale l'applicazione della tecnologia delle tegole fotovoltaiche, nella GDO e negli edifici industriali i sistemi solar roof, mentre nei restanti ambiti di impiego si è ipotizzata l'introduzione di vetrate fotovoltaiche** (ove il vincolo di dimensionamento risiede quindi sulla superficie vetrata disponibile)³⁸.

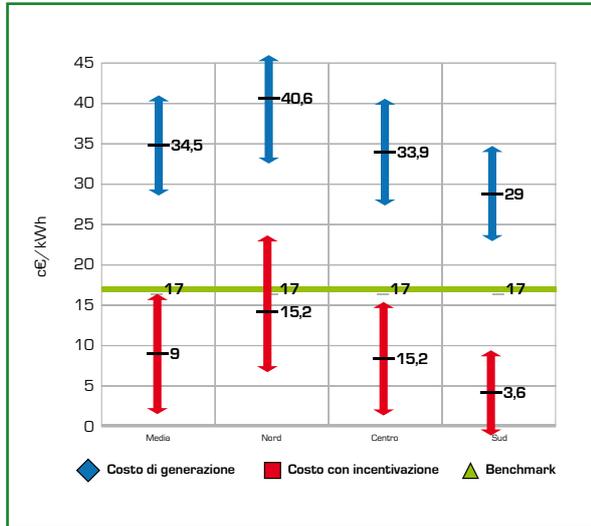
Le FIGURE 3.56 – 3.62 mostrano il costo del kWh elettrico prodotto tramite queste tecnologie in assenza

³⁷ Per approfondimenti sul tema del BIPV si faccia riferimento al Solar Energy Report presentato ad Aprile 2011.

³⁸ Per un quadro completo delle assunzioni utilizzate nella stima degli indicatori di convenienza economica riportati in questi paragrafi si rimanda alla sezione metodologia del presente rapporto.

Figura 3.56

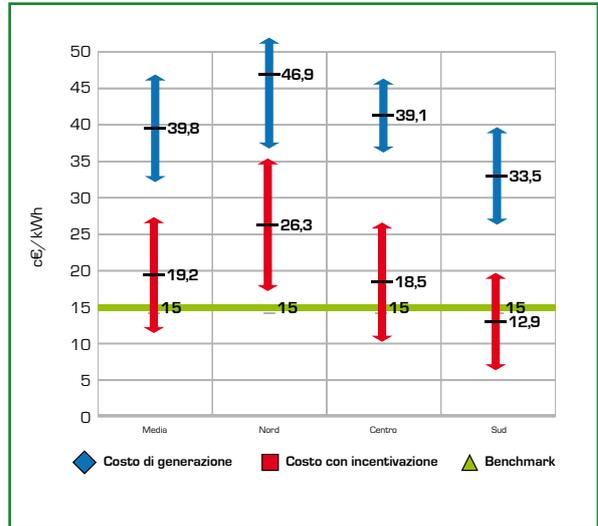
Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici residenziali, per area geografica



di incentivi. Dalla loro analisi si nota come il costo sia ancora del 105% superiore, in media, rispetto alle tecnologie fotovoltaiche tradizionali su tetto. Questo rende oggi tali soluzioni decisamente non economiche per l'investitore, il che spiega in larga misura la loro scarsa diffusione. Anche nel momento in cui si considera l'incentivazione specificamente riservata a queste tecnologie dal Quarto Conto Energia, si nota come solo nel comparto residenziale e quello industriale (ad eccezione delle Regioni del Nord Italia) diventano economicamente convenienti, il che lascia intendere come nel breve-medio

Figura 3.58

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici adibiti ad scuole-università, per area geografica



periodo le soluzioni di fotovoltaico integrato in architettura continueranno verosimilmente a rappresentare un comparto di nicchia, contraddistinto da una limitata diffusione nel nostro Paese.

Si analizzano a titolo d'esempio due casi che, alla luce delle analisi precedenti, appaiono interessanti per l'installazione di un sistema BIPV. Considerando il caso dell'installazione di tegole fotovoltaiche su una abitazione monofamiliare al Sud Italia, l'investimento richiesto per un impianto da 3 kW può raggiungere 20.000 € e garantisce una produ-

Figura 3.57

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici adibiti ad uffici, per area geografica

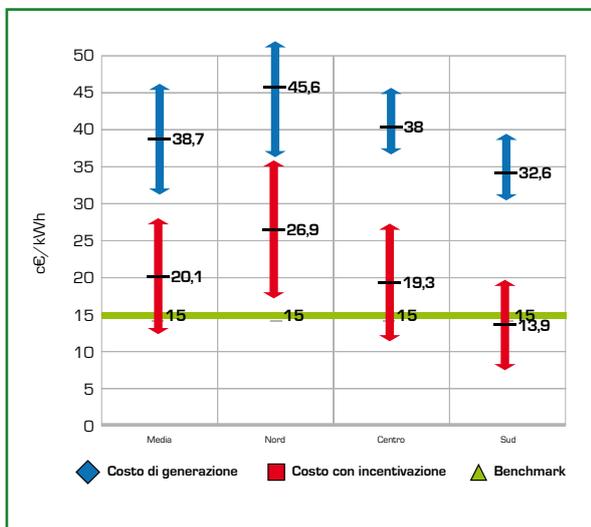


Figura 3.59

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici adibiti ad ospedali, per area geografica

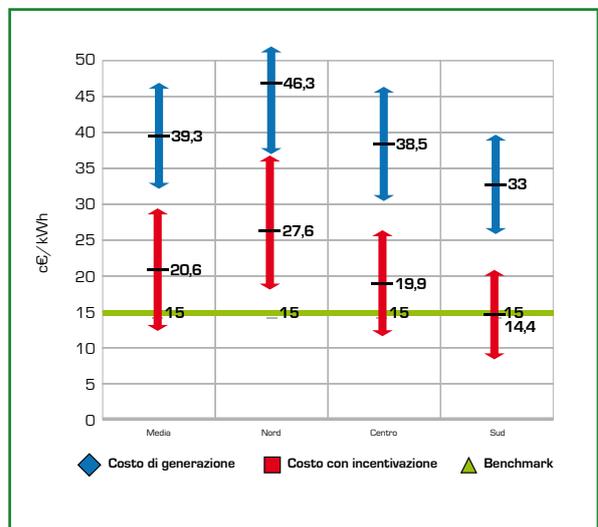
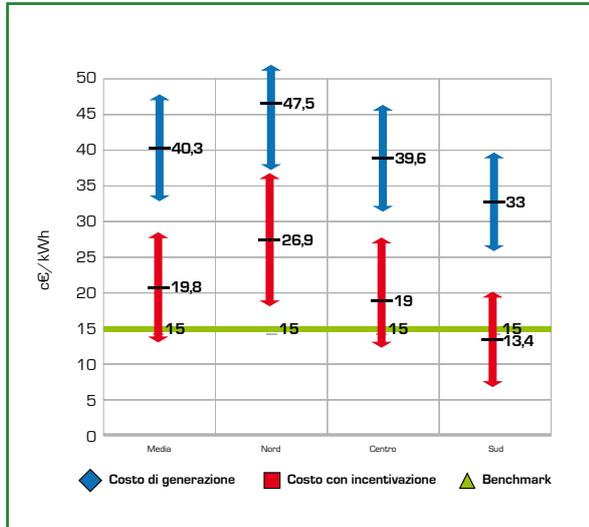


Figura 3.60

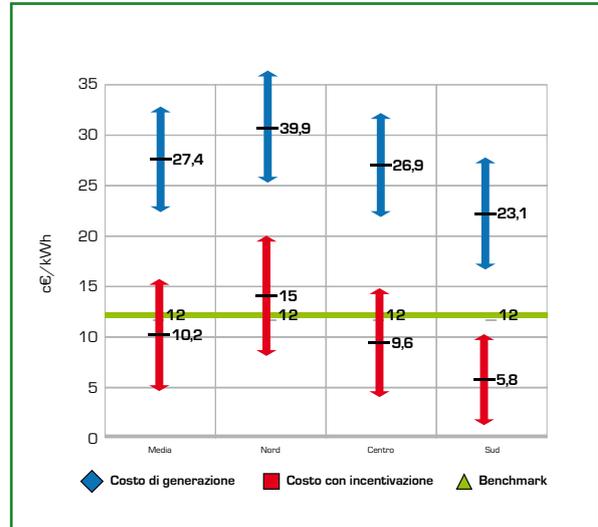
Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici adibiti ad alberghi-ristoranti, per area geografica



zione annua media lungo la vita utile dell'impianto di circa 3.350 kWh elettrici; tale investimento si ripagherebbe, con il generoso incentivo attuale, in poco più di 10 anni. Sempre nelle Regioni meridionali del nostro Paese, è interessante andare ad analizzare l'installazione di un sistema *solar roof* da 700 kW di potenza sul tetto di un edificio industriale: la produzione generata annualmente in media lungo la vita utile, pari a circa 780.000 kWh, permetterebbe di ripagare l'investimento iniziale di circa 3,3 mln € in poco meno di 10 anni (sem-

Figura 3.62

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici industriali, per area geografica

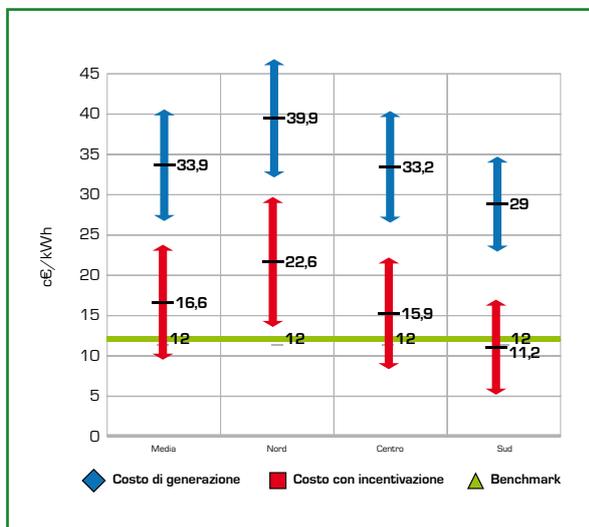


pre includendo l'accesso al meccanismo di incentivazione).

Per quanto riguarda invece la **tecnologia per la generazione eolica**, bisogna innanzitutto dire che tale tecnologia permette di convertire l'energia associata al movimento delle masse d'aria in forme utilizzabili di energia. Tuttavia, la velocità e la direzione del vento sono variabili nel tempo e cambiano in modo rilevante a seconda del luogo di installazione. **Questa variabilità incide sulla producibilità dell'impianto, che è difficilmente prevedibile.** Lo strumento utilizzato per la conversione dell'energia eolica è l'aerogeneratore eolico, che trasforma l'energia cinetica del vento in energia meccanica di rotazione, che può poi essere utilizzata in modo diretto dalle macchine (per esempio pompe d'acqua o mulini a vento) o convertita, come normalmente accade, in energia elettrica tramite l'utilizzo di un generatore elettrico.

Figura 3.61

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia BIPV negli edifici della GDO, per area geografica



Una prima ed immediata classificazione degli impianti prevede di suddividere i generatori in funzione della loro capacità di generare energia elettrica. Si possono così identificare:

- **impianti di piccola taglia** (1 - 200 kW), detti anche **mini-eolici**, che presentano un diametro del rotore che varia tra 1 e 20 m ed un'altezza media della torre di circa 20 m;
- **impianti di media taglia** (200 - 1.000 kW), che presentano un diametro del rotore che varia tra i 20 e i 50 m ed un'altezza media della torre di

circa 40 m;

- **impianti di grande taglia** (oltre 1.000 kW), che presentano un diametro del rotore che vari tra i 55 e gli 80 m ed un'altezza media della torre di circa 90 m.

Gli impianti mini-eolici sono tipicamente installati in prossimità ed al servizio di utenze singole o gruppi di utenze fra loro collegate (si parla anche di micro-eolico per gli aerogeneratori di taglia inferiore ai 20 kW), mentre gli impianti di taglia media e grande sono tipicamente parte di una centrale o di un parco eolico, la cui principale finalità è la produzione di energia da immettere in rete per la vendita. Ovviamente nella nostra analisi ci si concentra sul segmento degli impianti mini-eolici, in quanto essi naturalmente si adattano all'uso per finalità di autoconsumo e quindi a soddisfare parte del fabbisogno di energia elettrica degli edifici. Bisogna inoltre ricordare come **questa tipologia di impianti benefici in Italia di una generosa forma di incentivazione**, rappresentata dalla cosiddetta tariffa omnicomprensiva³⁹. Essa riconosce al titolare dell'impianto un corrispettivo di 30 c€ per ogni kWh immesso in rete (valore comprensivo del prezzo dell'energia elettrica venduta) per la durata di 15 anni dall'entrata in esercizio dell'impianto. In alternativa è possibile avvalersi del regime dello scambio sul posto, ossia della possibilità di cedere alla rete elettrica locale la produzione da fonte rinnovabile e di prelevare dalla stessa i quantitativi di energia elettrica nelle ore e nei giorni in cui l'impianto non è in grado di produrre. Ciò comporta il pagamento della differenza, calcolata su base annua, tra i consumi totali del cliente e la produzione del suo impianto. Questo meccanismo consente quindi di valorizzare l'energia immessa in rete secondo un criterio di compensazione economica con il valore dell'energia prelevata dalla stessa.

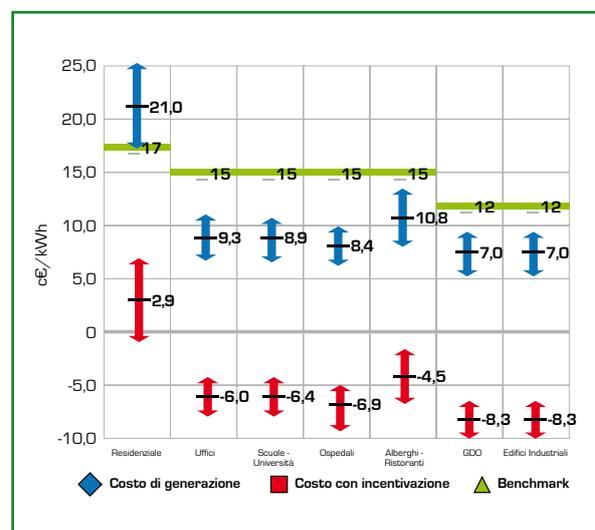
A oggi il mini-eolico consta di circa 15-18 MW elettrici installati in Italia a fronte di una potenza complessiva di quasi 6 GW da fonte eolica.

I costi dell'eolico per un impianto di piccola taglia sono particolarmente elevati, se confrontati con gli impianti di grandi dimensioni, per l'impossibilità di sfruttare fenomeni di scala. Il costo per installare un sistema completo può raggiungere anche i 5.000 €/kW per impianti eolici con potenze dell'ordine di qualche kW. Il costo "chiavi in mano" di un aerogeneratore di 20 kW di potenza è di cir-

ca 2.000-3.000 €/kW, per impianti con una potenza compresa tra 10 e 20kW il costo sale fino a 3.000-4.000 €/kW. Se si considera quindi un impianto di piccole dimensioni, ad esempio da 20 kW, il costo iniziale che un investitore dovrà sostenere sarà in media pari a 50.000 €. Nonostante ciò, **i costi di generazione di un kWh elettrico attraverso sistemi mini-eolici sono particolarmente bassi, anche in assenza di regime di incentivazione**. Si può notare ciò dall'analisi della FIGURA 3.63, che è stata costruita ipotizzando l'installazione di un impianto da 3 kW di potenza in ambito residenziale e da 20 a 200 kW di potenza in ambito non residenziale. La valutazione economica è stata condotta assumendo una producibilità annua di 1.500 ore, che tuttavia non è sempre disponibile sul territorio italiano. Inoltre, esiste un vincolo di spazio per cui non tutti gli edifici sono dotati di un'area circostante che permette di installare l'aerogeneratore ad una certa distanza dall'edificio (ad esempio, un impianto da 100 kW necessita di un'area di circa 1.500-2.000 m²). Tranne che nell'applicazione residenziale, in cui il costo del kWh elettrico è superiore al *benchmark*, negli altri ambiti di utilizzo **costa decisamente meno (in media di quasi il 40%) produrre un kWh di energia da impianto mini-eolico rispetto ad acquistarlo dalla rete**. Di fatto questo sta ad indicare che, in quegli ambiti in cui c'è una sufficiente ventosità e spazio per installare un impianto con taglia da 20 a 200 kW, anche in assenza di incentivi è oggi conveniente soddisfare parte del fabbisogno di energia

Figura 3.63

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia eolica in ambito residenziale e non residenziale



³⁹ Il meccanismo della tariffa omnicomprensiva è stato introdotto dalla Legge n. 244 del 24 Dicembre 2007 ("Finanziaria 2008").

elettrica di un edificio attraverso tecnologia mini-eolica. La FIGURA 3.63 riporta anche il dato del costo del kWh elettrico generato da questi impianti in presenza di tariffa omnicomprendiva pari a 30 c€/kWh, da cui si può desumere l'enorme convenienza di questo regime di incentivazione, con addirittura un costo dell'energia risparmiato decisamente negativo in tutti gli ambiti di applicazione, ad eccezione delle applicazioni residenziale, dove comunque il costo è decisamente inferiore rispetto al *benchmark*.

Immaginando il caso di un impianto mini-eolico da 100 kW al servizio di un ospedale con fabbisogno annuo di circa 600.000 kWh elettrici, il sistema è in grado di coprire mediamente lungo la propria vita utile il 23% di tale fabbisogno: l'investimento da 180.000 € si ripagherebbe così in poco meno di 10 anni in assenza di incentivazione, che diventano 2-3 anni considerando la tariffa omnicomprendiva.

3.3.2 Tecnologie per la produzione termica da rinnovabili

Per quanto riguarda le soluzioni tecnologiche che consentono di ridurre la dipendenza di un edificio dall'approvvigionamento di gas naturale per la produzione di calore, in questo paragrafo ci si concentrerà sul **solare termico e sulle caldaie a biomassa**. Per una descrizione delle tecnologie in questione si rimanda alle analisi riportate nel *Solar Energy Report* presentato ad Aprile 2011 ed al *Biomass Energy Report* presentato nel Giugno 2011. In questo paragrafo si approfondisce, invece, l'analisi della convenienza economica di queste soluzioni.

Un impianto **solare termico**, costituito da collettori solari termici e da un sistema di accumulo dell'acqua calda, consente di trasformare la radiazione solare in energia termica utile, sotto forma di acqua o aria calda. Esistono infatti diverse tipologie impiantistiche in grado di soddisfare una vasta gamma di esigenze: **dai semplici sistemi a circolazione naturale a quelli a circolazione forzata**, senza dimenticare gli impianti combinati in cui l'acqua calda prodotta dal sistema solare viene utilizzata per riscaldare non solo l'acqua sanitaria, ma anche l'acqua circolante nell'impianto di riscaldamento. **Esistono inoltre diverse tipologie di pannelli o collettori solari, dai più diffusi pannelli vetrati, ideali per la sola produzione di acqua calda sanitaria, ai pannelli sottovuoto che, grazie alla maggiore efficienza ed alle conseguenti maggiori temperature di picco raggiungibili, riescono ad assicurare dei**

buoni rendimenti anche durante i periodi più freddi dell'anno, consentendo anche di integrare il sistema di riscaldamento. Questo ovviamente a fronte di un prezzo di acquisto dell'impianto superiore di circa il 40%.

Nel caso di progettazione di un impianto a circolazione forzata in grado di produrre in modo integrato acqua calda sanitaria e per riscaldamento ambienti, **l'aspetto più problematico è la necessità di elevata radiazione solare proprio nella stagione di minore disponibilità (ossia l'inverno)**, mentre d'estate, quando la radiazione è abbondante, non vi è più alcuna necessità di riscaldamento dell'edificio. **Gli impianti solari combinati richiedono una superficie captante mediamente doppia rispetto a quelli di sistemi per la sola produzione di ACS**, grazie alla quale riescono a dare un buon apporto al fabbisogno di riscaldamento soprattutto nelle stagioni intermedie, nei mesi di settembre-ottobre e di marzo-aprile, ma anche nelle giornate invernali soleggiate. **In media, gli impianti combinati riescono a coprire il 10-40% del fabbisogno annuo di energia per il riscaldamento.** Nel caso di installazione di questi sistemi in edifici esistenti, tuttavia, va detto che essi determinano delle notevoli difficoltà di integrazione con l'impianto e la rete termica pre-esistenti, principalmente per un problema legato alle temperature di utilizzo. Questi sistemi combinati funzionano infatti a basse temperature e quindi non si adattano in modo efficiente all'utilizzo di radiatori tradizionali come mezzo per la diffusione del calore all'interno degli edifici. È decisamente preferibile l'accoppiamento con un sistema di riscaldamento radiante (SI VEDA PARAGRAFO 3.1.3.4), che necessita di temperature di mandata decisamente inferiori a quelle richieste dai radiatori normali.

Il solare termico copre oggi una piccola parte di quelli che sono i fabbisogni di produzione di energia termica negli edifici italiani, ossia poco meno dell'1%; tuttavia se si considera la sola produzione di acqua calda sanitaria, il solare termico arriva a pesare per circa l'8% di copertura del fabbisogno, grazie ai circa 3 mln m² installati a oggi in Italia.

Per quanto riguarda l'utilizzo di questi sistemi in ambito residenziale, è stata presa in considerazione l'adozione di un impianto solare termico dimensionato per coprire – non interamente, viste le già citate criticità legate alla stagionalità – il solo fabbisogno di ACS (dai 4 ai 6 m² necessari) oppure anche il fabbisogno di riscaldamento (dai 9 ai 13 m² necessari). Si è inoltre considerato il fatto che **la localizzazione**

dell'impianto influisce molto sulla producibilità annua: mediamente quest'ultima si colloca nell'intorno di 400 kWh annui per m² di superficie captante nelle Regioni del Nord Italia, 480 kWh/m² annui al Centro e 600 kWh/m² annui al Sud.

Le FIGURA 3.64 E 3.65 riportano il costo del kWh termico generato con questa tecnologia in ambito residenziale, nelle diverse aree geografiche del Paese⁴⁰. Innanzitutto si nota come l'uso di un sistema non combinato (ossia impiegato solo per la produzione di ACS) sia decisamente più conveniente (di circa il 35%) come costo del kWh termico prodotto rispetto al caso di un impianto che produce sia ACS che per riscaldamento degli ambienti. Questo significa che, **ad oggi, l'extra-costo necessario per progettare ed installare un impianto solare termico combinato non è più che controbilanciato dalla duplice funzionalità che esso consente di ottenere.** In entrambi i casi, tuttavia, senza alcuna forma di incentivazione non sembra essere *cost-effective* produrre calore attraverso sistemi solari termici, tranne nel caso dell'uso di impianti per la produzione di ACS in edifici industriali. **La situazione cambia se consideriamo l'esistenza del sistema di incentivazione rappresentato dalla detrazione IRPEF del 55% della spesa sostenuta.** In questo caso il costo del kWh termico, specialmente quello prodotto da un sistema che genera solo ACS, è nettamente inferiore rispetto al *benchmark* considerato nell'analisi.

Figura 3.64

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia del solare termico al fine della sola produzione di ACS in ambito residenziale

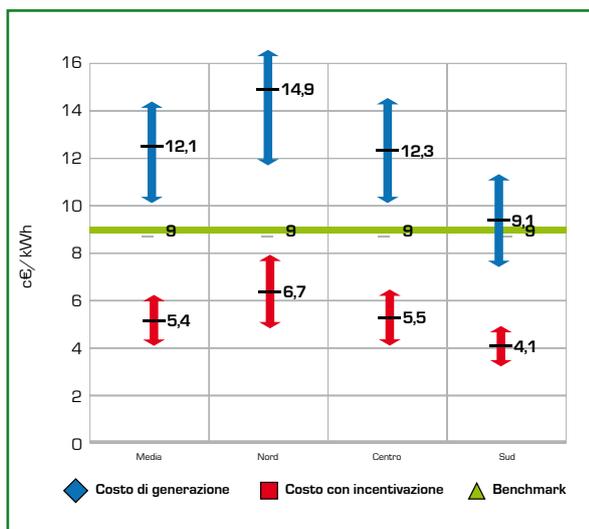
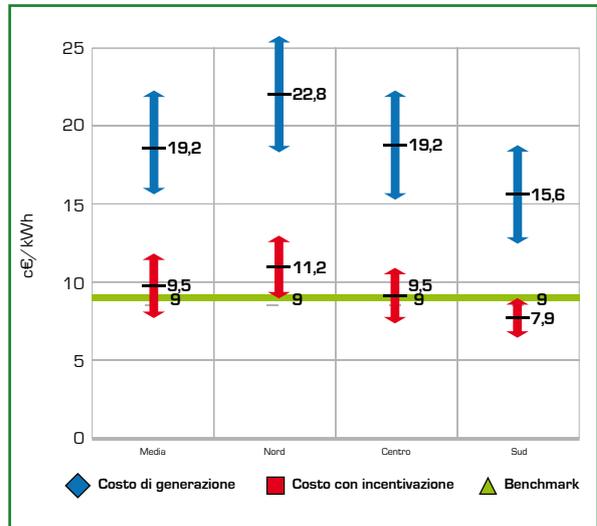


Figura 3.65

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia del solare termico al fine della produzione di ACS e riscaldamento in ambito residenziale



Se si considera il caso tipo di una abitazione singola media del Centro Italia, l'installazione di un sistema solare termico con una superficie captante di 5 m² al solo fine di produrre di ACS, permette di generare annualmente una produzione di 2.400 kWh termici, con un investimento iniziale di circa 5.800 € complessivi; senza alcuna agevolazione, il tempo di *pay-back* è pari ad oltre 20 anni, che si riducono a 12 in presenza della detrazione IRPEF al 55%.

In ambito non residenziale trovano tipicamente applicazione gli impianti di taglia media e grande, con oltre 20-25 m² di superficie captante. Essi beneficiano di un importante effetto scala, che consente di abbattere notevolmente i costi per m² installato (fino al 25%), senza diminuire l'efficienza complessiva del sistema. **Anche i grandi impianti, che richiedono necessariamente l'impiego della tecnologia a circolazione forzata, possono essere progettati sia per la produzione di sola ACS, sia per la produzione contestuale di acqua calda e per il riscaldamento degli ambienti a bassa temperatura** (in caso accoppiati con un sistema radiante di diffusione del calore). Di norma, gli impianti di grandi dimensioni vengono dimensionati per coprire al massimo il 50% del fabbisogno annuale di acqua calda sanitaria (15-30% in caso di produzione di acqua calda per usi sanitari e per riscaldamento). La quota non coperta dall'impianto solare deve essere assicurata da impianti termici convenzionali.

⁴⁰ Per un quadro completo delle assunzioni utilizzate nella stima degli indicatori di convenienza economica riportati in questi paragrafi si rimanda alla sezione metodologia del presente rapporto.

Le FIGURE 3.66 e 3.67 riportano i risultati dell'analisi economica condotta su questi impianti in modo analogo a quanto visto nel caso delle applicazioni residenziali. Le medesime considerazioni svolte sui dati relativi al comparto residenziale si applicano agli impianti industriali, con l'unica differenza che, in questo caso, **in presenza dell'incentivo rappresentato dalla detrazione fiscale del 55% anche gli impianti combinati diventano particolarmente convenienti per l'investitore.**

Se si considerasse ad esempio il caso di un albergo del Sud Italia, l'installazione di 20 m² di solare termico, che garantiscono una produzione di 12.000 kWh termici per la sola ACS, comporterebbe un investimento iniziale di circa 18.000 €: tale investimento si ripagherebbe in circa 15 anni che si riducono a 7 con la richiesta di detrazione fiscale al 55%.

Passando alla tecnologia delle **caldaie a biomassa**, le principali sono le **caldaie per la combustione di legna/cippato e le caldaie a pellet**. La scelta del combustibile da utilizzare dipende dalle caratteristiche dell'edificio e dal tipo di impianto, se esistente o da realizzare *ex-novo*. In generale gli impianti a cippato sono indicati per grossi edifici e per piccoli e medi edifici con un'alta percentuale di utilizzo, mentre gli impianti a *pellet* sono indicati per piccoli e medi edifici o per grossi edifici con una bassa percentuale di utilizzo. **Rispetto agli impianti a cippato, le caldaie a pellet sono molto più pratiche nel montaggio e nella gestione, inoltre permettono l'adattamento anche su impianti esistenti** (evitan-

do in alcuni casi anche la sostituzione della caldaia esistente). Si può affermare che l'applicazione di tali caldaie è possibile sia in ambito residenziale che in ambito non residenziale, dove però deve essere in alcuni casi accoppiata a una caldaia ausiliaria tradizionale, o comunque ad un'altra modalità di generazione dell'energia termica, dato che le taglie dell'impianto non superano normalmente i 200 kW.

Attualmente le caldaie a biomassa in Italia sono oltre 1,5 mln e si caratterizzano per prezzi nell'ordine dei 650 – 780 €/kW termico di potenza installata. Per quanto riguarda l'analisi della convenienza economica, **in ambito residenziale è stato considerato il caso di un impianto asservito alla funzione di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria**, con una potenza di 15 kW termici. È da **sottolineare come anche il combustibile utilizzato influenzi le prestazioni economiche della tecnologia**, in quanto mentre cippato e legna presentano valori simili di potere calorifico (circa 3,5 kWh/kg) e prezzo per tonnellata (compreso tra 100-120 €/t), il *pellet* è acquistabile oggi ad un prezzo mediamente superiore (200 €/t), ma sviluppa un maggiore potere calorifico (4,5 kWh/kg). In FIGURA 3.68 riportiamo il differente costo di generazione del kWh termico per un impianto ad uso residenziale, nel caso di alimentazione a legno o cippato e a *pellet*. In FIGURA 3.68 si studia anche l'effetto della detrazione fiscale del 55% delle spese sostenute.

In generale **la caldaia a legna o cippato è leggermente più conveniente della soluzione alimentata a**

Figura 3.66

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia del solare termico al fine della sola produzione di ACS in ambito non residenziale

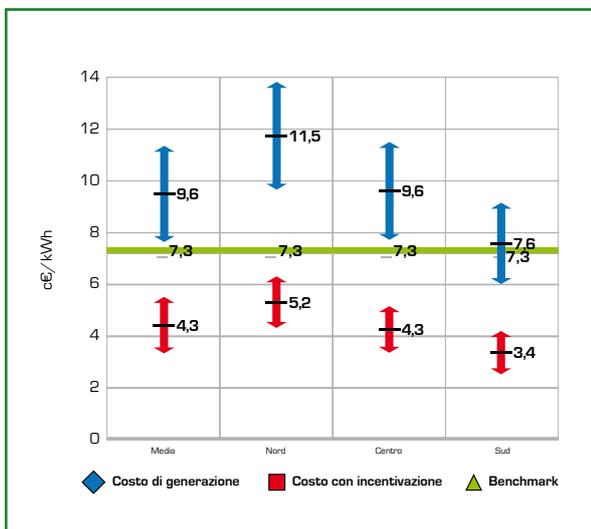


Figura 3.67

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della tecnologia del solare termico al fine della produzione di ACS e riscaldamento in ambito non residenziale

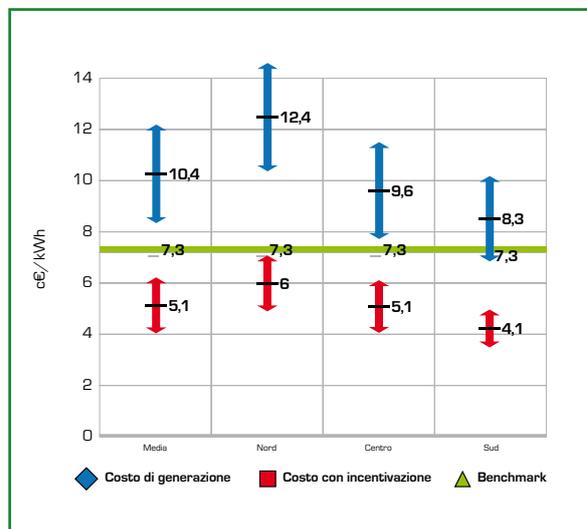
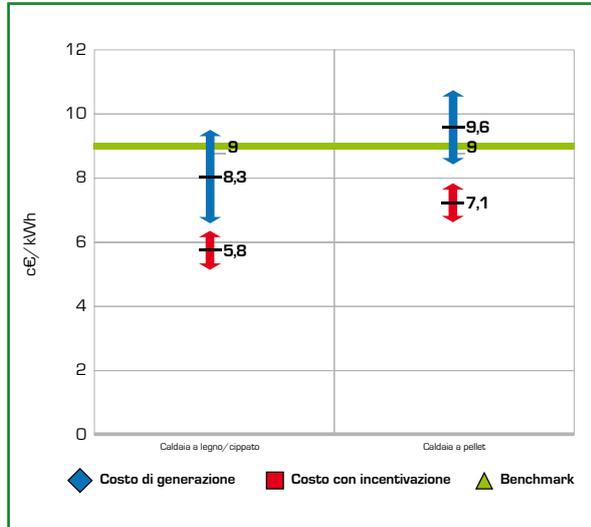


Figura 3.68

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della caldaia a biomassa in ambito residenziale



pellet. Inoltre, in assenza di incentivazione, il costo del kWh termico è allineato al *benchmark* considerato nell'analisi, mentre in presenza della detrazione, la convenienza economica dell'investimento in questa tipologia di impianto risulta decisamente superiore.

Assumendo il caso di installazione di una caldaia a cippato da 15 kW in ambito residenziale per coprire circa 12.000 kWh annui di fabbisogno termico l'investimento iniziale è pari a poco più di 10.000 € e il costo annuo della materia prima a circa 450 €. L'investimento si ripaga in circa 15 anni senza detrazione e 8 anni con detrazione fiscale.

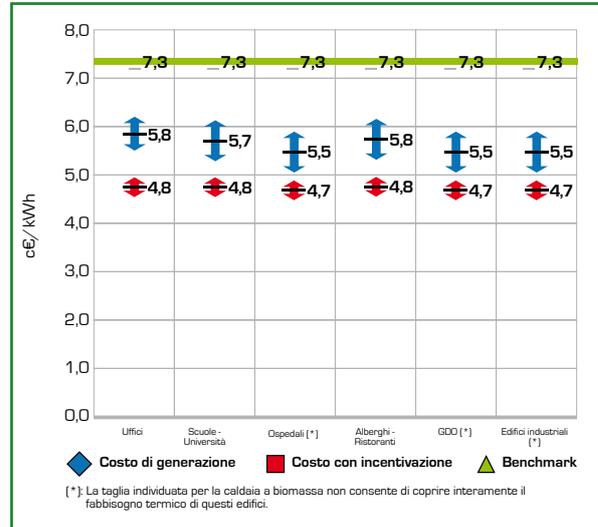
Infine, in FIGURA 3.69 si riportano i dati relativi al costo di generazione del kWh termico nei diversi comparti non residenziali, con e senza sistema di detrazione fiscale del 55%, ed assumendo l'utilizzo di una caldaia a cippato, che abbiamo visto dall'analisi precedente essere la soluzione preferibile a livello di *cost-effectiveness*. Diversamente dalle applicazioni residenziali, in questo caso anche in assenza di incentivazione la tecnologia della caldaia a cippato sembra essere decisamente *cost-effective*, il che lascia intendere un vasto potenziale di applicazione di questi sistemi di generazione del calore in ambiti non residenziali.

3.4 Un quadro d'insieme

Nei precedenti paragrafi di questo capitolo si sono

Figura 3.69

Quadro sinottico della convenienza economica dell'adozione della caldaia a biomassa in ambito non residenziale



analizzate una ad una le principali tecnologie per l'efficienza energetica negli edifici, siano esse rivolte alla riduzione dei consumi di energia termica ed elettrica o alla produzione *in loco* di energia in sostituzione dell'approvvigionamento "tradizionale". In particolare, si è valutata per ciascuna delle soluzioni a disposizione la convenienza economica, intesa come costo necessario per risparmiare o per produrre un kWh (elettrico o termico) di energia rispetto alla soluzione "standard" di riferimento, e si sono discussi i vantaggi e le possibili barriere all'applicazione. **Obiettivo di questo paragrafo è quello di riassumere** – introducendo ovviamente delle semplificazioni che saranno discusse a breve – **i risultati dell'analisi offrendo un quadro d'insieme che permetta una rapida comparazione fra le diverse soluzioni esistenti.**

La modalità che si è scelta per rappresentare le diverse tecnologie dell'efficienza energetica è quella della **matrice tridimensionale** (si vedano le FIGURE 3.70 e 3.71):

- **sull'asse orizzontale è riportata la convenienza "assoluta" a sostenere l'investimento in tecnologie di efficienza energetica.** La modalità con cui si è effettuato il calcolo merita qualche approfondimento. Nei precedenti paragrafi, come anticipato in premessa, si è stimato il costo necessario per risparmiare un kWh energetico e lo si è confrontato con il corrispondente costo di acquisto del kWh (sia esso termico od elettrico) dalla

rete⁴¹. Il rapporto percentuale fra la differenza tra questi due costi e il costo *benchmark* rappresenta, invece, la scala utilizzata qui per effettuare il confronto. **Il centro dell'asse è rappresentato da quelle soluzioni la cui adozione richiede un costo di investimento e gestione – rapportato all'energia effettivamente risparmiata rispetto all'utilizzo della soluzione “standard” di riferimento – che è pari al costo attuale di approvvigionamento “tradizionale” dell'energia (ovvero a 17 c€/kWh elettrico e a 9 c€/kWh termico per gli edifici residenziali).** Nella parte destra dell'asse – caratterizzate da valori percentuali negativi ad indicare un “risparmio” economico per l'adottatore – si trovano invece quelle tecnologie per l'efficienza energetica che consentono di raggiungere l'obiettivo di risparmiare un kWh di energia con un costo (di investimento e gestione) inferiore rispetto a quello di acquisto del medesimo kWh; mentre nella parte sinistra sono posizionate le tecnologie per le quali, allo stato attuale, il costo da sostenere per il loro impiego è superiore (e tanto più al crescere dei valori percentuali allontanandosi dal centro) rispetto a quanto consentono di far risparmiare in virtù del mancato acquisto di energia.

È importante sottolineare che il calcolo è qui presentato in assenza di sistemi di incentivazione in modo da offrire un riferimento “assoluto” della convenienza di una determinata tecnologia.

La “distanza” dal centro dell'asse di una determinata tecnologia, che sarà oggetto di commento più avanti, offre una misura immediata sia della “necessità” o meno sia dell'eventuale “peso” in termini di c€/kWh che dovrebbe avere un sistema di incentivazione per essere efficace;

- sull'asse verticale si è distinto invece il contesto di riferimento⁴², ovvero se l'adozione di una data tecnologia per l'efficienza energetica avviene contestualmente alla realizzazione di un nuovo edificio – e quindi (si veda per maggiori dettagli anche l'inizio del CAPITOLO 3) la componente di costo di investimento da considerare sia solo quella “differenziale” rispetto alla soluzione “standard” – oppure è conseguenza di una sostituzione in un edificio già esistente di una

tecnologia a minore efficienza, e sia quindi da considerarsi per intero il costo di investimento associato alla nuova soluzione tecnologica. È ovvia conseguenza del meccanismo di calcolo (ma vale la pena sottolinearlo) che, presa una determinata tecnologia, il suo posizionamento lungo l'asse orizzontale sarà più favorevole (ovvero a convenienza “assoluta” relativamente maggiore) per i nuovi edifici rispetto agli esistenti.

La “distanza” fra i due posizionamenti rispetto all'asse x offre una misura immediata del differenziale di costo (comprensivo non solo dell'investimento ma anche della gestione) fra la tecnologia a maggiore efficienza e la soluzione “standard” di riferimento;

- il terzo asse, che è rappresentato per semplicità dalla dimensione delle bolle che contraddistinguono le diverse soluzioni per l'efficienza energetica analizzate, riporta infine il “valore dell'installato”. La scelta dell'unità di misura è qui ricaduta sulla prestazione energetica, ovvero sulla quantità di energia (misurata in TWh a seconda dei casi elettrici o termici) che l'adozione di una determinata tecnologia consente di risparmiare annualmente rispetto ai consumi di quella “standard” di riferimento, ovvero la quantità di energia prodotta nel caso delle soluzioni di generazione da fonte rinnovabile.

La distinzione fra “nuovo edificio” ed “edificio esistente” si è fatta considerando il tasso di penetrazione delle tecnologie per l'efficienza energetica rispettivamente negli edifici realizzati nel corso degli ultimi anni 2006-2011⁴³ e qui rubricati come “nuovi” ed in quelli invece pre-esistenti sul territorio italiano alla data del 31 Dicembre 2005.

Se è ovviamente ragionevole attendersi che la dimensione della bolla per una determinata tecnologia sia maggiore nel caso degli edifici “esistenti” rispetto ai “nuovi”, la comparazione fra le differenti dimensioni delle diverse tecnologie consente di mettere in luce, oltre al grado di diffusione, anche la maggiore o minore adattabilità di talune ad un determinato contesto.

Al fine di facilitare ulteriormente la comprensione della matrice – ed anche la possibilità di ritrovare i

⁴¹ La medesima prospettiva si è assunta per la produzione di energia da fonti rinnovabili, con il costo di produzione comparato al costo di approvvigionamento dell'energia elettrica o della produzione di energia termica *in loco*.

⁴² Nel caso delle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili non si è invece adottata la distinzione fra “nuovo” ed “esistente”. La ragione risiede nel fatto, evidenziato anche nel PARAGRAFO 3.3, che si tratta in ogni caso di una tecnologia che sostituisce “alla fonte” l'approvvigionamento energetico ed il suo termine di riferimento è quindi il medesimo sia che si tratti di un nuovo edificio sia che si tratti di un edificio esistente, così come i medesimi (a meno di variazioni comunque non significative) sono i costi di investimento e di gestione.

⁴³ Per gli edifici residenziali si parla di circa 1,5 mln di abitazioni per un totale di 0,65 mln di edifici residenziali.

corretti riferimenti ai paragrafi precedenti – si sono contraddistinte con il colore blu le tecnologie che hanno ad obiettivo la riduzione dei consumi elettrici, con il colore rosso quelle che mirano a ridurre il fabbisogno di energia termica ed infine con il colore verde le tecnologie per la generazione di energia (indifferentemente termica o elettrica) da fonti rinnovabili. Le tecnologie per la *Building Automation*⁴⁴, data la loro natura, assommano i risparmi elettrici e termici.

A differenza di quanto fatto nei paragrafi precedenti, dove si sono valutate ad esempio le differenze di risparmio conseguenti all'adozione di una determinata tecnologia in diverse aree geografiche del nostro Paese, si è qui assunto un unico valore medio di riferimento anche per ovvie ragioni di comprensibilità della rappresentazione grafica.

La FIGURA 3.70 riporta la matrice tridimensionale delle soluzioni di efficienza energetica per gli edifici residenziali.

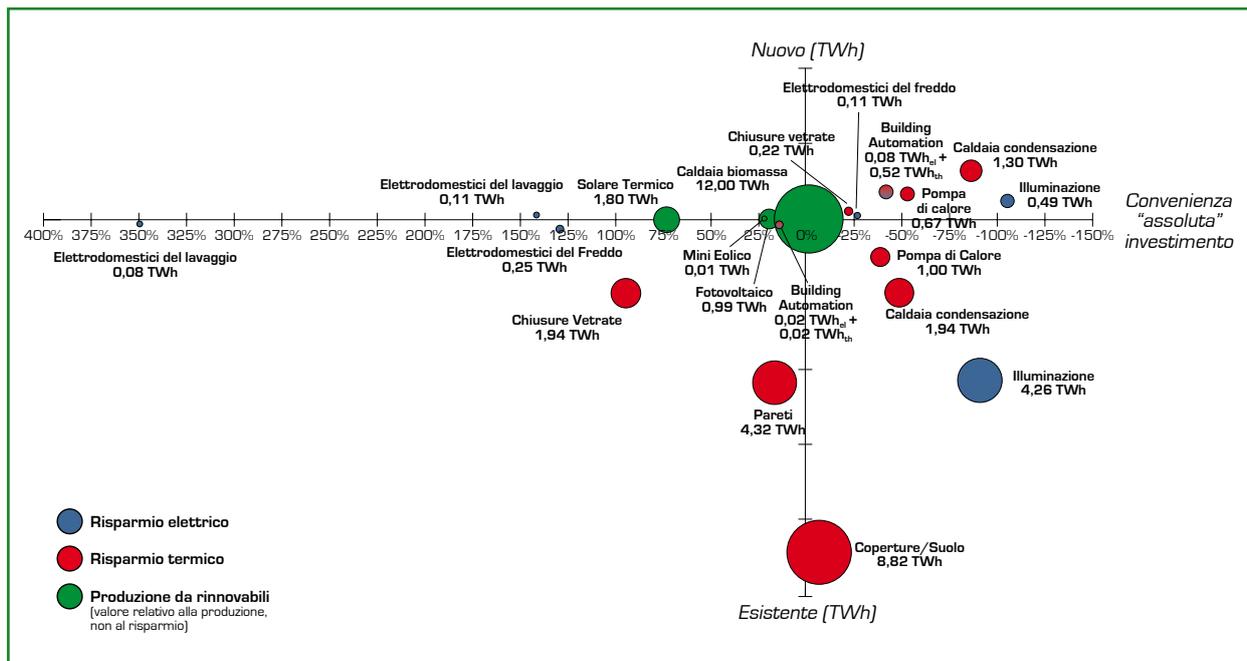
Focalizzandosi innanzitutto sull'asse orizzontale, si possono distinguere le tecnologie per l'efficienza energetica in **tre categorie**:

- **quelle per cui, indipendentemente dal contesto di riferimento, non vi è la convenienza “assoluta” dell’investimento.** In questa categoria rientrano le tecnologie di generazione energetica da fonti rinnovabili (con l'esclusione di cui si parlerà più avanti delle caldaie a biomasse) e le soluzioni di efficienza energetica relativi agli elettrodomestici del lavaggio.

Fotovoltaico e mini-eolico risultano già oggi (e si rammenti che nel calcolo si è assunta l'assenza di incentivazione) piuttosto prossimi al centro dell'asse, con una distanza dal livello soglia di convenienza “assoluta” che è rispettivamente pari a 19% e 24%, mentre **assai più lontano (per la precisione attestandosi ad una distanza di circa il 73%) è il posizionamento delle tecnologie del solare termico.** E' immediata – ma qui solo accennata non trattandosi del *focus* principale di questo Rapporto – la riflessione su **quanto, invece, squilibrato a favore soprattutto del fotovoltaico sia stato sino ad ora il meccanismo di incentivazione** (SI VEDA PARAGRAFO 2.2) e quindi quanto potenzialmente utile al fine di contribuire al rispetto degli obiettivi di efficienza energetica sia l'introduzione di un analogo schema di incentivazione per il solare termico (SI VEDA PARAGRAFO 2.3.2). La distanza da

Figura 3.70

Quadro globale delle soluzioni di efficienza energetica per gli edifici in ambito residenziale



⁴⁴ E' opportuno qui richiamare, come già indicato nel PARAGRAFO 3.1.4, come la soluzione “standard” di riferimento per la *Building Automation* sia la classe D, ovvero l'assenza della tecnologia, per gli edifici residenziali ed invece la classe C, ovvero la presenza minimale di *Building Automation*, per tutti gli altri edifici non residenziali.

colmare – ed in questo discorso rientrano anche gli elettrodomestici del lavaggio il cui costo di investimento e gestione è abbondantemente oltre il doppio rispetto all'effetto di risparmio sull'acquisto di energia, precisamente il 350% per gli edifici esistenti e il 141% per quelli di nuova realizzazione – appare però estremamente significativa. Due sono i fronti su cui è necessario lavorare: quello della incentivazione, ma anche quello della riduzione del prezzo (o del divario di prezzo se si considerano gli elettrodomestici del lavaggio) delle soluzioni energeticamente più efficienti. Solo il combinato disposto di queste due azioni⁴⁵ (tenendo conto del trend generale di contrazione dei sistemi di incentivazione) potrà garantire una maggior diffusione di queste soluzioni, che al momento invece, come ben evidenziato dalla dimensione delle relative bolle, è piuttosto contenuta⁴⁶.

Per completezza vanno inserite in questa categoria (anche se riferite ovviamente solo agli edifici esistenti) le soluzioni per l'efficienza energetica relative all'adozione del cappotto e isolamento delle pareti, che sono prossime alla soglia di convenienza assoluta, ed anzi proprio per questo, aiutate da un sistema di incentivazione quale quello della detrazione IRPEF al 55%, rappresentano le tecnologie di questa categoria ad aver dato sino ad ora il maggior contributo (4,32 TWh termici) in termini di riduzione dei consumi;

- quelle che risultano convenienti soltanto se adottate congiuntamente alla realizzazione di un nuovo edificio. Rientrano in questa categoria, andando a ritroso da quelle più convenienti, le soluzioni di *Building Automation* (che consentono di risparmiare quasi il 50% del costo dell'energia rispetto alla soluzione "tradizionale"), gli elettrodomestici del freddo e le chiusure vetrate. Si tratta di soluzioni che al momento hanno dato un contributo non così significativo, con un risparmio complessivo di 0,19 TWh elettrici e 0,74 TWh termici, rispettivamente il 3% del totale (nuovo + esistente) e il 2% del totale (nuovo + esistente). Ciò nonostante è importante sottolineare come, a differenza delle precedenti e con ancor maggior evidenza per

gli elettrodomestici per il freddo, si è stati in grado qui di contenere in maniera significativa il differenziale di prezzo (che è quello che premia nelle nuove installazioni) rispetto alle soluzioni "tradizionali";

- quelle per cui la convenienza "assoluta" si ha già oggi in qualsiasi contesto di adozione. Fra queste spiccano le tecnologie per l'illuminazione, che si accompagnano in questa categoria alle soluzioni per il fabbisogno termico degli edifici: le caldaie a condensazione, le pompe di calore, i sistemi di isolamento delle coperture e del suolo e, forse un po' sorprendentemente, le caldaie a biomassa (che con 12 TWh di energia termica prodotta annualmente e una convenienza "assoluta" di -1% rappresentano uno dei principali contributori) evidentemente "premiata" dal rendimento energetico che è più elevato per le fonti termiche rispetto a quelle elettriche. Per tutte queste tecnologie, anche in assenza di forme di incentivazione, sussiste una convenienza "assoluta" nell'effettuare l'investimento che varia dal punto percentuale delle caldaie a biomassa al caso limite dell'illuminazione per i nuovi edifici (-106%). Se per quest'ultima, tuttavia, a giocare un ruolo preponderante nel calcolo è l'investimento particolarmente ridotto in valore assoluto, per le altre tecnologie appartenenti a questa categoria è il potenziale di risparmio rispetto al riferimento "standard" a fare la differenza.

I risultati di questa categorizzazione fanno riflettere sulla efficacia e opportunità di strumenti di incentivazione che, come è accaduto sino ad ora, trattano allo stesso modo – ovvero basandosi sul quantitativo di energia risparmiato (nel caso dei Titoli di Efficienza Energetica), sul livello di investimento richiesto (come ad esempio le detrazioni fiscali) - tecnologie che invece mostrano profonde differenze dal punto di vista della convenienza "assoluta" dell'investimento. Appare, alla luce di quanto visto, ancor più grave il fatto che, come visto nel PARAGRAFO 2.3.1 e come più volte sottolineato anche dagli operatori, i Titoli di Efficienza Energetica abbiano in larga parte sino ad ora funzionato per quelle soluzioni tecnologiche (ovvero le soluzioni per l'illuminazione energeticamente

⁴⁵ Per una valutazione, invece, del potenziale di risparmio derivante dall'adozione di queste come delle altre soluzioni di efficienza energetica si rimanda al PARAGRAFO 4.9.

⁴⁶ Giova ricordare che nel caso del fotovoltaico la produzione annuale apparentemente così limitata rispetto alla potenza installata (che è stimabile nell'intervallo di 1 GW) è dovuta alla variabilità della fonte che consente, in media sul territorio italiano, un funzionamento degli impianti per l'equivalente di 1.150 ore annue.

efficienti) che già da sole sono più che sostenibili economicamente e che invece non si sia puntato – anche a parità di risorse messe in gioco, ma con un maggior *focus* – a far crescere la diffusione di soluzioni più complesse, ma anche maggiormente bisognose di coprire il *gap* con il costo del kWh da risparmiare.

Se si guarda alla “distanza” fra il posizionamento di una data tecnologia con riferimento ai “nuovi” edifici in contrapposizione a quello per gli edifici “esistenti” colpisce, come si è già in parte discusso, la differenza fra quelle tecnologie (quali ad esempio le pompe di calore) dove la differenza di convenienza “assoluta” rientra in un *range* relativamente limitato (Δ pari a 50%), e che quindi hanno più alto l'effetto di differenza di prezzo, e quelle invece (soprattutto gli elettrodomestici) dove invece l'escursione dei valori convenienza nei due contesti è decisamente significativa. In sostanza, alla categorizzazione precedente, se ne può aggiungere una complementare che distingue fra:

- le tecnologie ad elevato *premium price*, ossia pompe di calore, tecnologie di illuminazione efficiente, caldaie a condensazione e, più moderatamente, sistemi di *Building Automation*, in cui l'investimento necessario per l'adozione è decisamente superiore rispetto a quello della tecnologia “standard” presa a riferimento. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, più che ad un reale differenziale di costo della tecnologia, alle spalle di questo differenziale vi è la capacità degli operatori di far percepire ai clienti il valore “intrinseco” del risparmio energetico e quindi di dividerne parte degli effetti;
- le tecnologie a ridotto *premium price*, ossia chiusure vetrate, elettrodomestici del freddo ed elettrodomestici del lavaggio, per le quali vale quasi il discorso inverso, con il cliente che o non percepisce adeguatamente (e quindi non valorizza) l'effetto positivo del risparmio energetico oppure ritiene l'efficientamento energetico quasi un *must* nel normale processo di innovazione del prodotto⁴⁷.

Anche in questo caso è lecito interrogarsi sulla necessità di differenziare eventuali sistemi di incentivazione per riequilibrare il rapporto fra operatori e clienti e, più in generale, si avverte l'impatto – particolarmente importante quando

si parla di efficienza energetica, data la complessità per l'utente di misurare in maniera adeguata il contributo di risparmio di ciascuna tecnologia – **di imprese e settori merceologici storicamente più “forti” nei rapporti con l'utente finale.**

L'ultima “distanza” che può essere misurata nella FIGURA 3.70, come anticipato in premessa, è quella relativa alla differenza nel “valore di installato” fra edifici esistenti e di nuova costruzione. Nella valutazione di questa “distanza” è ricompreso il differenziale di “impatto”, in termini di tempo e rilievo dell'intervento, che l'adozione di una data tecnologia comporta. Di questo tema si è discusso abbondantemente nei paragrafi precedenti e pur tuttavia è interessante, giacché graficamente evidente, distinguere qui fra:

- le tecnologie ad elevata facilità di adozione, che mostrano (come nel caso dell'illuminazione, ma anche di chiusure vetrate ed elettrodomestici del freddo) un evidente squilibrio fra l'installato negli edifici esistenti che risulta più del doppio rispetto a quello dei nuovi edifici⁴⁸. Sono quelle tecnologie, in altre parole, che più facilmente si sono diffuse e ragionevolmente potranno permeare anche lo stock di patrimonio edilizio presente nel nostro Paese;
- le tecnologie ad elevata complessità di adozione, una su tutte la *Building Automation*, ma anche pompe di calore e caldaie a condensazione, che invece sono caratterizzate da una presenza equiparabile e in qualche caso anche relativamente più massiccia nei nuovi edifici, ove la scelta di adottarle *ex novo* e quindi in fase progettuale rende accettabile la complessità (ad esempio dovuta all'interfaccia con gli impianti esistenti, alla necessità di rifacimento delle “reti” di collegamento) in fase di installazione; la stessa che invece ne scoraggia l'adozione nei contesti esistenti.

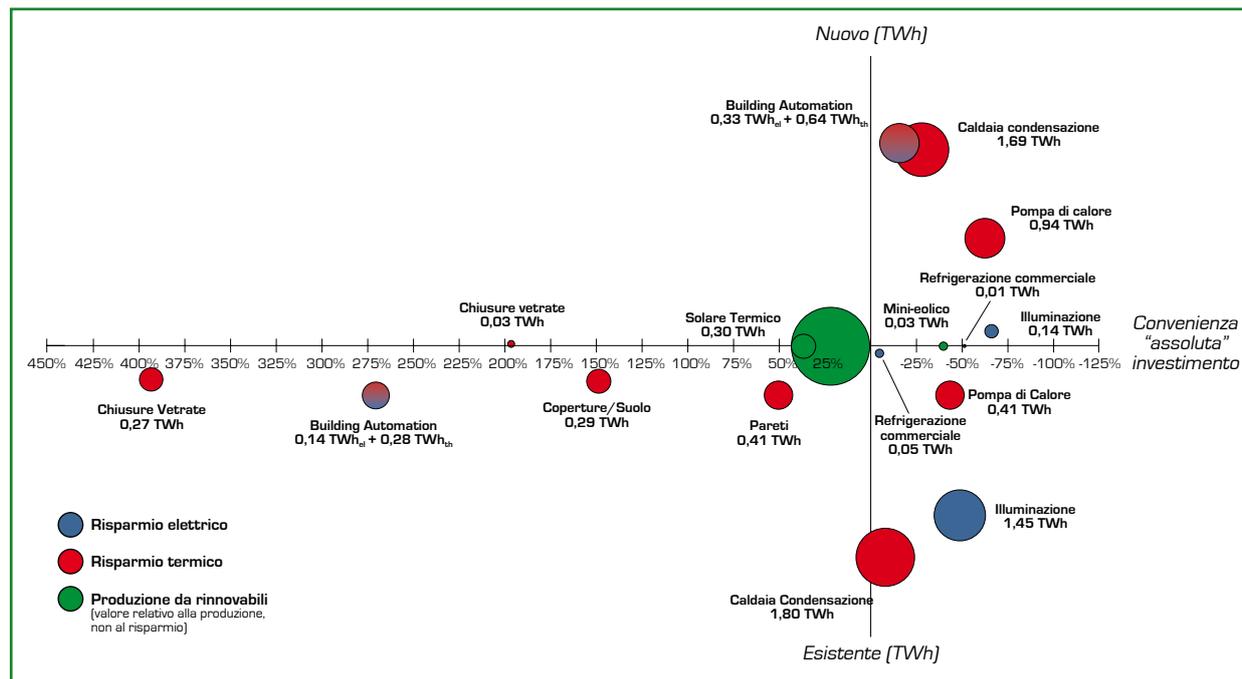
Se le soluzioni di efficienza energetica negli edifici residenziali hanno decisamente la *lion's share* dell'installato attuale – essendo responsabili nel complesso di 6,5 TWh elettrici (55%) dei circa 12 totali e di quasi 35 TWh termici (85%) dei quasi 42 totali – è però interessante dare uno sguardo, con le medesime modalità di sintesi, alle soluzioni di efficienza energetica negli edifici non

⁴⁷ Un po' l'analogo di quello che accadde per la sicurezza nelle automobili, con il cliente che non è disposto solitamente a riconoscere un premio di prezzo alle autovetture con una dotazione di sicurezza anche di molto superiore a quanto prescritto dalle norme.

⁴⁸ Giova qui ricordare che lo stock di edifici esistenti al 31 Dicembre 2005 è pari a 11,5 mln di edifici residenziali e 1,5 mln di edifici non residenziali.

Figura 3.71

Quadro globale delle soluzioni di efficienza energetica per gli edifici in ambito non residenziale



residenziali.

Per ragioni di sintesi si è preso anche qui un valore medio di riferimento fra le diverse tipologie di edifici (uffici, scuole-università, ospedali, alberghi-ristoranti, GDO ed edifici industriali) e lo si è confrontato con il costo di approvvigionamento “tradizionale” dell’energia. Il risultato, con l’indicazione anche di come sono distribuiti i 5,5 TWh elettrici e i 7 TWh termici di risparmio energetico che costituiscono l’installato negli edifici non residenziali, è riportato nella FIGURA 3.71.

Il quadro che emerge è particolarmente interessante. Innanzitutto è evidente come la quasi totalità delle soluzioni di efficienza energetica per il “non residenziale” sia già oggi conveniente in “assoluto” sia per interventi su edifici esistenti che, a maggior ragione, per le nuove realizzazioni. Ad essere escluse da questo novero sono solo le soluzioni che richiedono interventi sulle “strutture” – come

le chiusure vetrate, l’isolamento di pareti, suolo e coperture e la *Building Automation* (ma solo per gli edifici esistenti) – la cui maggiore onerosità è dovuta alle caratteristiche tipiche degli edifici che sono adibiti ad attività non residenziali.

Anche le tecnologie per la generazione di energia sia termica che elettrica sono piuttosto prossime alla convenienza “assoluta”.

È probabilmente più chiaro dall’analisi della FIGURA 3.71 come mai le imprese dell’efficienza energetica che operano sul mercato non residenziale non considerino interessante – nel *trade-off* richiamato nel PARAGRAFO 2.3.1 fra la complessità di accesso e la remunerazione attesa – il meccanismo di incentivazione tramite Titoli di Efficienza Energetica e come invece il mercato del “non residenziale” possa rappresentare, ma lo si vedrà meglio più avanti, anch’esso un ambito interessanti per lo sviluppo delle tecnologie per l’efficienza energetica nel nostro Paese.

4. IL MERCATO

Il presente capitolo si propone di offrire un **quadro sulle potenzialità di diffusione delle soluzioni di efficienza energetica** negli edifici descritte nel CAPITOLO 3. L'intento è quello di offrire al lettore uno strumento che lo metta nelle condizioni di comprendere in quale misura le diverse tecnologie possano contribuire al raggiungimento degli obiettivi che il nostro Paese si è dato in materia di efficienza energetica (si veda a questo proposito il CAPITOLO 1), il che diventa a sua volta fondamentale per definire politiche di incentivazione per l'efficienza energetica che siano economicamente efficienti.

Dal punto di vista metodologico, in questo capitolo verrà innanzitutto stimato un potenziale teorico di diffusione delle soluzioni di efficienza energetica trattate, considerando un orizzonte temporale di riferimento di cinque anni, da qui al 2016. Con questo si intende valutare il **contributo potenziale, in termini di risparmio energetico, che ogni soluzione assicurerebbe in Italia** se la sua adozione si estendesse a tutto il parco edilizio esistente ed a tutti gli edifici di futura realizzazione. Questa valutazione è stata effettuata considerando da un lato lo stato attuale di diffusione delle diverse tecnologie e la presenza di alcune barriere che ne limitano giocoforza l'adozione (rappresentate, ad esempio, dall'esistenza di vincoli particolari per edifici storici). Dall'altro, per quanto riguarda la stima del potenziale teorico su nuovi edifici, si è calcolato il tasso medio di crescita delle nuove edificazioni che è stato registrato in Italia negli ultimi dieci anni, per ogni segmento di mercato considerato. Questo tasso è stato quindi proiettato negli anni a venire considerati nell'indagine.

Chiaramente il potenziale fornisce un'idea del contributo massimo che una certa soluzione di efficienza energetica potrebbe assicurare in linea teorica, senza considerare la sua reale convenienza economica né la presenza o meno di sistemi di incentivazione capaci di promuoverne la diffusione. Per questo motivo, **si procederà anche a stimare un verosimile grado di penetrazione**, tanto nel comparto degli edifici esistenti quanto in quello degli edifici di nuova costruzione, che le diverse tecnologie potranno sperimentare nei prossimi anni in

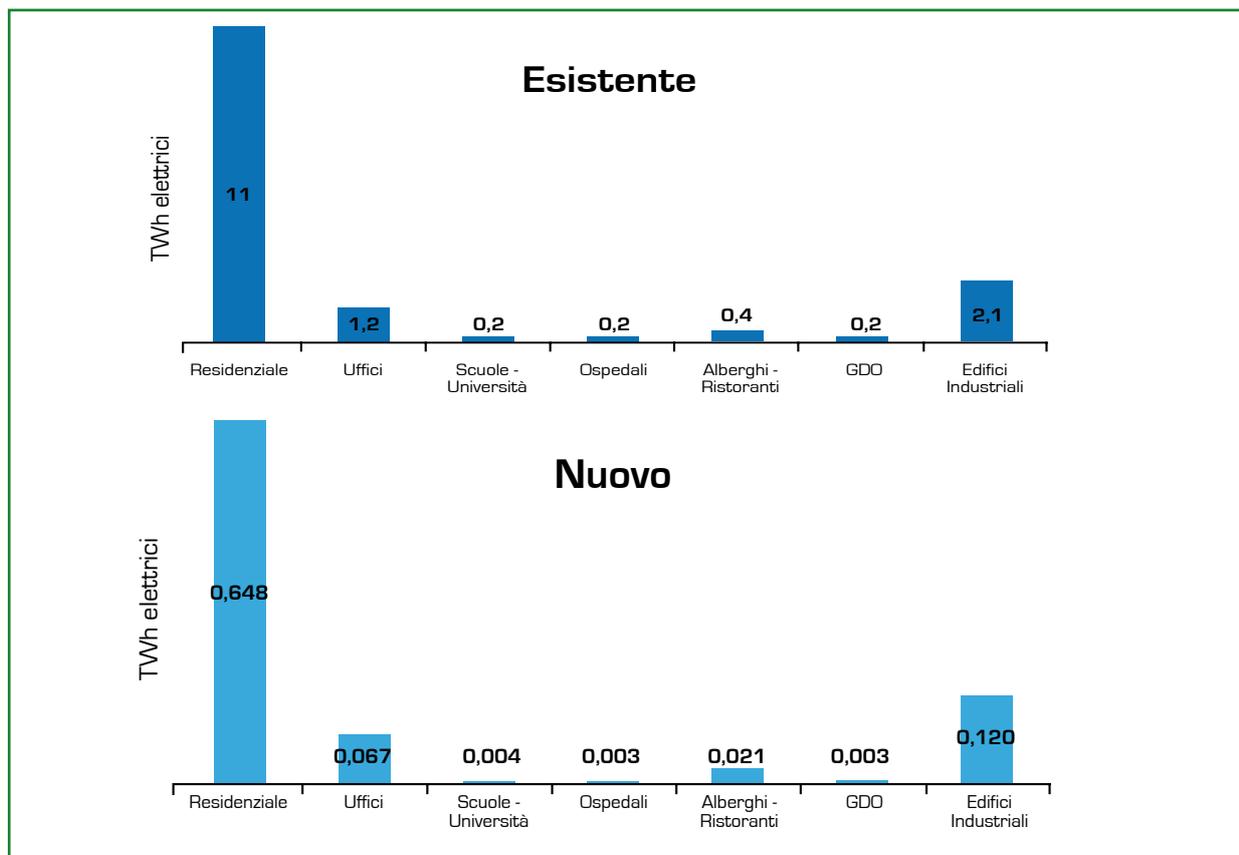
Italia. A questo fine saranno definiti degli scenari di verosimile evoluzione della convenienza economica di queste tecnologie e dei regimi di incentivazione e supporto delle stesse e si interpreteranno le opinioni degli esperti di settore raccolte durante le interviste effettuate. Così facendo, il lettore disporrà di elementi che gli permetteranno di valutare dei ragionevoli scenari di sviluppo del comparto dell'efficienza energetica negli edifici in Italia e quindi di pianificare al meglio possibili investimenti e nuove attività di *business*.

4.1 Tecnologie di illuminazione

Il consumo annuo di energia elettrica in Italia dovuto all'illuminazione negli edifici è di circa **27 TWh**, pari a quasi il 10% dell'intero fabbisogno elettrico italiano. In buona parte questo valore elevato deriva dalla diffusione ancora massiccia di tecnologie per l'illuminazione artificiale poco efficienti, quali le lampade ad incandescenza, che si stima abbiano una penetrazione nel settore residenziale ancora superiore al 70% (si veda a questo proposito il PARAGRAFO 3.1.1). Ciò lascia intendere come esistano ampi spazi di riduzione dei consumi attraverso l'adozione di soluzioni di illuminazione efficiente. Considerando le tecnologie migliori in termini di efficienza energetica identificate nel PARAGRAFO 3.1.1 (ossia lampade fluorescenti compatte in ambito residenziale e ricettivo, lampade fluorescenti tubolari negli uffici, negli ospedali, nelle scuole-università e negli edifici della GDO e, infine, lampade a scarica di sodio ad alta pressione o lampade a scarica ad alogenuri metallici negli edifici industriali), se esse venissero applicate in tutti gli edifici residenziali e non che ancora non ne sono dotati, **si otterrebbe un risparmio annuo di energia elettrica stimabile in circa 15,3 TWh, con la sostituzione di circa 300 mln di lampade ed un giro d'affari complessivo corrispondente di 2 mld €**. Se si considera anche l'installazione di tecnologie efficienti negli edifici che saranno realizzati nei prossimi anni, si stima di ottenere **un ulteriore risparmio annuo teorico di circa 0,9 TWh elettrici, per un volume d'affari di circa 25 mln € all'anno**. La FIGURA 4.1 fornisce una rappresentazione sinte-

Figura 4.1

Potenziale teorico di risparmio dalle tecnologie di illuminazione



tica di questi dati, per i diversi segmenti di mercato considerati, residenziali e non.

Da questi dati si desume che, grazie all'uso di tecnologie efficienti, **esiste il potenziale teorico di ridurre di quasi il 58% il consumo annuo di elettricità in Italia per illuminazione negli edifici**. Come si nota e come è facilmente intuibile, il segmento residenziale, seguito da quello degli edifici industriali e degli uffici, presenta il maggiore potenziale di risparmio energetico. È quindi probabilmente su questo comparto che gli sforzi di promozione delle tecnologie efficienti nel comparto dell'illuminazione dovrebbero essere indirizzati con priorità.

Chiaramente non è verosimile pensare che questo potenziale teorico si concretizzi nella sua totalità nei prossimi anni. Considerando il livello di convenienza economica delle tecnologie efficienti di illuminazione artificiale (SI VEDA IL PARAGRAFO 3.1.1), gli obblighi normativi in merito al *phase-out* delle tecnologie non efficienti (SI VEDA IL BOX 3.1), oltre ovviamente alle opinioni degli operatori di mercato intervistati durante l'analisi, è ragionevole pensare che **nei prossimi cinque anni in Italia il potenzia-**

le su edifici esistenti si realizzerà per il 40-60%. Questo corrisponderebbe ad un risparmio annuo a regime di circa 6,1-9,1 TWh elettrici e ad un giro d'affari complessivo di 0,9-1,1 mld €. **Se consideriamo invece gli edifici di nuova costruzione, è verosimile ritenere che la penetrazione delle tecnologie di illuminazione efficiente sarà decisamente più accentuata, con queste ultime che arriveranno a pesare per circa il 70-90% delle nuove installazioni tra circa cinque anni,** il che corrisponderebbe ad un risparmio annuo a regime di circa 0,6-0,8 TWh elettrici e ad un giro d'affari annuo stimabile mediamente in 17-21 mln € nei prossimi cinque anni.

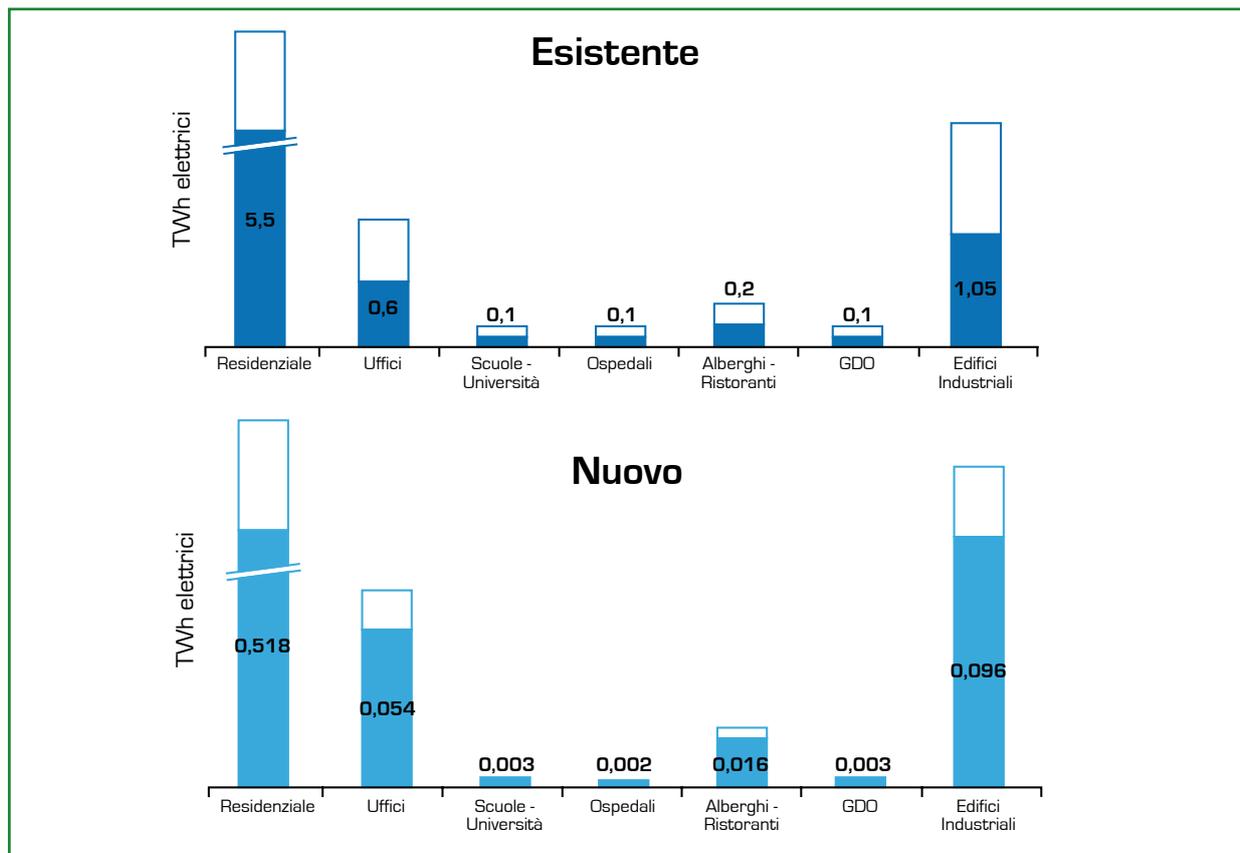
La FIGURA 4.2 fornisce un'idea del grado di diffusione atteso delle tecnologie di illuminazione efficiente in Italia, espresso in termini di risparmio annuo di energia elettrica consumata.

4.2 Elettrodomestici

Per quanto riguarda il segmento degli elettrodomestici, **il consumo annuo di energia elettrica impu-**

Figura 4.2

Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dalle tecnologie di illuminazione



tabile al loro uso in Italia (sia in campo residenziale che in quello della refrigerazione commerciale) è di circa 37,5 TWh elettrici.

Nel caso in cui si adottassero le soluzioni più efficienti energeticamente in tutti gli edifici esistenti del comparto residenziale e della refrigerazione commerciale, avremmo un **risparmio annuo di circa 7,1 TWh elettrici**. In particolare, nel settore residenziale si tratterebbe della sostituzione di circa **26,4 mln di frigoriferi (con sistemi di classe A++)**, **27,8 mln di lavatrici (con apparecchi di classe A-30%)** e **28,9 mln di lavastoviglie (con apparecchi di classe A-30%)**, per un volume d'affari complessivo stimabile nell'ordine di 64 mld €. A ciò vanno aggiunti **ulteriori 0,3 TWh elettrici annui di risparmio** derivante dall'adozione in tutti gli edifici di nuova costruzione, nei prossimi cinque anni, delle soluzioni all'avanguardia in termini di efficienza, generando un **volume d'affari annuo di circa 0,55 mld €** (si veda a questo proposito la FIGURA 4.3).

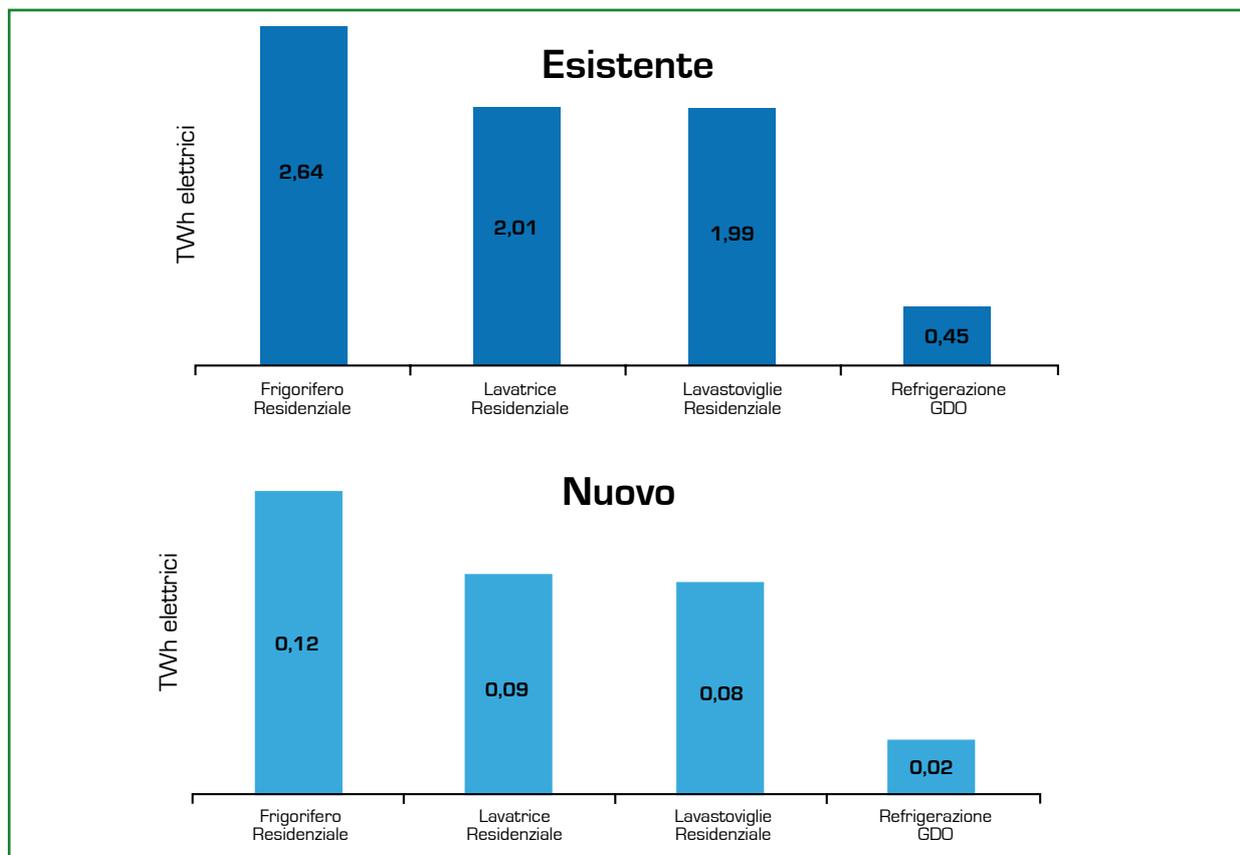
Rispetto al caso delle tecnologie di illuminazione artificiale, si nota come il **potenziale teorico di risparmio energetico realizzabile attraverso gli**

elettrodomestici efficienti sia decisamente inferiore, non solo in termini assoluti (circa 7,4 TWh all'anno contro 16,2 TWh), ma anche e soprattutto se viene rapportato al consumo annuo degli elettrodomestici in Italia. Questo lascia intendere che anche **conseguendo elevatissimi livelli di penetrazione di mercato di questi elettrodomestici efficienti, il loro contributo al raggiungimento di consistenti livelli di risparmio energetico per il sistema Paese sarebbe relativamente modesto**. Ciò a fronte tuttavia di un volume d'affari, cui corrisponderebbe il potenziale teorico estremamente elevato, pari a quasi 65 mld €, rispetto a poco più dei 2 mld € nel caso delle tecnologie di illuminazione. Nel complesso, quindi, si può desumere da queste analisi che **promuovere l'adozione di elettrodomestici efficienti in ambito residenziale richiederebbe degli investimenti privati (ed eventualmente pubblici, nel caso di introduzione di appositi meccanismi incentivanti) estremamente elevati**, rispetto al beneficio in termini di riduzione dei consumi energetici che essi possono garantire.

Passando ad analizzare in che misura il potenziale teorico descritto in precedenza possa essere effetti-

Figura 4.3

Potenziale teorico di risparmio dagli elettrodomestici



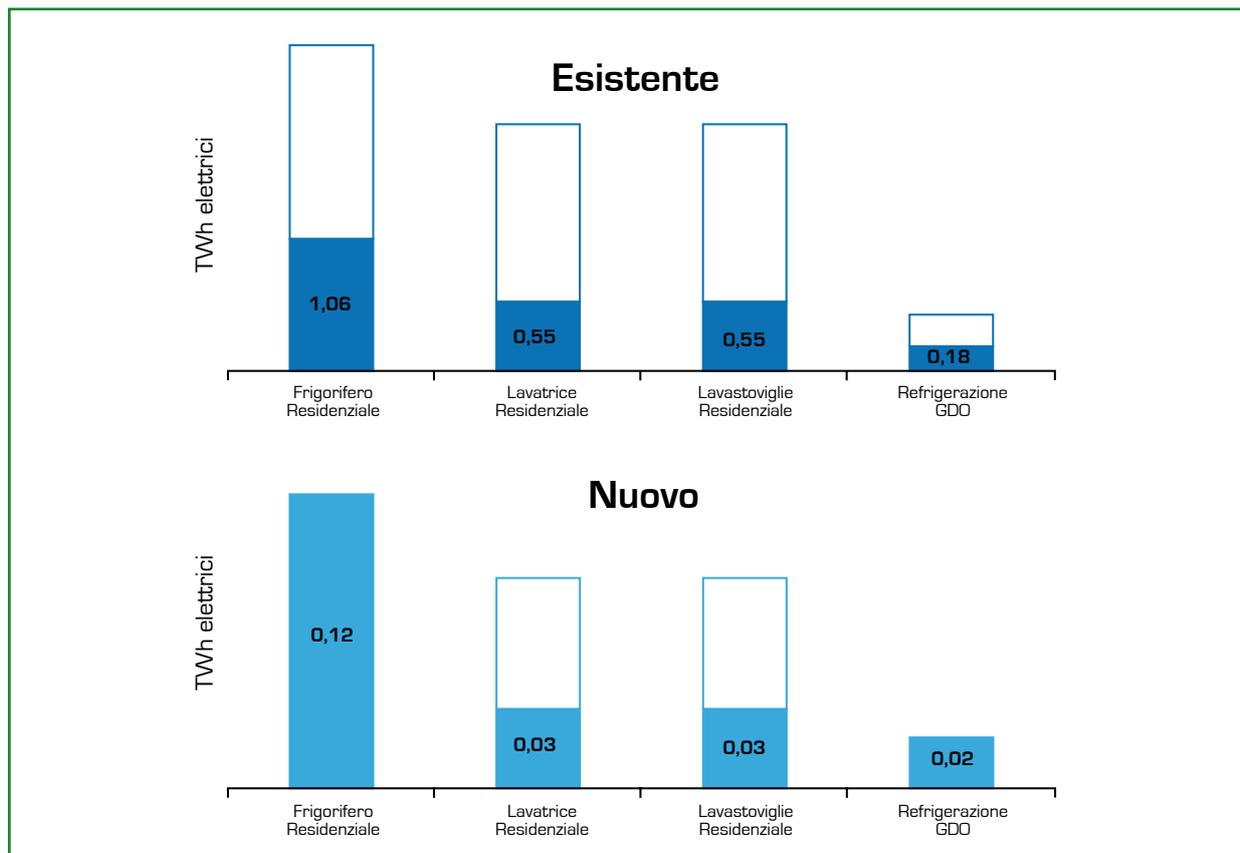
vamente realizzato nel prossimo futuro in Italia (SI VEDA LA FIGURA 4.4), bisogna considerare innanzitutto che **la convenienza economica dell'adozione di queste tecnologie** (come si desume dal PARAGRAFO 3.1.2) è **in media decisamente inferiore rispetto al caso dei sistemi di illuminazione efficiente**. In base alle opinioni raccolte durante le interviste con gli esperti di settore, è ragionevole ritenere che, **per quanto riguarda il comparto del lavaggio** (che include tanto lavatrici quanto lavastoviglie), **del risparmio potenziale teorico in edifici esistenti si possa concretizzare nei prossimi cinque anni una percentuale compresa tra il 20 ed il 35%**. Ad essa corrisponderebbe un volume d'affari totale di circa 8,5-14,9 mld € ed un risparmio di energia elettrica annuo di **0,8-1,4 TWh**. **Nei nuovi edifici costruiti da qui ai prossimi cinque anni**, questo tasso di penetrazione è superiore e pari al **30-45%**, per un risparmio annuo a regime di **0,05-0,08 TWh** elettrici ed un giro d'affari annuo di 110-160 mln €. La penetrazione attesa cambia decisamente nel caso degli **apparecchi per il "freddo"** (sia frigoriferi residenziali che sistemi per la refrigerazione commerciale), per cui è ve-

rosimile ritenere che la stragrande maggioranza dei nuovi edifici prevederà nei prossimi cinque anni l'adozione delle soluzioni più efficienti energeticamente, il che corrisponde a circa 0,14 TWh elettrici di risparmio annuo a regime, per un giro d'affari di quasi 200 mln € all'anno. **Per quanto concerne invece il caso degli edifici esistenti, ci si può attendere che nei prossimi cinque anni il 30-50% del potenziale teorico di risparmio si concretizzi**, il che corrisponde a circa 0,9-1,5 TWh elettrici all'anno, per un volume d'affari complessivo di 6,5-10,8 mld € sui cinque anni.

Dall'analisi dei dati presentati in questo paragrafo si comprende come siano verosimilmente le tecnologie della refrigerazione a sperimentare la maggiore diffusione nel breve-medio termine in Italia, data la loro relativa convenienza economica rispetto a quelle del lavaggio (SI VEDA IL PARAGRAFO 3.1.2). Nel complesso, ad ogni modo, **su questo orizzonte temporale non è ragionevole attendersi un contributo sostanziale degli elettrodomestici efficienti al raggiungimento di significativi risparmi energetici in Italia**, considerato tanto il

Figura 4.4

Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dagli elettrodomestici



potenziale teorico che li caratterizza quanto la loro penetrazione attesa.

4.3 Tecnologie efficienti per la produzione di energia termica

Per quanto riguarda la produzione di energia termica per il riscaldamento/raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria negli edifici, i consumi medi annui in Italia sono nell'ordine di 350-400 TWh termici complessivi. Una delle tecnologie efficienti che può contribuire a ridurre questo elevato livello di consumi termici è rappresentata dalle caldaie a condensazione (SI VEDA IL PARAGRAFO 3.1.3.1). Questa tecnologia è contraddistinta da un elevato potenziale di contribuire al risparmio energetico del nostro Paese. Si consideri che, **ipotizzando di utilizzare per il riscaldamento e la produzione di ACS unicamente caldaie a condensazione, si otterrebbe un risparmio annuo di 48,5 TWh termici negli edifici esistenti, generando un volume d'affari complessivo di oltre 45 mld €. A ciò bisogna aggiungere il potenziale derivante dall'utiliz-**

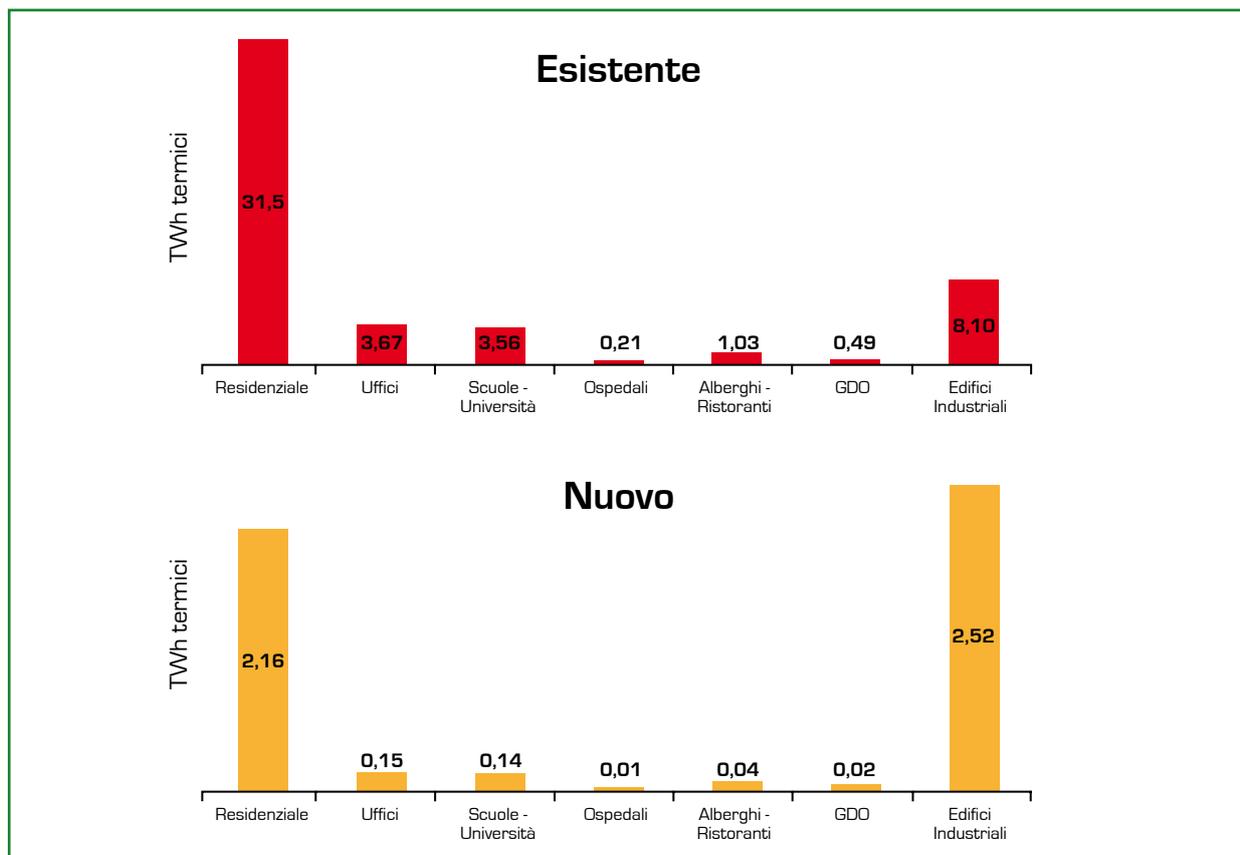
zo di caldaie a condensazione in tutti gli edifici di nuova costruzione nei prossimi cinque anni, quantificabile in circa 5 TWh termici all'anno a regime, per circa 0,9 mld € di giro d'affari annuo (si veda in proposito la FIGURA 4.5).

Come si nota dalla FIGURA 4.5, **i comparti residenziale e degli edifici industriali sono quelli in cui esiste un maggiore potenziale teorico di applicazione di queste tecnologie**, seguiti dal settore degli uffici e delle scuole o università.

Oltre all'elevato potenziale teorico (pari al 15% del consumo annuo in Italia di energia termica), **la tecnologia della caldaia a condensazione è destinata anche, a detta degli operatori, a far registrare una penetrazione significativa in Italia nei prossimi anni, nonostante la sua attuale diffusione non sia particolarmente elevata** (stimabile nell'ordine del 10-15% degli impianti per riscaldamento esistenti, pari a circa 2,5 mln di sistemi installati). Considerando l'evoluzione attesa degli obblighi e dei sistemi di incentivazione che verosimilmente saranno in vigore in futuro nel nostro Paese, oltre

Figura 4.5

Potenziale teorico di risparmio dalle caldaie a condensazione



ovviamente all'evoluzione della tecnologia e del suo costo, è possibile ritenere che **il potenziale teorico in edifici esistenti stimato in precedenza possa concretizzarsi per il 25-40% nei prossimi cinque anni** (si può prevedere una penetrazione maggiore nel comparto residenziale e delle scuole e minore negli edifici industriali). Questo nonostante l'elevata vita media di una caldaia per il riscaldamento e la produzione di ACS, il che ovviamente allunga, rispetto ad altre tecnologie quali gli elettrodomestici bianchi, il tempo medio di sostituzione delle soluzioni esistenti. Alla penetrazione in edifici esistenti appena stimata corrisponderebbe un risparmio annuo a regime di 12,1-19,4 TWh ed un volume d'affari complessivo stimabile in 11,3-18,1 mld €. **Per quanto riguarda invece i nuovi edifici**, complice anche la maggiore semplicità di integrazione **in edifici di nuova costruzione, la penetrazione delle caldaie a condensazione sarà verosimilmente molto maggiore rispetto a quanto visto per le costruzioni esistenti**, arrivando a pesare per oltre il 40-60% delle nuove installazioni entro i prossimi cinque anni. Questo porterebbe ad un risparmio annuo a regime di circa 2-3 TWh e ad un volume d'affari annuo di circa 0,4-0,5 mld €. Si veda

a questo proposito la FIGURA 4.6.

Per quanto riguarda invece **le pompe di calore**, esse **risultano particolarmente promettenti per il risparmio complessivo che esse permetterebbero teoricamente di realizzare** in Italia, in condizioni di penetrazione massima nel parco di edifici esistenti e nelle nuove installazioni. Se si ipotizzasse infatti di installare pompe di calore in tutti gli edifici esistenti che ancora non ne sono dotati, **il potenziale teorico di risparmio energetico annuo sarebbe enorme, come sempre sbilanciato verso il comparto residenziale. Stiamo parlando di 111,6 TWh termici complessivi di risparmio annuo**, su un consumo totale di energia in Italia per applicazioni di riscaldamento/raffrescamento e di ACS di circa 350-400 TWh termici complessivi. Il volume d'affari totale corrispondente sarebbe di circa 120 mld €. **A ciò si aggiungerebbe anche un potenziale teorico a regime derivante dall'installazione in nuovi edifici pari a 11 TWh termici all'anno** e ad un volume d'affari fino a 2,6 mld € annuo (SI VEDA LA FIGURA 4.7).

Si tratta di un **potenziale teorico di risparmio**

Figura 4.6

Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dalle caldaie a condensazione

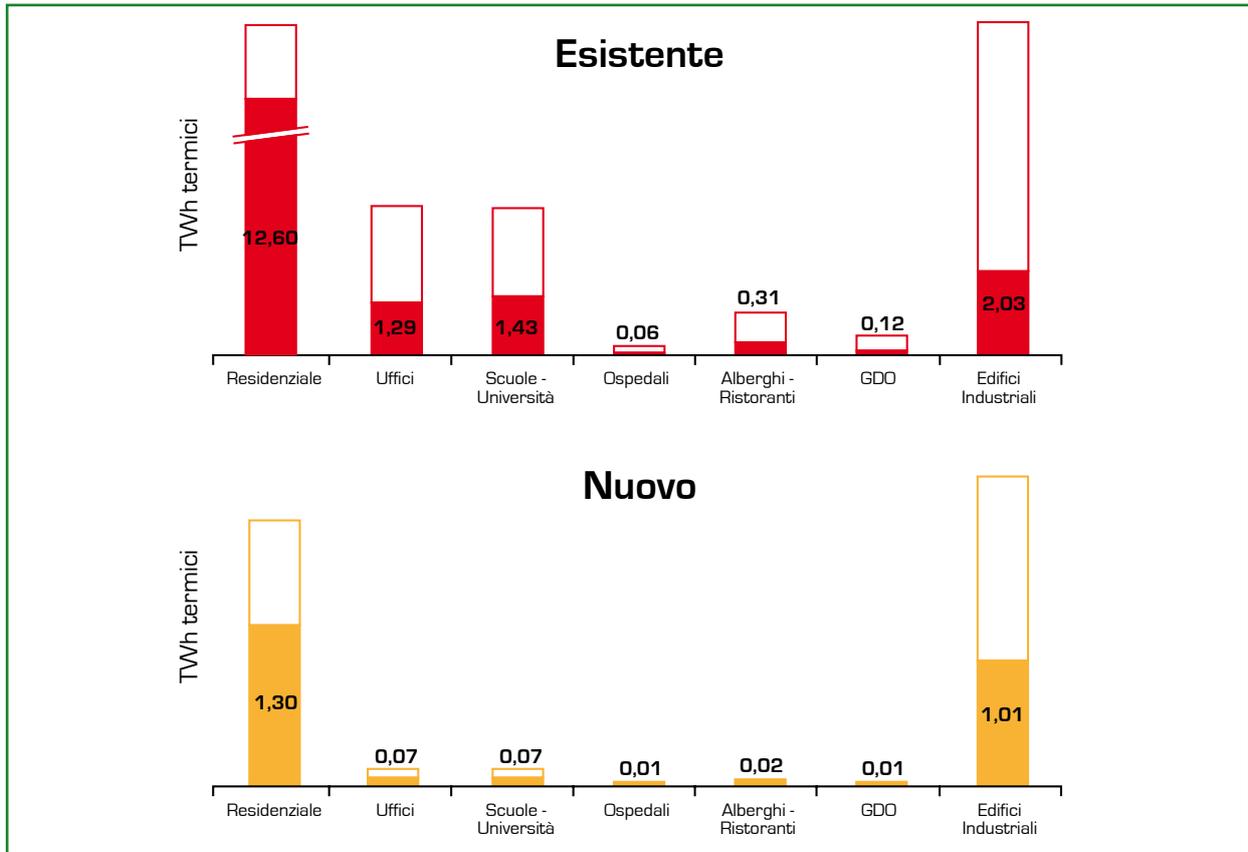
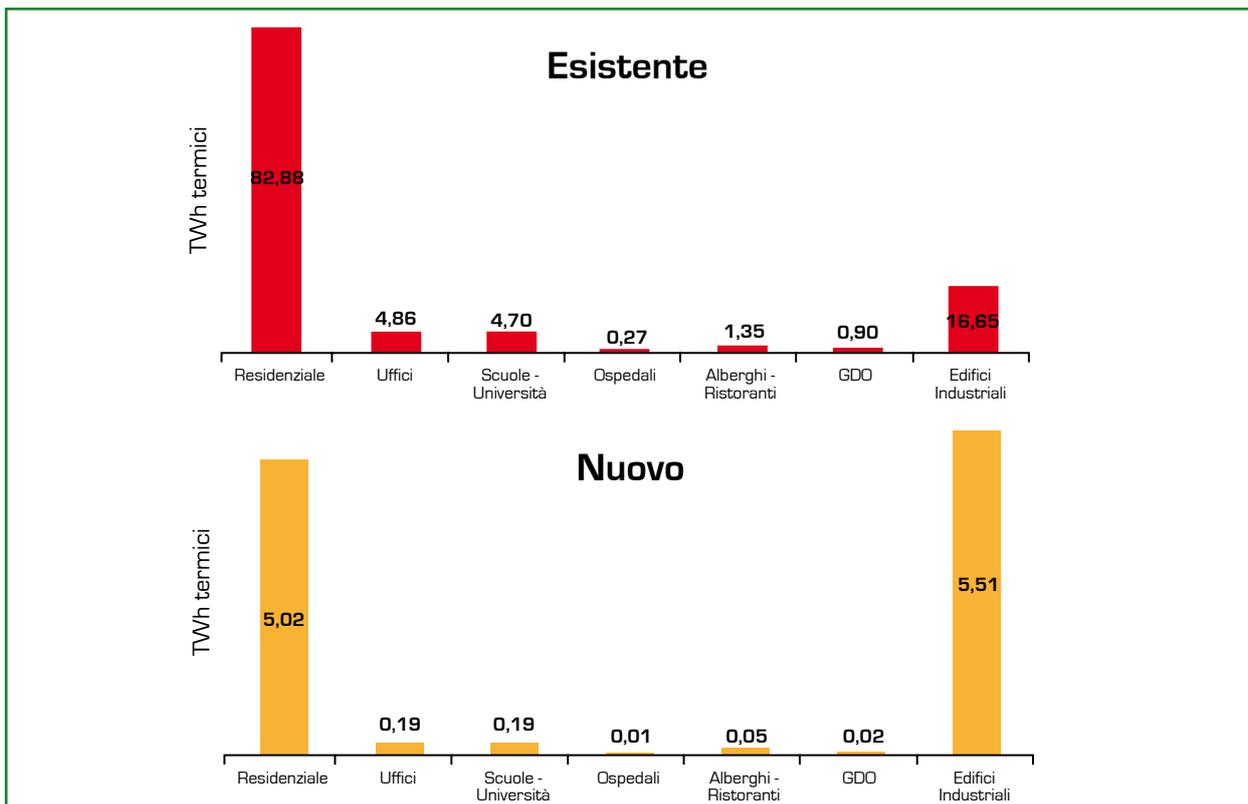


Figura 4.7

Potenziale teorico di risparmio dalle pompe di calore



energetico davvero notevole, pari a più di due volte il potenziale conseguibile con le più tradizionali caldaie a condensazione. Dopo il comparto residenziale, che per i volumi in gioco rappresenta anche per la tecnologia della pompa di calore lo spazio più promettente di risparmio energetico potenziale, è **interessante rilevare il peso degli edifici per usi industriali**, che costituiscono un campo di applicazione potenziale di particolare interesse, come nel caso delle caldaie a condensazione.

Per quanto riguarda tuttavia la probabilità con cui questo potenziale si potrà realizzare, le opinioni degli esperti intervistati, lette anche alla luce dell'applicabilità (tenendo conto della necessità più o meno accentuata di accoppiare la pompa di calore a terminali radianti a bassa temperatura, al fine di ottenere l'efficienza massima), della convenienza economica di queste tecnologie (SI VEDA IL PARAGRAFO 3.1.3.2) e del regime normativo che le interessa, ci portano a stimare una **penetrazione delle pompe di calore pari a circa il 20-30% del potenziale teorico per edifici esistenti nei prossimi cinque anni, il che corrisponde ad un risparmio annuo di 22,3-33,5 TWh termici** ed un giro d'affari totale di circa 24-36 mld €. **Considerando il comparto dei nuovi edifici, invece, circa il 30-40% del potenziale teorico potrebbe concretizzarsi nei prossimi cinque anni**, per un risparmio annuo a regime di 3,3-4,4 TWh termici ed un giro d'affari medio annuo di circa 0,8-1,1 mld € (si veda a questo proposito la FIGURA 4.8).

In generale, quindi, le tecnologie delle pompe di calore raggiungeranno verosimilmente un grado di penetrazione tale da assicurare un risparmio consistente di energia termica, calcolabile in circa il 175% del risparmio ottenibile attraverso la tecnologia più tradizionale delle caldaie a condensazione. Va detto che, **tra le pompe di calore a compressione elettriche e ad assorbimento a gas, le prime confermeranno probabilmente, almeno a detta degli operatori, una diffusione maggiore rispetto alle seconde**, soprattutto in ambito residenziale, a causa della maggiore facilità di applicazione delle più diffuse pompe di calore a sorgente "aria". Tuttavia la crescita percentuale rispetto all'installato attuale delle pompe di calore ad assorbimento sarà notevole, specialmente a causa della limitata base installata odierina, con circa 15.000 impianti, a fronte dei quasi 400.000 delle pompe di calore a compressione elettriche. Si stima in media per le pompe di ca-

lore ad assorbimento a gas un peso del 20% sul totale delle installazioni di pompe di calore nei prossimi cinque anni.

4.4 Sistemi di Building Automation

In modo analogo a quanto visto per le pompe di calore, anche le tecnologie di *building automation* rappresentano soluzioni che potenzialmente potrebbero consentire un elevato risparmio teorico di energia in caso di una loro capillare diffusione. **Se si applicassero dei sistemi di *building automation* avanzati** (ossia quelli che nel PARAGRAFO 3.1.4 abbiamo definito in classe A) **in tutti gli edifici esistenti ancora non dotati di queste tecnologie, si otterrebbero dei risparmi nell'ordine di 13 TWh di energia elettrica e 93 TWh di energia termica in ambito residenziale all'anno**, con un volume d'affari corrispondente di quasi 12 mld €. **A questo bisogna sommare un risparmio di 6,8 TWh di energia elettrica e 13,1 TWh di energia termica in campo non residenziale**, con un giro d'affari di circa 9,5 mld €. A questo va poi aggiunto il **potenziale di risparmio annuo legato agli edifici di nuova realizzazione nei prossimi cinque anni**, sia in campo residenziale che non, stimabile a regime nell'ordine degli **0,8 TWh elettrici e 4,3 TWh termici all'anno**, per un volume d'affari annuo di circa 0,2 mld €. Si vedano a questo proposito le FIGURE 4.9 e 4.10.

Dall'analisi delle FIGURE 4.9 e 4.10 si nota come, ancora una volta, il comparto residenziale è quello, dati i volumi in gioco, in cui si manifesta il maggiore potenziale per le tecnologie della *building automation*.

Bisogna tuttavia notare che, in misura anche maggiore rispetto a quanto visto per altre soluzioni quali le pompe di calore, **la realizzabilità di questo potenziale teorico è decisamente limitata**. Questo specialmente negli edifici esistenti, dove esercita un impatto negativo importante, come evidenziato d'altronde nell'analisi economica descritta nel PARAGRAFO 3.1.4, l'invasività dell'intervento di installazione. **Sulla base delle opinioni degli intervistati, nei prossimi cinque anni solo una quota molto limitata del potenziale teorico su edifici esistenti (stimabile nell'ordine del 3 - 7%) si concretizzerà**, il che corrisponde ad un risparmio annuo di 0,6-1,4 TWh elettrici e 3,2-7,4 TWh termici e ad un volume d'affari complessivo stimabile in 0,7-1,5 mld €. Questa situazione potrebbe cambiare nel caso di

Figura 4.8

Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dalle pompe di calore

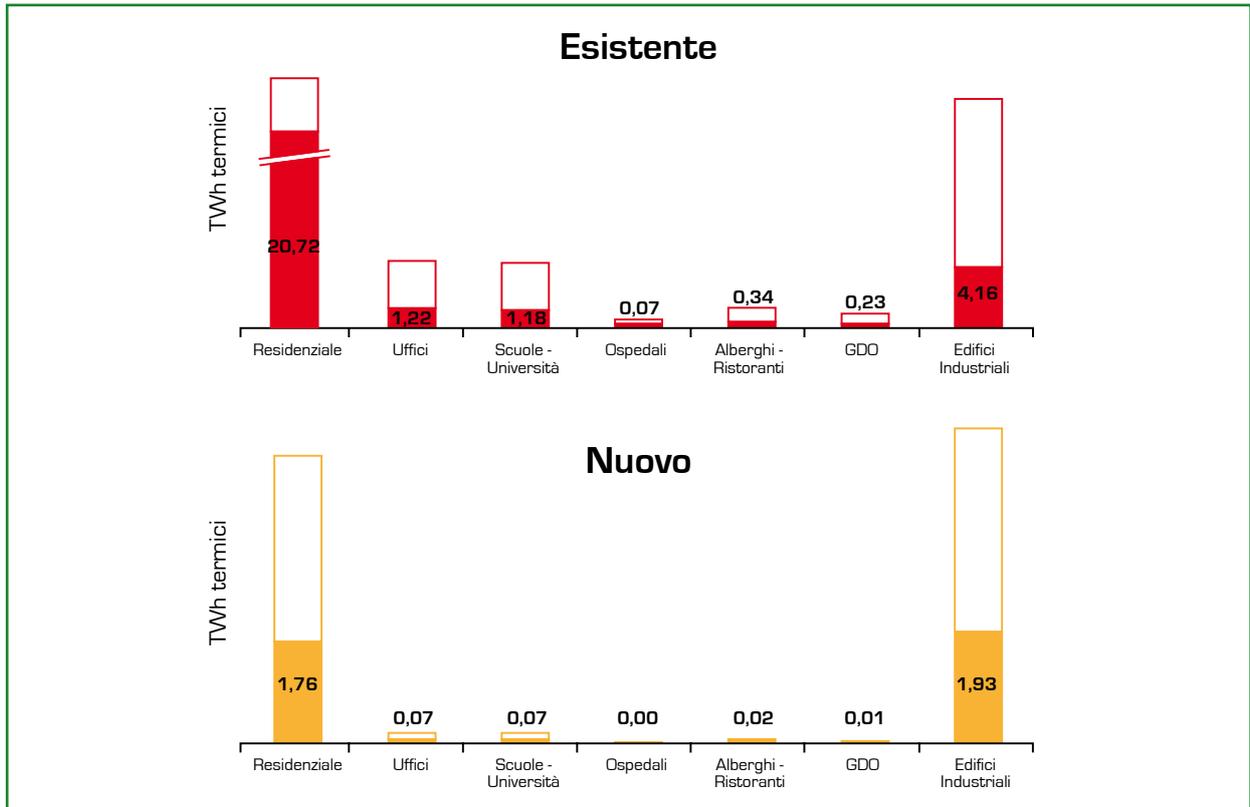


Figura 4.9

Potenziale teorico di risparmio dai sistemi di *Building Automation* (parte elettrica)

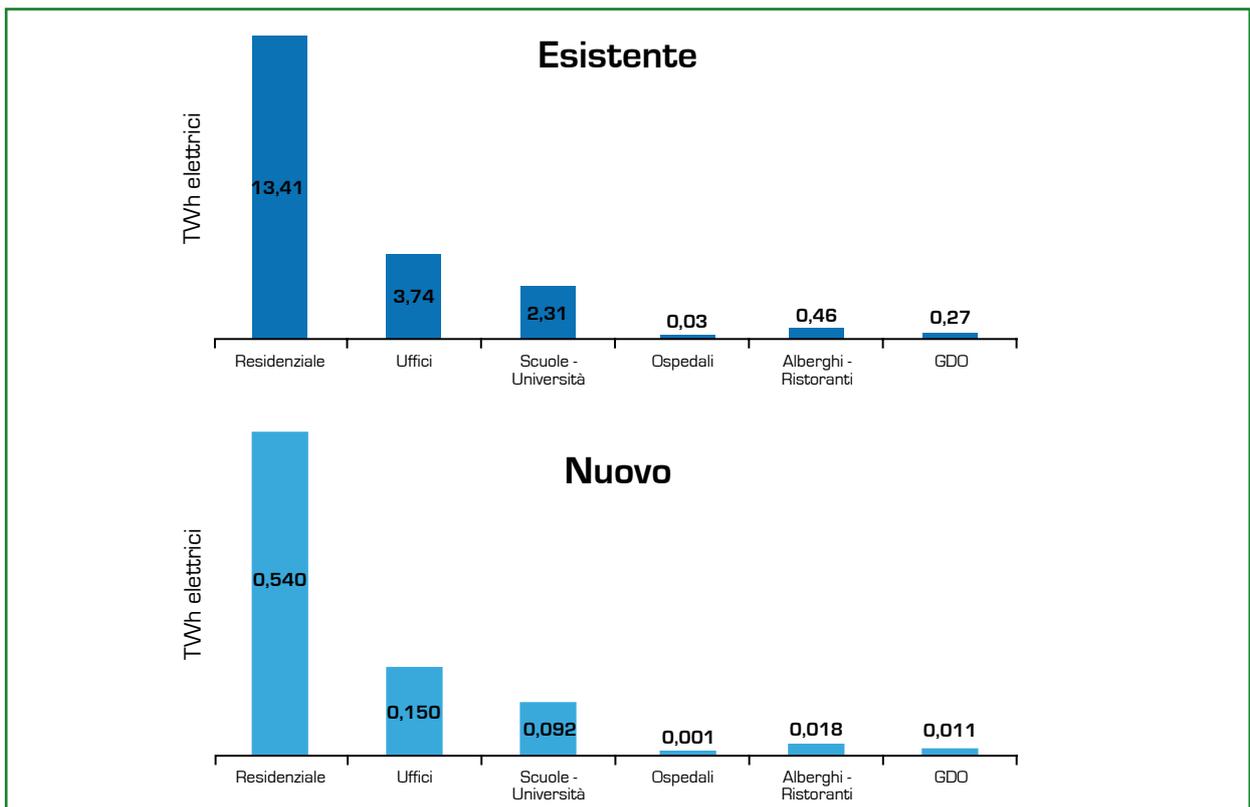
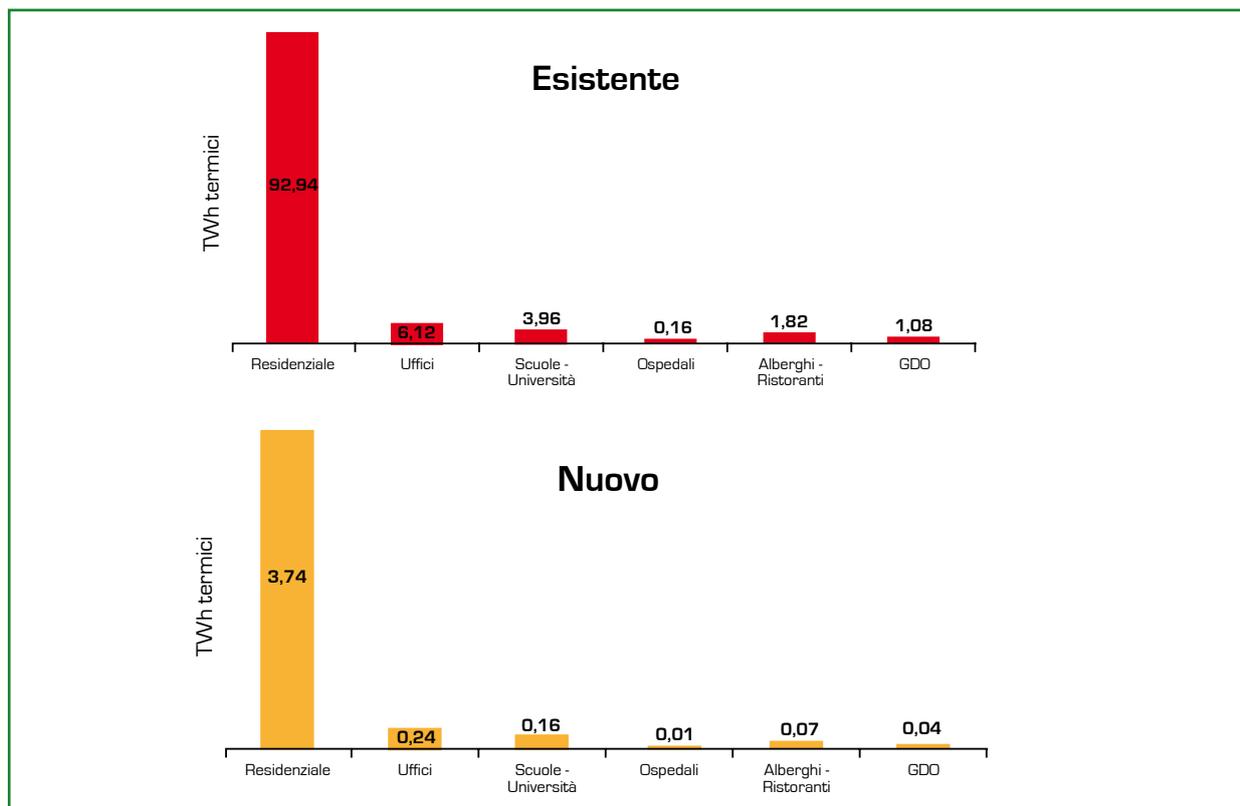


Figura 4.10

Potenziale teorico di risparmio dai sistemi di *Building Automation* (parte termica)

diffusione di tecnologie *wireless* a supporto delle applicazioni di *building automation*, il che tuttavia non sembra possa accadere nel breve periodo, perlomeno su larga scala. **Diverso è invece il caso degli edifici di nuova costruzione, per i quali le nostre analisi ci portano a stimare una penetrazione delle soluzioni di *building automation* che raggiungerà il 10 – 20% nei prossimi cinque anni**, con un risparmio di energia elettrica compreso tra 0,1 e 0,2 TWh e di energia termica compreso tra 0,5 e 1 TWh all'anno a regime, ed un volume d'affari annuo di circa 20-40 mln € (SI VEDANO LE FIGURE 4.11 e 4.12).

4.5 Chiusure vetrate

Passando alle soluzioni per la realizzazione della struttura dell'edificio, le chiusure vetrate altamente efficienti (ossia in grado di garantire una trasmittanza termica pari a $2 \text{ W/m}^2\text{K}$, di cui si è discusso nel PARAGRAFO 3.2.2), sono utilizzate oggi in una percentuale decisamente marginale degli edifici esistenti (6-8% dello *stock* edilizio). Se si ipotizzasse in linea teorica di dotare di queste tecnologie (con trasmittanza termica pari a circa $2 \text{ W/m}^2\text{K}$) tutti gli edifici che ad oggi ne sono privi, **si otterrebbe un risparmio potenziale di 22,7 TWh termici all'an-**

no, per un volume d'affari totale di circa 170 mld €, cui si aggiunge 1 TWh termico di risparmio annuo, corrispondente a circa 1,5 mld € di volume d'affari annuo, per gli edifici di nuova costruzione nei prossimi cinque anni (SI VEDA LA FIGURA 4.13).

Ancora una volta, è il mercato residenziale a rappresentare lo spazio di maggiore opportunità per l'applicazione delle chiusure vetrate energeticamente efficienti, seguito questa volta dagli edifici scolastici, che costituiscono un ambito di applicazione della tecnologia particolarmente *cost-effective* (utilizzando il meccanismo di agevolazione della detrazione IRPEF del 55%).

Bisogna notare come, in modo analogo a quanto visto per gli elettrodomestici, il rapporto tra risparmio di energia ottenibile e volume d'affari corrispondente è particolarmente basso, il che indica **come siano necessari ingenti investimenti privati (eventualmente incentivati dal sistema pubblico) per ottenere dei benefici tangibili per il sistema Paese attraverso queste tecnologie.**

Per quanto riguarda il probabile grado di diffusione delle chiusure vetrate efficienti, **la loro pene-**

Figura 4.11

Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dai sistemi di *Building Automation* (parte elettrica)

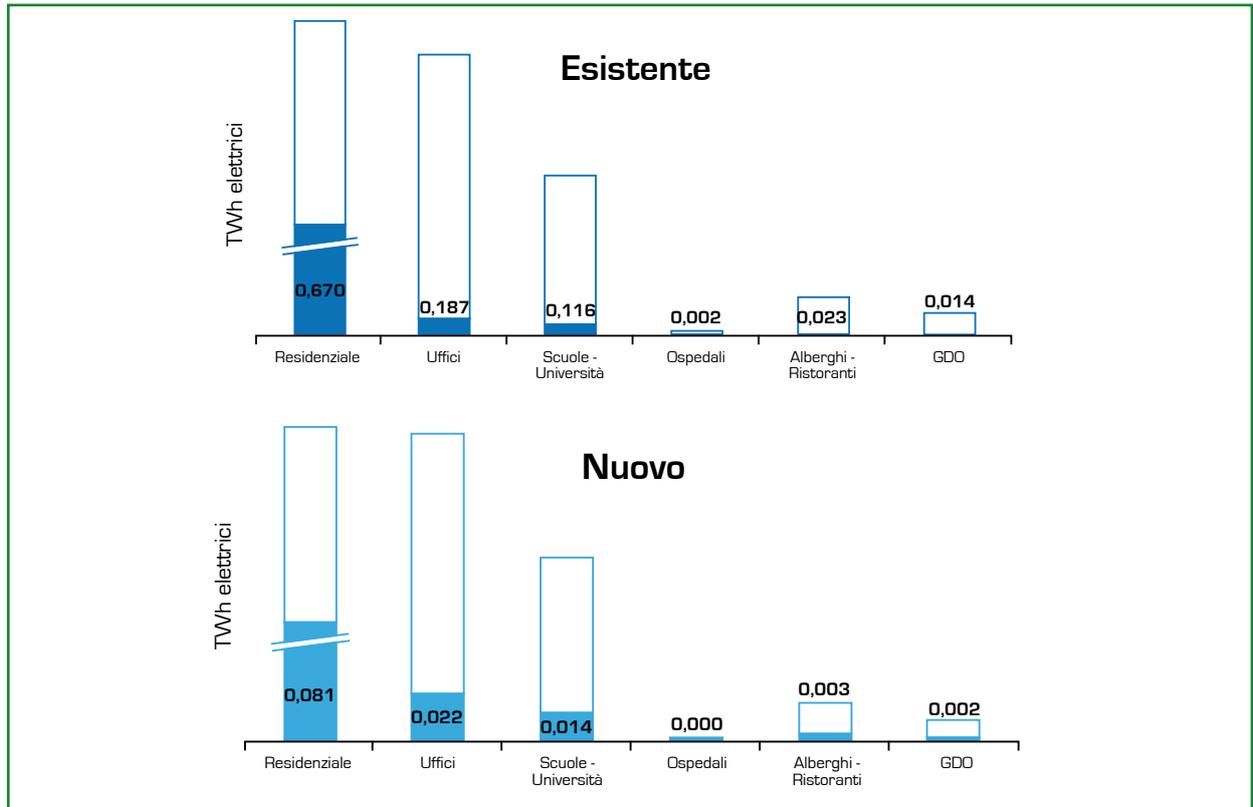


Figura 4.12

Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dai sistemi di *Building Automation* (parte termica)

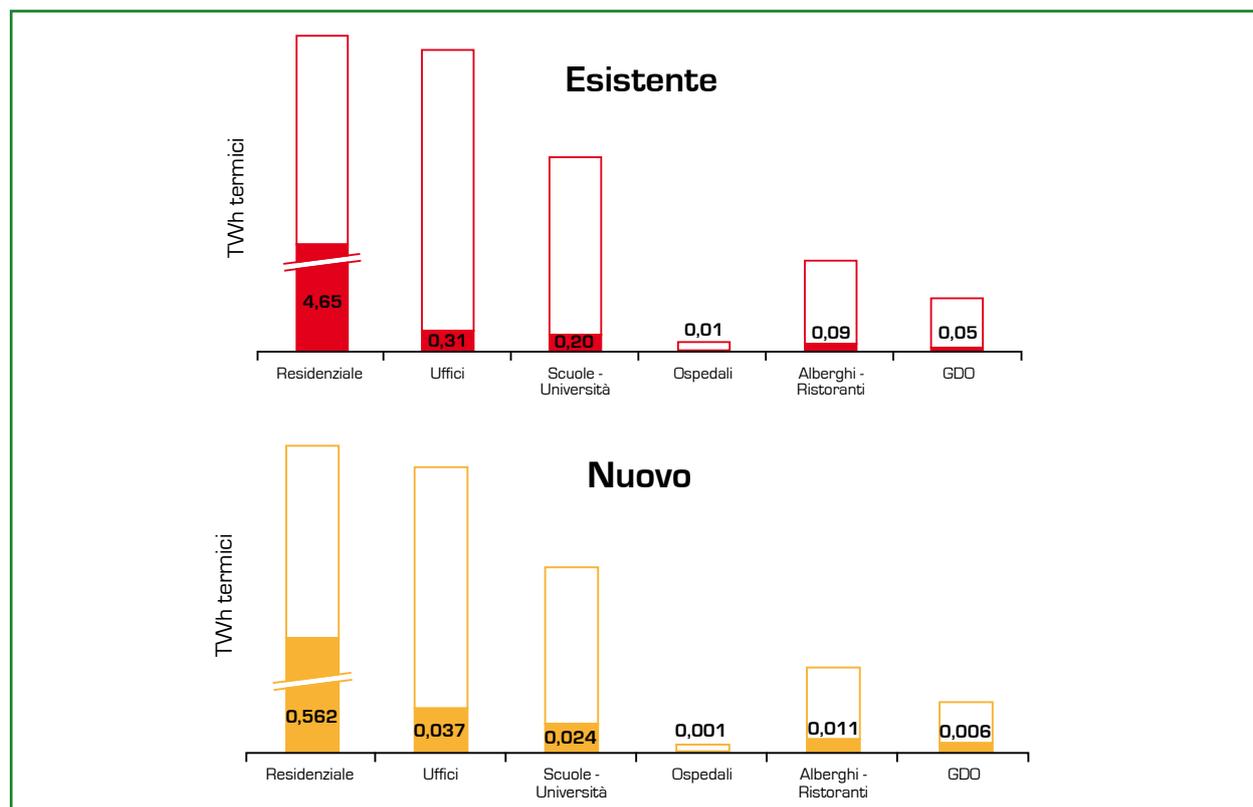
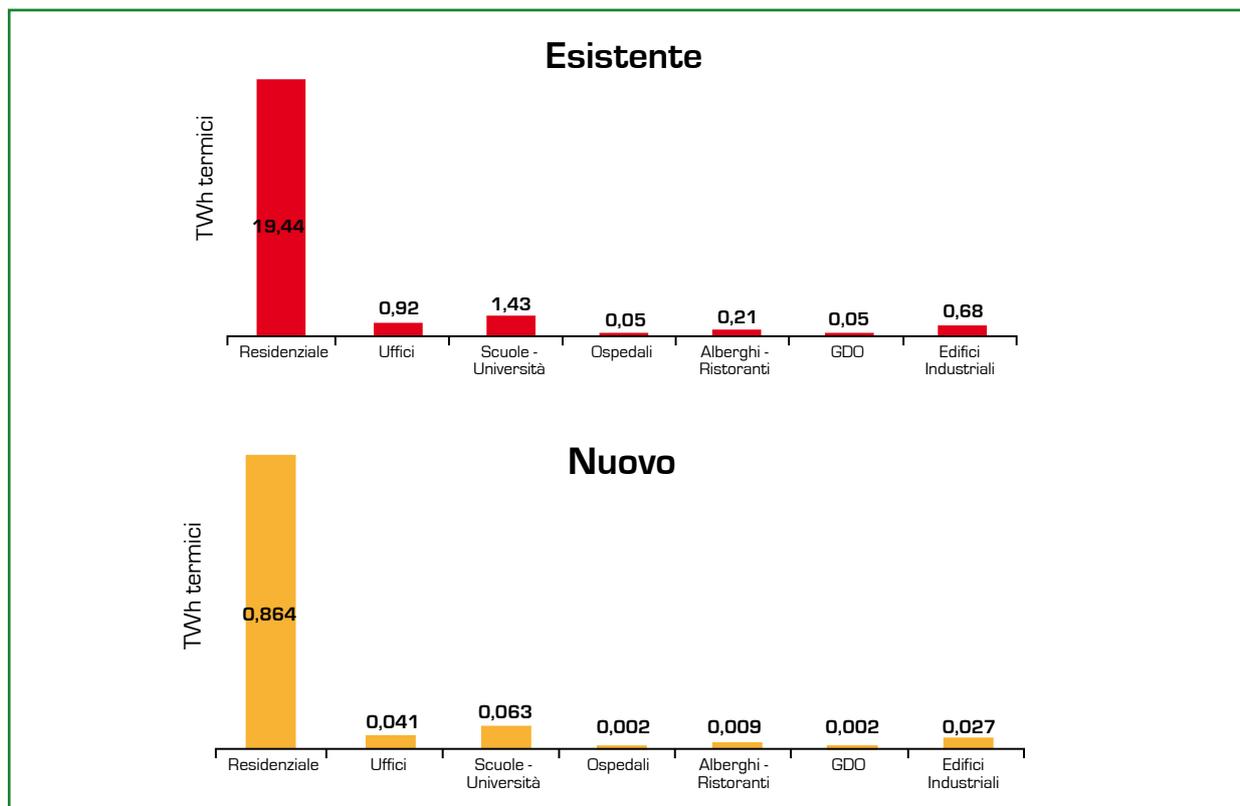


Figura 4.13

Potenziale teorico di risparmio dalle chiusure vetrate



trazione effettiva sarà decisamente influenzata dalla presenza o meno di un meccanismo di incentivazione analogo alla detrazione IRPEF del 55% delle spese sostenute, che ha avuto un ruolo fondamentale nel promuovere queste tecnologie sul mercato italiano. Sugli edifici esistenti si può ipotizzare che la presenza dell'incentivazione continui – come accade tutt'oggi – a premiare maggiormente gli edifici residenziali, con un tasso di penetrazione in questo ambito del 35%, che scende drasticamente al 10% in assenza di incentivazione, pari quindi ad un intervallo di risparmio annuo di 2-7 TWh termici, per un volume d'affari annuo complessivo di 15-50 mld €. Sugli edifici esistenti non residenziali, la presenza della detrazione sposta il tasso di penetrazione atteso dal 5% (assenza di incentivazione) al 20% (presenza di incentivazione) per un volume d'affari complessivo di 0,9-3,7 mld € ed un risparmio annuo di 0,1-0,6 TWh. Passando al caso delle nuove realizzazioni, le percentuali di penetrazione variano dal 30% (assenza di incentivazioni) al 50% nei nuovi edifici residenziali costruiti nei prossimi cinque anni – per un risparmio annuo a regime di 0,26-0,43 TWh termici, ed un volume d'affari annuo medio di 0,4-0,7 mld € - e, in caso

di edifici non residenziali, dal 15% al 30%, pari a 20-40 GWh termici di risparmio annuo a regime e 25-50 mln € di volume d'affari annuo (SI VEDA FIGURA 4.14).

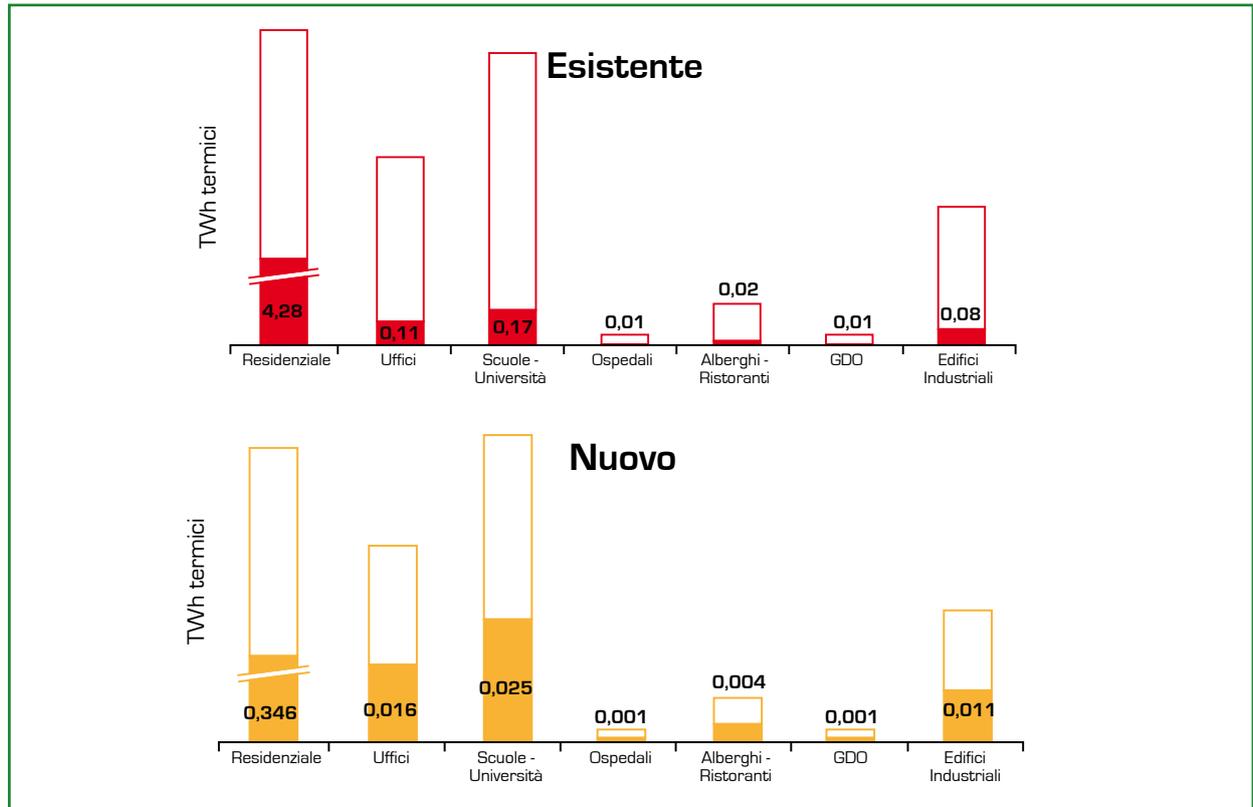
4.6 Superfici opache

Per quanto riguarda le strutture opache, è interessante valutare innanzitutto il potenziale teorico di risparmio ottenibile attraverso l'adozione di materiali isolanti sulle pareti degli edifici. Se si ipotizzasse di isolare queste superfici ad un livello di trasmittanza termica di $0,3 \text{ W/m}^2\text{k}$, applicando opportuni materiali agli edifici che ad oggi non raggiungono queste performance energetiche, è possibile conseguire un risparmio annuo quantificabile in circa 32,4 TWh termici in ambito residenziale, per un giro d'affari stimato di circa 67,5 mld €, ed in circa 3,1 TWh termici in ambito non residenziale, per un volume d'affari totale di circa 5,4 mld € (SI VEDA LA FIGURA 4.15).

L'applicazione di materiali isolanti su coperture e suolo si contraddistingue per un potenziale teorico ancora maggiore, che si può stimare in un risparmio annuo di circa 66,1 TWh termici sugli

Figura 4.14

Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dalle chiusure vetrate



edifici residenziali, per un volume d'affari totale di circa 108 mld €, e di 2,2 TWh termici all'anno per gli edifici non residenziali, cui corrisponde un volume d'affari di quasi 8,5 mld € (SI VEDA LA

FIGURA 4.16).

Complessivamente, quindi, attraverso l'isolamento si potrebbe ottenere potenzialmente un risparmio

Figura 4.15

Potenziale teorico di risparmio dall'isolamento delle pareti

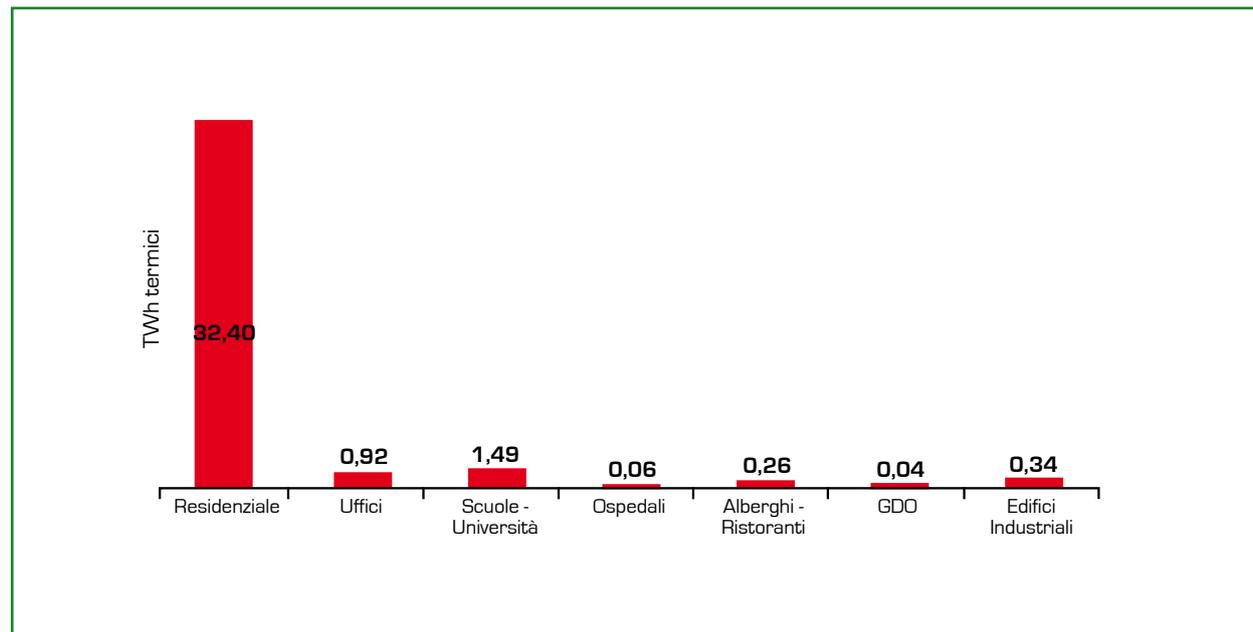
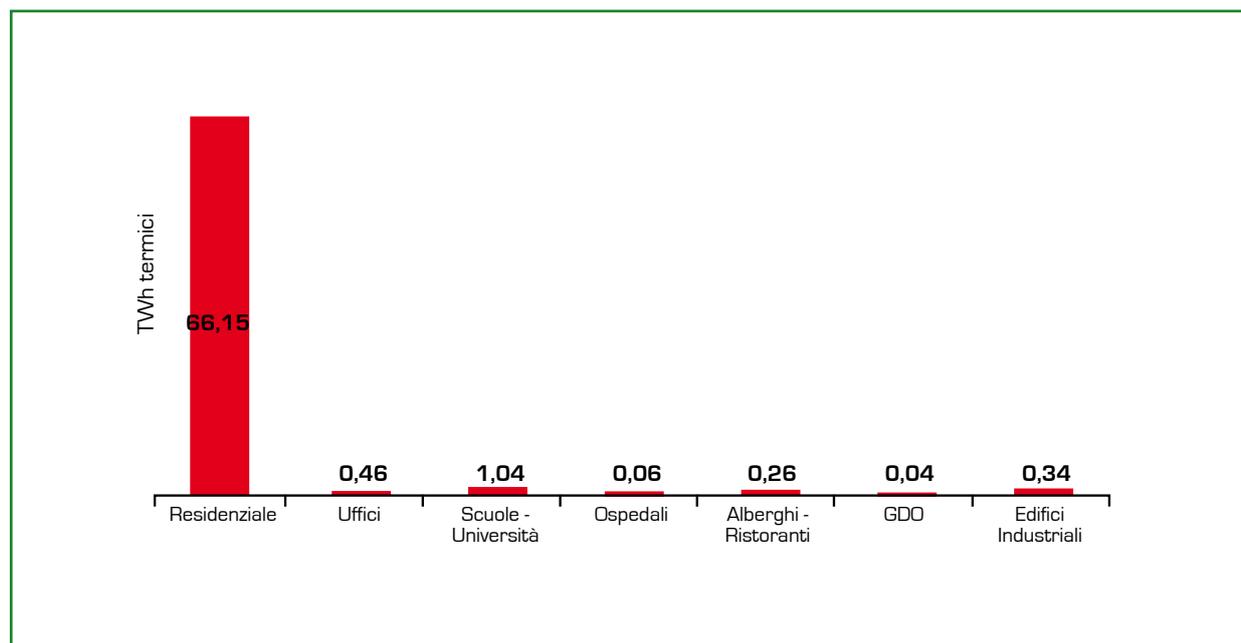


Figura 4.16

Potenziale teorico di risparmio dall'isolamento delle coperture/suolo



teorico annuo di oltre 100 TWh termici, un valore enorme se confrontato con il consumo annuo di energia termica in Italia (pari a circa 350-400 TWh). In questo caso, in modo ancora più evidente rispetto alle altre soluzioni di efficienza energetica, è il campo residenziale ad offrire le maggiori opportunità teoriche di diffusione delle tecnologie di isolamento.

Considerando la convenienza economica dell'adozione di queste tecnologie (SI VEDA IL PARAGRAFO 3.2.3), è interessante rilevare innanzitutto come esse siano particolarmente *cost-effective* proprio in quegli ambiti di applicazione in cui il potenziale teorico di risparmio energetico è maggiore. Va detto che la penetrazione che l'isolamento in pareti e coperture/suolo farà verosimilmente registrare in Italia sarà decisamente influenzata dal prolungamento o meno della detrazione IRPEF del 55%, o comunque dall'esistenza di un meccanismo di analoga efficacia. **Si può stimare che un tasso di penetrazione ragionevolmente realizzabile nel comparto dell'isolamento delle superfici opache sia compreso tra il 10% (non residenziale) - 15% (residenziale), fino ad arrivare al 30% (non residenziale) - 40% (residenziale)**, per un risparmio annuo a regime pari per le pareti a 5,1-13,8 TWh termici (volume d'affari complessivo di 10-28 mld €) (SI VEDA FIGURA 4.17); per le coperture/suolo il risparmio realizzabile sarebbe pari a 10-27 TWh termici, con un giro d'affari complessivo di 16,6-44 mld € (SI VEDA FIGURA 4.18).

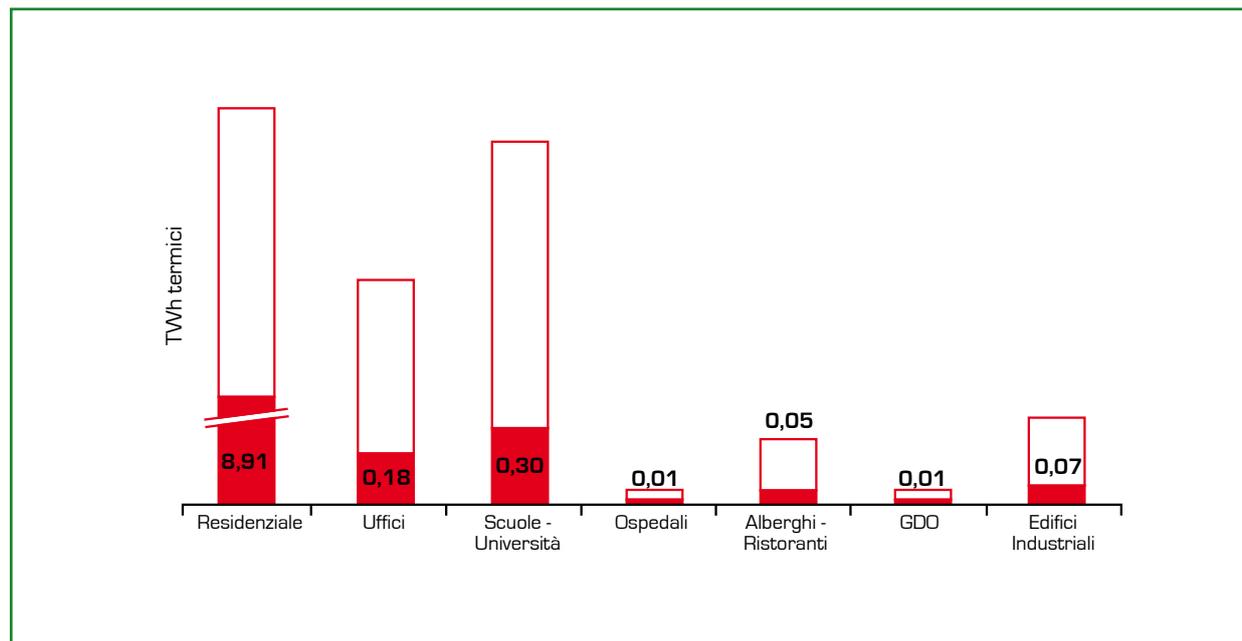
4.7 Tecnologie per la produzione elettrica da rinnovabili

Passando alle tecnologie per l'autoproduzione di energia elettrica, il **fotovoltaico**, come facilmente immaginabile, **ha un enorme potenziale teorico in Italia**. Se si installassero impianti su tutte le superfici coperte degli edifici esistenti in Italia e che ancora non sono dotati di sistemi fotovoltaici, **arriveremmo ad installare circa 58,5 GW di potenza nominale, per una produzione annua di circa 67 TWh elettrici ed un volume d'affari complessivo di circa 200 mld €**. A ciò si aggiungerebbe una **produzione annua a regime di quasi 5 TWh elettrici derivante dal potenziale teorico di installazione in nuovi edifici nei prossimi cinque anni**, con un volume d'affari corrispondente di 3,5 mld € all'anno e installazioni per 4,3 GW all'anno (SI VEDA LA FIGURA 4.19).

I comparti del residenziale e degli edifici industriali hanno un ruolo di primo piano come ambiti di applicazione di questa tecnologia, che ha un potenziale enorme, stimabile nel 22-23% dell'attuale fabbisogno elettrico annuo del nostro Paese. Va tuttavia detto che **la realizzabilità nei fatti di questo potenziale teorico è estremamente difficile da valutare**, considerato in particolare la forte dipendenza che le installazioni fotovoltaiche sperimenteranno ancora nei prossimi anni dall'esistenza di un sistema di tariffe

Figura 4.17

Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dall'isolamento delle pareti

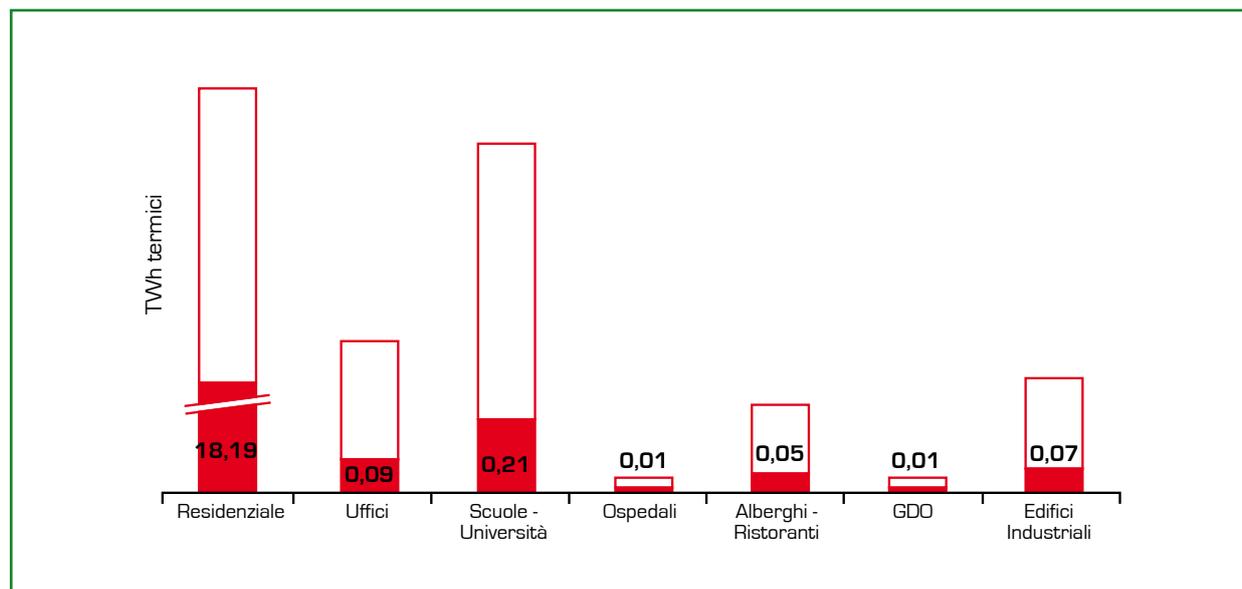


incentivanti, che non è chiaro fino a quando saranno disponibili nel nostro Paese. **Ci sono inoltre degli ovvi problemi legati all'integrabilità di un elevato quantitativo di potenza da fonti rinnovabili nella rete di trasmissione elettrica** esistente in Italia, che verosimilmente non sarà in grado di reggere, anche considerando gli interventi di ammodernamento in

progetto, una crescita di potenza elettrica installata pari a quella corrispondente al potenziale teorico presentato in precedenza¹. Va anche detto che, per alcune applicazioni ed in alcune aree del Paese, gli operatori ritengono che non sia particolarmente distante il raggiungimento della *grid parity*², ossia il punto in cui sarà conveniente produrre energia da fonte foto-

Figura 4.18

Potenziale di risparmio atteso nei prossimi cinque anni dall'isolamento delle coperture/suolo

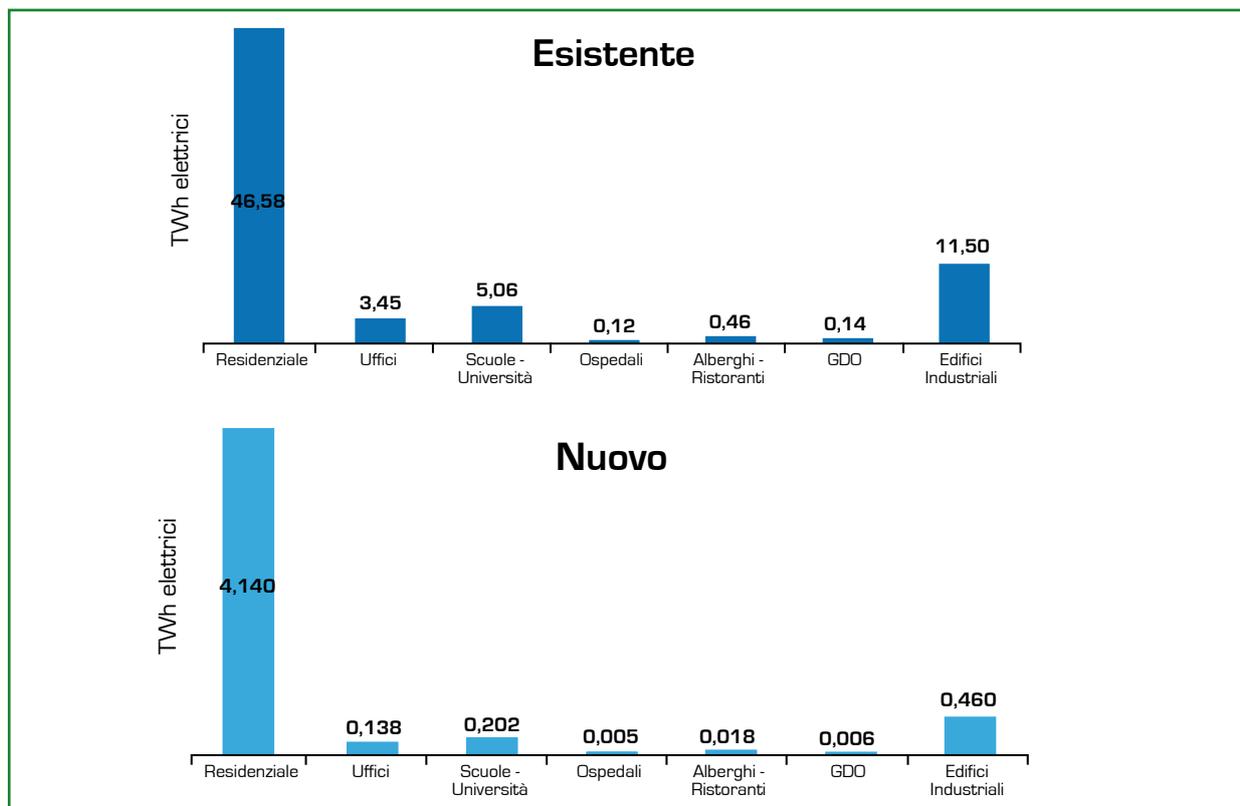


¹ Cfr. Solar Energy Report ed. Aprile 2011.

² Cfr. Solar Energy Report ed. Aprile 2011.

Figura 4.19

Potenziale teorico di produzione del fotovoltaico sugli edifici



voltaica invece di acquistarla dalla rete: negli edifici ciò è vero in particolare per le installazioni industriali, che sperimenteranno una penetrazione percentuale maggiore del potenziale rispetto agli altri comparti. Inoltre, i vincoli relativi all'integrazione di energia elettrica da rinnovabili negli edifici (SI VEDA IL PARAGRAFO 2.2), potranno in qualche misura rappresentare uno stimolo alle installazioni nel medio termine, soprattutto negli edifici residenziali. Considerati questi elementi e le opinioni degli esperti intervistati, è possibile stimare una penetrazione **negli edifici esistenti compresa tra il 5 ed il 15% del potenziale teorico nei prossimi cinque anni**, il che corrisponde ad una produzione annua di energia elettrica compresa tra 3,4 e 10 TWh elettrici, ed un volume d'affari totale di 10-30 mld €. **Per quanto riguarda gli edifici nuovi, la penetrazione è decisamente maggiore, stimabile in circa il 20-35%**, cui corrisponde una produzione annua a regime di 1-1,7 TWh elettrici, per un volume d'affari annuo di 0,7-1,2 mld € (SI VEDA LA FIGURA 4.20).

Per quanto riguarda la **tecnologia eolica**, che oggi ha una penetrazione negli edifici esistenti presso-

ché nulla, il potenziale teorico di diffusione è stato calcolato ipotizzando di installare un impianto (in ogni caso di taglia inferiore o uguale a 200 kW elettrici; per le taglie considerate si veda il PARAGRAFO 3.3.1) per ogni edificio presente in quelle aree del Paese in cui la velocità media del vento è almeno pari alla velocità di *cut-in*³, che si assume essere in media 4 m/s.

Così facendo si otterrebbe un **potenziale teorico di produzione annua pari a circa 29,5 TWh elettrici (con un volume d'affari totale di circa 110 mld €) negli edifici esistenti di tipo residenziale, e quasi 0,3 TWh elettrici (pari a un giro d'affari totale di circa 0,8 mld €) negli edifici non residenziali. A ciò si aggiungerebbe una produzione annua a regime di quasi 2,3 TWh elettrici derivante dal potenziale teorico di installazione in nuovi edifici nei prossimi cinque anni**, con un volume d'affari corrispondente di 1,7 mld € all'anno (SI VEDA LA FIGURA 4.21).

Tuttavia, il potenziale di produzione su impianti di tali taglie viene stimato dagli operatori del settore in circa 0,9-2,3 TWh elettrici, generando

³ La velocità di *cut-in* rappresenta la soglia minima necessaria per attivare la produzione di elettricità in un'impianto eolico.

Figura 4.20

Potenziale di produzione atteso nei prossimi cinque anni del fotovoltaico sugli edifici

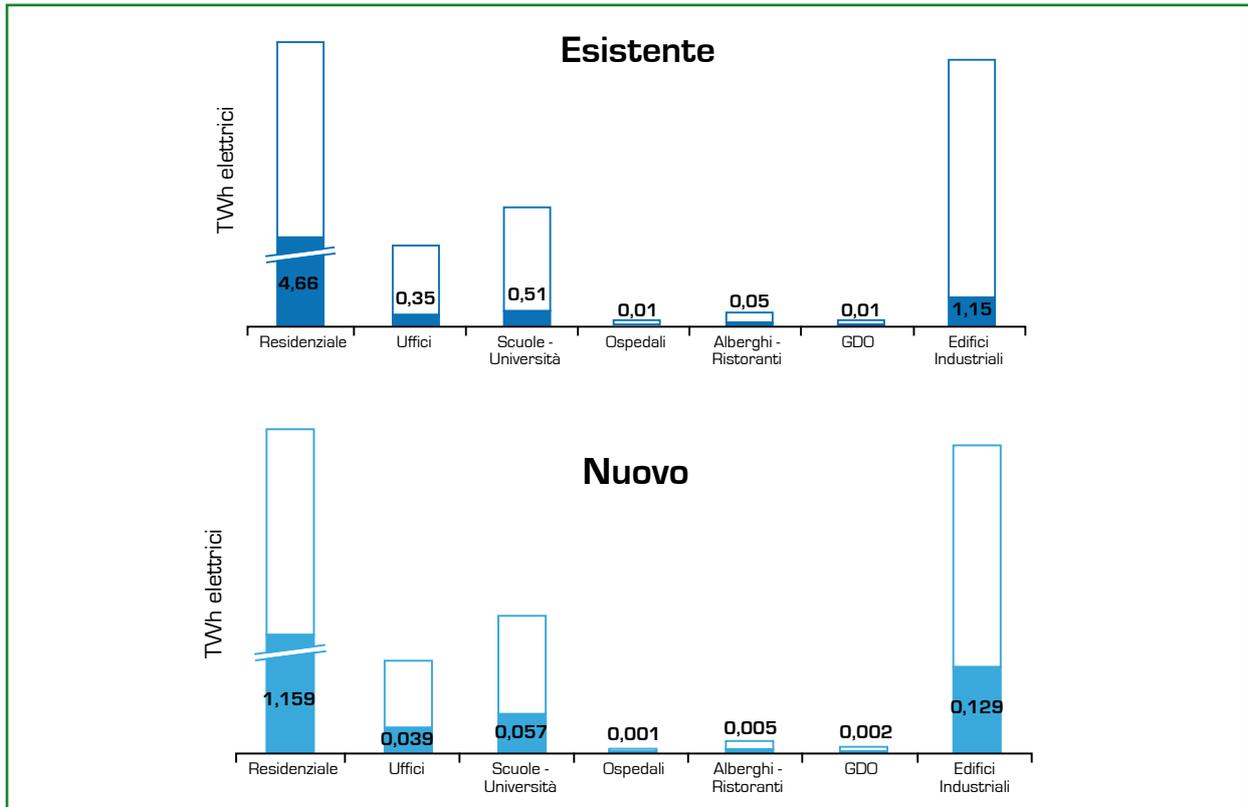
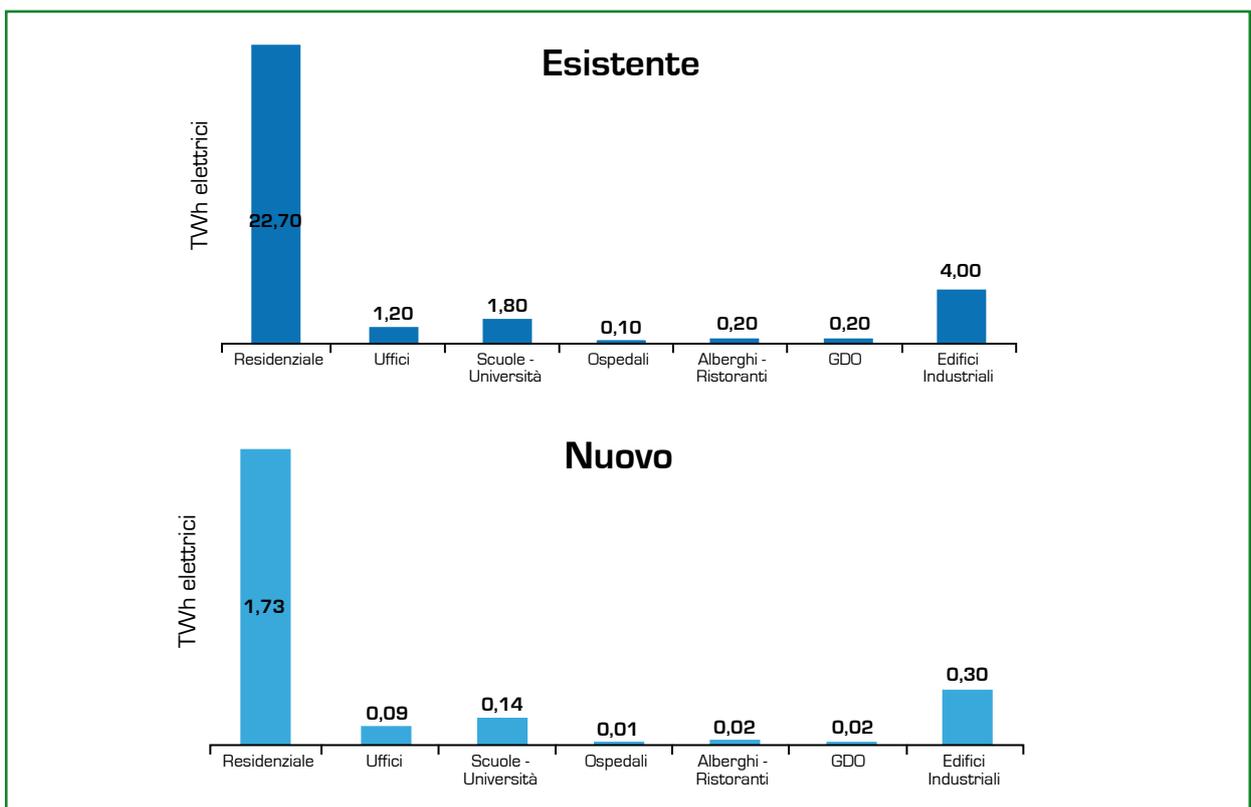


Figura 4.21

Potenziale teorico di produzione dell'eolico sugli edifici



un volume d'affari di circa 3,5-9 mld € sugli edifici esistenti. Ciò è pari ad **un tasso di penetrazione di circa il 3-8%, mentre sui nuovi edifici tale valore è leggermente maggiore: 10-15%** pari a circa 0,23-0,35 TWh annui di produzione a regime ed un giro d'affari di 0,2-0,3 mld all'anno (SI VEDA FIGURA 4.22).

4.8 Tecnologie per la produzione termica da rinnovabili

Per quanto riguarda la tecnologia del **solare termico**, che copre oggi una quota esigua di generazione di calore negli edifici (circa l'8% della produzione di ACS), il potenziale teorico è stato calcolato - alla luce di quanto emerso nel PARAGRAFO 3.3.2 - sotto l'ipotesi di installazione su tutti gli edifici, esistenti e nuovi, di tali sistemi al fine di produzione di ACS. L'analisi porta a stimare un **potenziale teorico di circa 50,2 TWh di produzione termica annua negli edifici esistenti**, per un volume d'affari totale di circa 110 mld €, e di **circa 2 TWh termici nel caso di nuovi edifici nei prossimi cinque anni**, per un volume d'affari annuo medio di circa 0,9 mld € (SI VEDA LA FIGURA 4.23).

Anche in questo caso, la penetrazione effettiva che

la tecnologia sperimenterà dipende dall'eventualità che la detrazione fiscale del 55% stia rinnovata o meno, dato che questo meccanismo ha avuto e verosimilmente avrà nel prossimo futuro un ruolo determinante nel promuovere l'installazione di impianti solari termici, come si deduce anche dall'analisi riportata nel PARAGRAFO 3.3.2, in cui si fornisce una stima della convenienza economica della tecnologia in presenza della detrazione. Chiaramente al tema della detrazione fiscale si lega quello dell'incentivo del calore prodotto da fonti rinnovabili, in merito al quale si attende l'emaneazione di decreti attuativi nei prossimi mesi (si veda in proposito il PARAGRAFO 2.2 e il BOX 2.16) e che, anche a detta degli operatori, potrà avere un impatto molto importante nel promuovere l'installazione di impianti solari termici. Alla luce di queste considerazioni e delle opinioni degli esperti raccolte durante le interviste, **è ragionevole ipotizzare che per gli edifici esistenti si osserverà un tasso di penetrazione del 5-15%, a seconda della presenza di un meccanismo di agevolazione**, pari a circa 2,5-7,5 TWh termici di produzione annua e 5,7-17 mld € di volume d'affari complessivo. **A ciò si aggiunge il potenziale sui nuovi edifici costruiti nei prossimi cinque anni, ragionevolmente quantificabile in circa il 10-25% del potenziale teorico**, che corrisponde a

Figura 4.22

Potenziale di produzione realizzato nei prossimi cinque anni dell'eolico sugli edifici

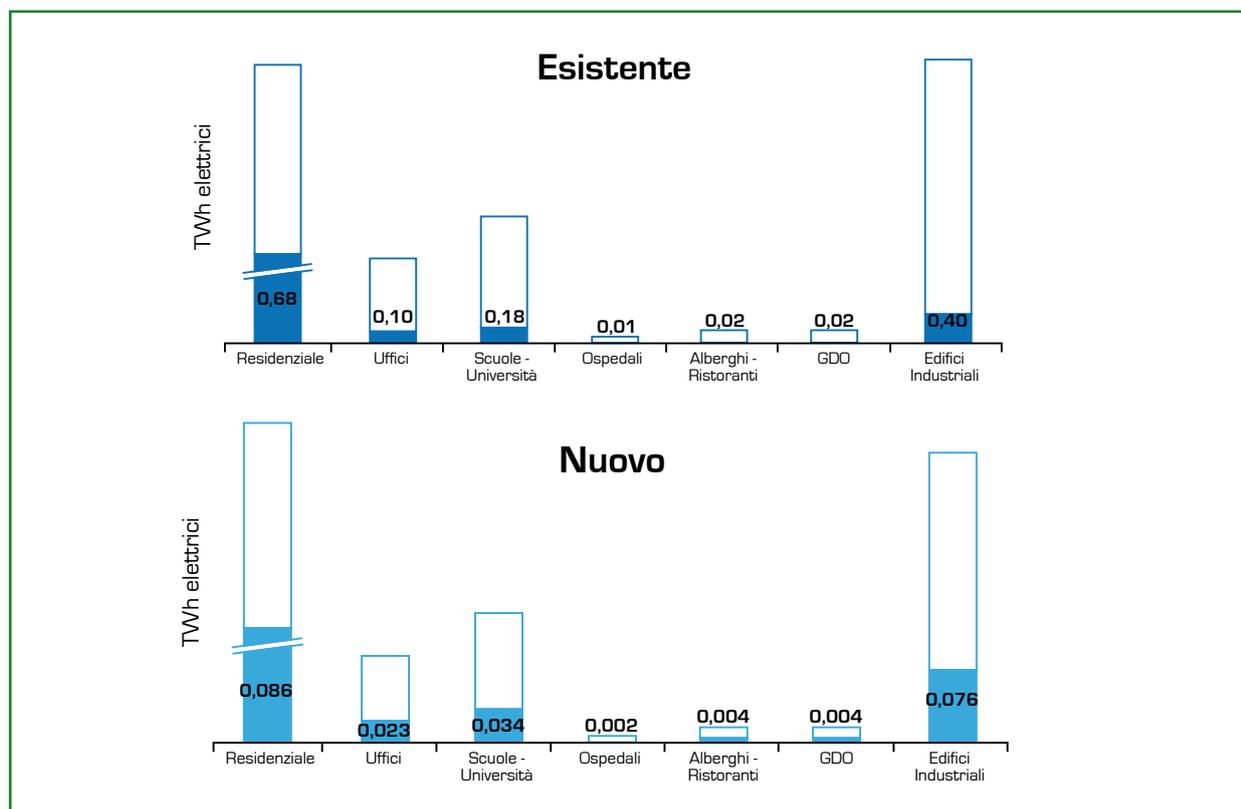
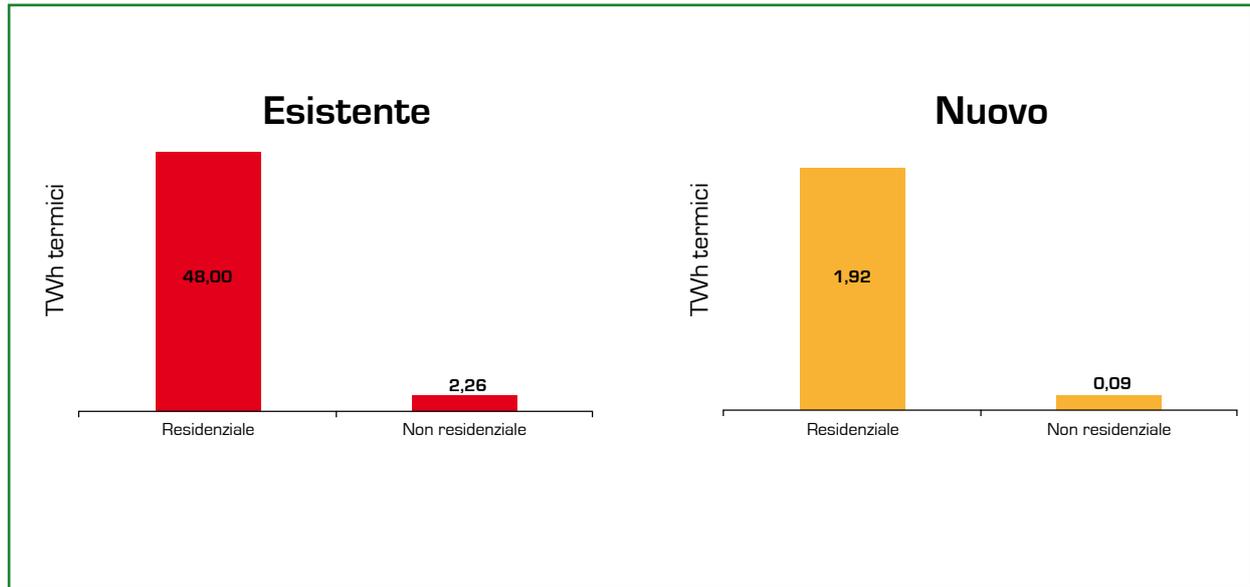


Figura 4.23

Potenziale teorico di produzione del solare termico sugli edifici



circa 0,2-0,5 TWh termici di produzione annua a regime e 0,1-0,2 mld € di volume d'affari annuo (SI VEDA LA FIGURA 4.24).

Infine, per quanto riguarda le **caldaie a biomassa**, ci si concentra qui sul settore residenziale. Se si ipotizzasse di utilizzare per il riscaldamento e la produzione di ACS unicamente caldaie a biomassa negli edifici che ancora ne sono privi, **si otterrebbe un potenziale teorico di produzione annua di 175 TWh termici negli edifici esistenti, generando un**

volume d'affari complessivo di circa 190 mld €. A ciò bisogna aggiungere **il potenziale annuo derivante dall'utilizzo di caldaie a biomassa negli edifici di nuova costruzione, quantificabile in circa 12 TWh termici, per circa 360 mln € all'anno di giro d'affari** (SI VEDA LA FIGURA 4.25).

Per quanto riguarda la penetrazione attesa di questa tecnologia, valgono le medesime considerazioni svolte per il solare termico. Le stime condotte nell'ambito dell'analisi ci portano a ritenere che il

Figura 4.24

Potenziale di produzione atteso nei prossimi cinque anni del solare termico sugli edifici

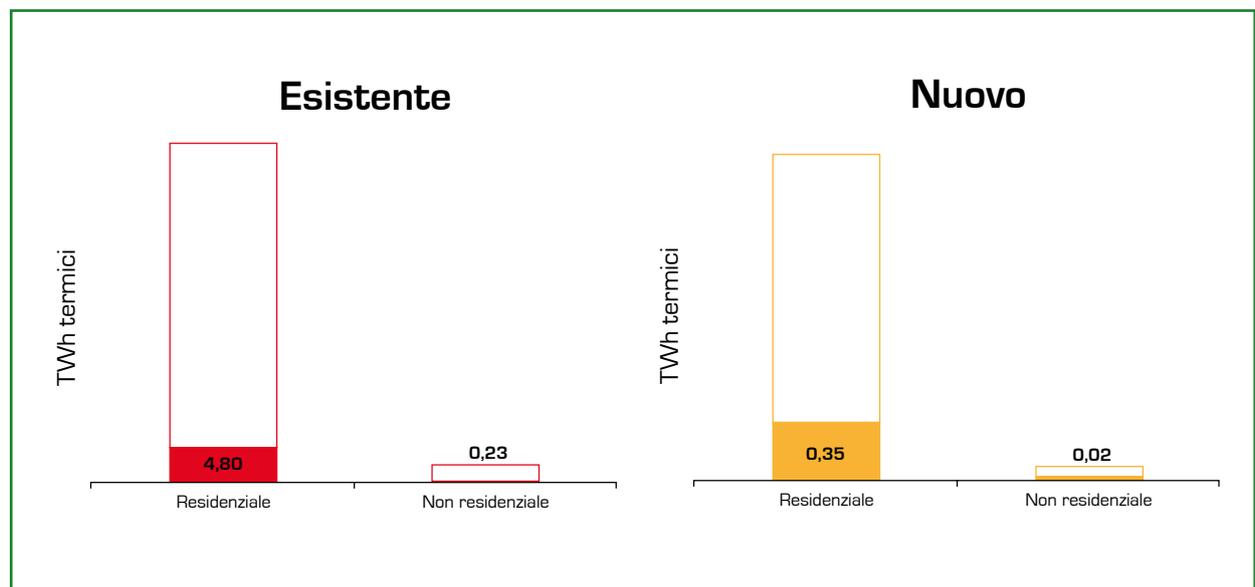
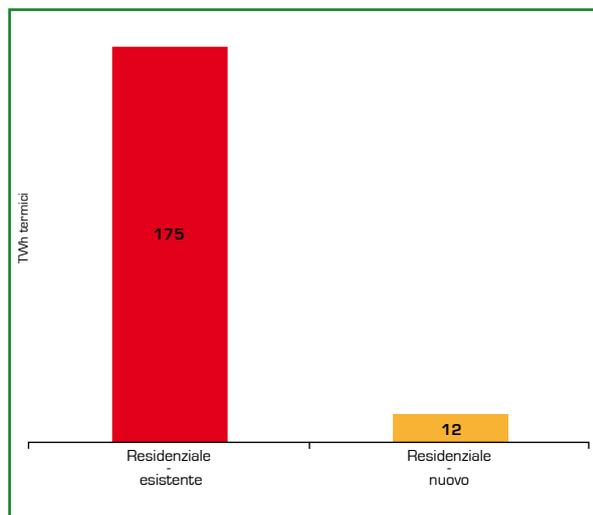


Figura 4.25

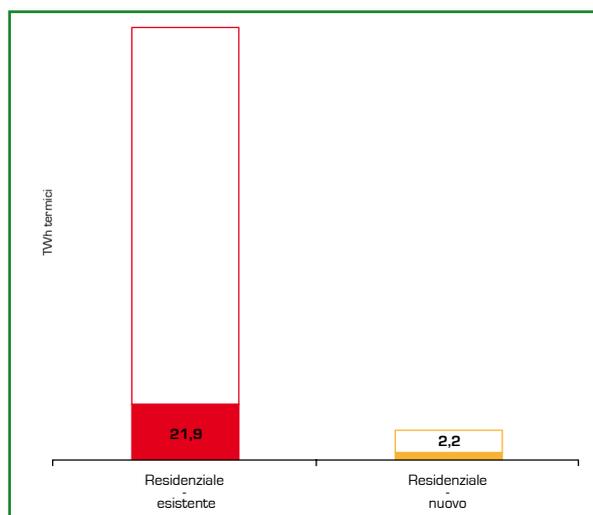
Potenziale teorico di produzione della caldaia a biomassa negli edifici



potenziale teorico negli edifici residenziali esistenti possa realizzarsi nei prossimi cinque anni per il 10-15%, cui corrisponderebbe una produzione annua di 17,5-26,2 TWh termici ed un giro d'affari complessivo di di 19,2-28,8 mld €. **Per quanto riguarda gli edifici di nuova realizzazione, una verosimile penetrazione è stimabile nell'intorno di 10 e 25%**, con una produzione annua di 1,2-3 TWh termici ed un volume d'affari medio annuo di 0,3-0,7 mld € (SI VEDA LA FIGURA 4.26).

Figura 4.26

Potenziale di produzione atteso nei prossimi cinque anni della caldaia a biomassa negli edifici



4.9 Un quadro d'assieme

Ciascuna delle tecnologie per l'efficienza energetica è stata analizzata nel dettaglio nei paragrafi precedenti con l'obiettivo di comprenderne, da un lato, il potenziale teorico di mercato e, dall'altro lato, l'effettiva possibilità di adozione entro il 2016, ovvero su un orizzonte quinquennale di previsione.

In questo paragrafo, si offre una **visione d'assieme dei risultati in termini di risparmio energetico (e di produzione di energia da fonti rinnovabili) che ci si attende ragionevolmente di ottenere a livello italiano.**

Il confronto con gli obiettivi che ci si è posti con il PAEE – occorre subito premettere – è piuttosto incoraggiante, lasciando intendere che forse si è imboccata, pur tra mille difficoltà, la strada giusta. Se si guarda però al potenziale teorico, ossia si misurano gli obiettivi da una prospettiva relativa, ci si rende conto che si sarebbe potuto puntare decisamente più in alto.

E' opportuno, tuttavia, procedere con ordine. La FIGURA 4.27 mostra il potenziale teorico di risparmio in TWh dei consumi elettrici e termici⁴ conseguibile complessivamente in Italia con l'adozione entro il 2016 di nuove soluzioni per l'efficienza energetica.

Appare con chiarezza come, nonostante l'impiego di soluzioni energeticamente efficienti anche negli edifici non residenziali sia più che auspicabile, è nell'enorme parco edilizio residenziale italiano – che come più volte ricordato è frutto di una scelta di urbanizzazione più "frammentata" di quanto per esempio accade in altri Paesi anche europei, e che allo stesso tempo risente di una vetustà media piuttosto elevata (SI VEDA IL CAPITOLO 1) – che risiede la larghissima parte del potenziale di intervento.

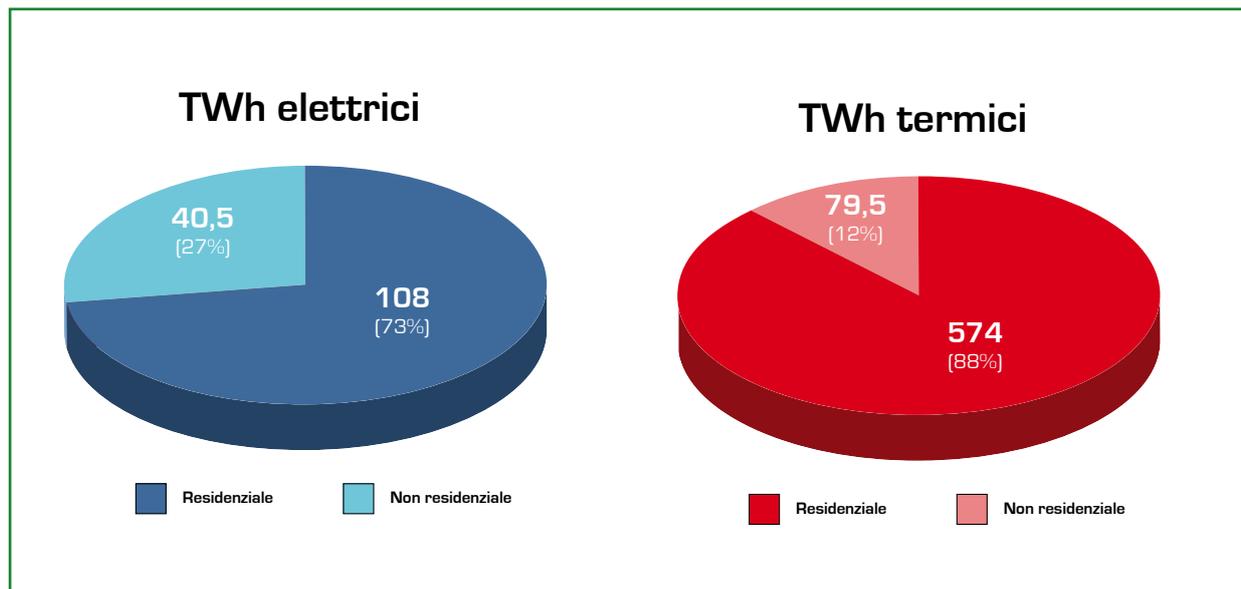
Il 73% degli oltre 148 TWh elettrici complessivamente risparmiabili e l'88% dei quasi 654 TWh termici che possono essere il risultato di interventi di riduzione dei consumi sono da imputarsi agli edifici residenziali.

Il ruolo degli edifici non residenziali (e fra questi, in particolare, vanno segnalate le scuole-università,

⁴ In realtà, coerentemente con la prospettiva assunta sino ad ora e rimandando alla TABELLA 4.1 per i dettagli, si sono computati come "risparmio" anche i kWh derivanti dalla riduzione della dipendenza dall'approvvigionamento di energia elettrica e combustibile fossile per la produzione di energia termica, tramite la produzione in loco da energie rinnovabili.

Figura 4.27

Ripartizione del potenziale teorico di risparmio/produzione dell'efficienza energetica negli edifici



gli uffici e gli edifici industriali) è nonostante tutto relativamente marginale, soprattutto per quanto riguarda gli impieghi termici, mentre in relazione al consumo elettrico è possibile accreditare ai *building* non utilizzati a fini abitativi il 27% dei teorici risparmi.

Se si trasformano i TWh elettrici e termici in tep – ovvero li si rende omogenei dal punto di vista dell'unità di misura ed in quanto tali potenzialmente sommabili – e si elimina il contributo dato dalla generazione di energia da fonti rinnovabili⁵, **il potenziale teorico derivante dall'adozione di soluzioni di efficientamento energetico in Italia da qui al 2016 (senza tener conto di quanto già è stato fatto sino al 2011 e che si vedrà più avanti) è pari complessivamente a circa 44 mln tep.** Un valore, quindi, ben più elevato (circa tre volte) dei circa 16 mln tep che l'Italia si è posta come obiettivo nel Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE) che è stato approvato all'inizio del 2011. È evidente che **in questo squilibrio vi sia anche da considerare il "punto di partenza", ovvero la relativa "arretratezza" del nostro parco edilizio che offre quindi enormi spazi di miglioramento**, ma è anche altrettanto evidente come **puntare sull'efficienza energetica possa rappresentare una leva poderosa per un "rinnovamento accelerato" che**

rimetta l'Italia, anche da questo punto di vista, al passo con l'Europa.

Si è discusso ampiamente nei paragrafi precedenti delle barriere – talora di carattere normativo/autorizzativo, talaltra connesse ad un sistema di incentivazione non idoneo⁶, talaltra ancora connesse ad "inerzie" all'adozione di soluzioni innovative da parte dell'utente finale – che limitano la concreta possibilità di raggiungere questo potenziale. **La FIGURA 4.28, analogamente alla precedente, mostra il potenziale effettivo di penetrazione da qui al 2016 delle soluzioni di efficientamento energetico, misurato in TWh elettrici e termici.**

Non cambiano di molto i pesi relativi fra i segmenti "residenziale" e "non residenziale", a dimostrazione del fatto che l'approccio all'efficientamento energetico degli edifici non è poi così dissimile nei diversi casi. A modificarsi in maniera sostanziale, invece, sono i valori assoluti:

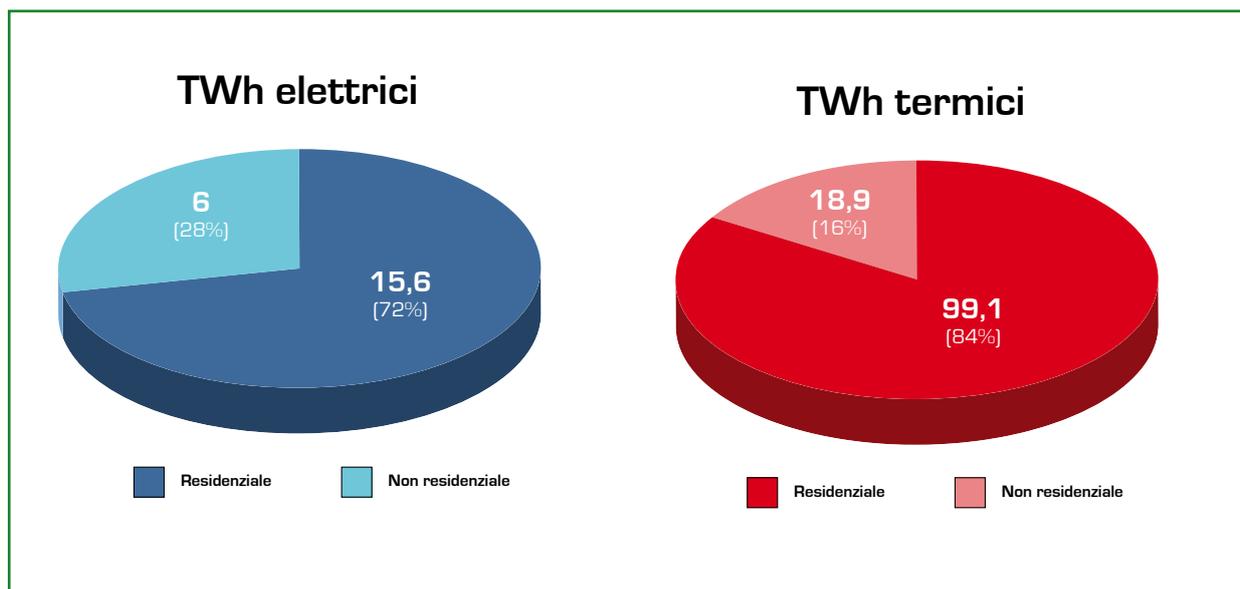
- **per quanto riguarda i consumi elettrici** (comprensivi però anche della produzione energetica da fonti rinnovabili installate in prossimità degli edifici, SI VEDA IL PARAGRAFO 3.3) **la riduzione che si stima possa essere ragionevolmente acquisita da qui al 2016 attraverso l'adozione di**

⁵ In questa maniera si rende confrontabile direttamente la misura di risparmio con gli obiettivi di riduzione dei consumi che ci si è posti.

⁶ A questo proposito giova richiamare la conclusione del CAPITOLO 3 ove si è discussa la convenienza "assoluta" all'adozione delle soluzioni di efficienza energetica e che più volte è stata qui ripresa per giustificare tassi di penetrazione differenti nei diversi segmenti di mercato.

Figura 4.28

Ripartizione del potenziale di risparmio/produzione effettivo di penetrazione dell'efficienza energetica negli edifici



soluzioni di efficientamento energetico è pari a 21,6 TWh, ovvero solo poco più del 14% del potenziale teorico;

- il risparmio energetico invece imputabile ad azioni di efficientamento dei consumi termici, sul medesimo orizzonte e con le medesime ipotesi del precedente, può essere ragionevolmente stimato in 118 TWh termici, circa il 18% (ovvero appena più significativo del caso elettrico) del potenziale teorico.

Se si “traducono” i dati di penetrazione del mercato – come fatto in precedenza, depurandoli dalla componente di generazione di energia e rendendoli omogenei dimensionalmente – si ottiene un potenziale di risparmio ragionevolmente acquisibile da qui al 2016 pari a 9,9 mln tep, a cui vanno aggiunti 3,8 mln tep già risultanti dalla base attualmente “installata” (SI VEDA IL PARAGRAFO 3.4). In altre parole, significa che l’impatto dell’adozione delle tecnologie per l’efficienza energetica entro il 2016 sarà, secondo le stime elaborate in questo Rapporto, ragionevolmente superiore (13,7 mln tep) rispetto ai 10,8 mln tep stabiliti inizialmente nel PAEE approvato nel 2007.

Sebbene il PAEE 2011 non faccia più esplicito riferimento all’obiettivo intermedio al 2016 e traguardi invece il risparmio complessivo di circa 16 mln tep entro il 2020, appare evidente come sembri per l’Italia davvero “alla portata” il raggiungimento dell’obiettivo che si è fissata. Se si proiet-

ta, infatti, il risparmio acquisibile entro il 2016 sull’orizzonte al 2020, si ottiene un valore pari a 21,5, oltre il 30% in più rispetto al valore soglia definito nel PAEE.

E’ interessante sottolineare, tuttavia, che le diverse tecnologie dell’efficienza energetica contribuiscono in maniera assai differente al raggiungimento di questo obiettivo. La TABELLA 4.1 riporta il dettaglio del potenziale “teorico” e di quello ragionevolmente “penetrato” entro il 2016 suddividendo l’impatto per tipologia di edificio, residenziale e non residenziale.

I medesimi dati, ma in un formato grafico di più facile lettura, sono ripresi nella FIGURA 4.29. L’asse orizzontale riporta il potenziale “teorico” di risparmio conseguibile con l’adozione delle diverse tecnologie, l’asse verticale misura il tasso di penetrazione atteso nell’orizzonte di riferimento, mentre la dimensione della “bolla” è indicativa di quanto significativo sia effettivamente il contributo atteso in termini di risparmio energetico.

Se assumiamo, in chiusura di questo capitolo, la prospettiva del regolatore – che deve decidere su quali soluzioni tecnologiche per l’efficienza energetica focalizzare la propria azione per raggiungere (e possibilmente superare) gli obiettivi che si è prefissato – è possibile “leggere” la FIGURA 4.29 distinguendo:

- le tecnologie per l’efficienza energetica che

Tabella 4.1

Quadro sinottico del potenziale di mercato di risparmio/produzione dell'efficienza energetica negli edifici

Soluzione tecnologica	Tipologia energetica	Residenziale		Non residenziale	
		Potenziale teorico annuo [TWh]	Potenziale penetrato annuo a regime nei prossimi cinque anni [TWh]	Potenziale teorico annuo [TWh]	Potenziale penetrato annuo a regime nei prossimi cinque anni [TWh]
Tecnologia di illuminazione	elettrico	12	6,2	4	2,1
Elettrodomestici	elettrico	6,9	2	0,5	0,1
Caldaia a condensazione	termico	33,7	11,5	19,9	7,1
Pompa di calore	termico	87,9	22,4	34,7	9,3
Sistemi di <i>Building Automation</i>	elettrico + termico	13,9 + 96,7	0,8 + 5,2	7,1 + 13,7	0,4 + 0,7
Chiusure vetrate	termico	20,3	4,6	3,5	0,5
Pareti	termico	32,4	9,1	3,1	0,6
Coperture/Suolo	termico	66,1	18,2	2,2	0,4
Fotovoltaico	elettrico	50,7	5,8	21,6	2,3
Eolico	elettrico	24,5	0,8	7,3	1,1
Solare termico	termico	49,9	5,1	2,4	0,3
Caldaia a biomassa	termico	187	23	n.d.	n.d.

hanno la maggiore facilità di penetrazione del mercato, ossia quelle di illuminazione e le caldaie a condensazione. Si tratta di tecnologie che già nel contesto attuale – e quindi in assenza di ulteriori interventi da parte del legislatore – sono in grado di dispiegare tra qui e il 2016 oltre il 35% del proprio potenziale teorico. Nel caso dell'illuminazione (52% di penetrazione attesa) questo significa anche che è favorita nell'adozione la tecnologia per l'efficienza energetica con il maggior potenziale (misurato dal posizionamento sull'asse x) di risparmio dei consumi elettrici;

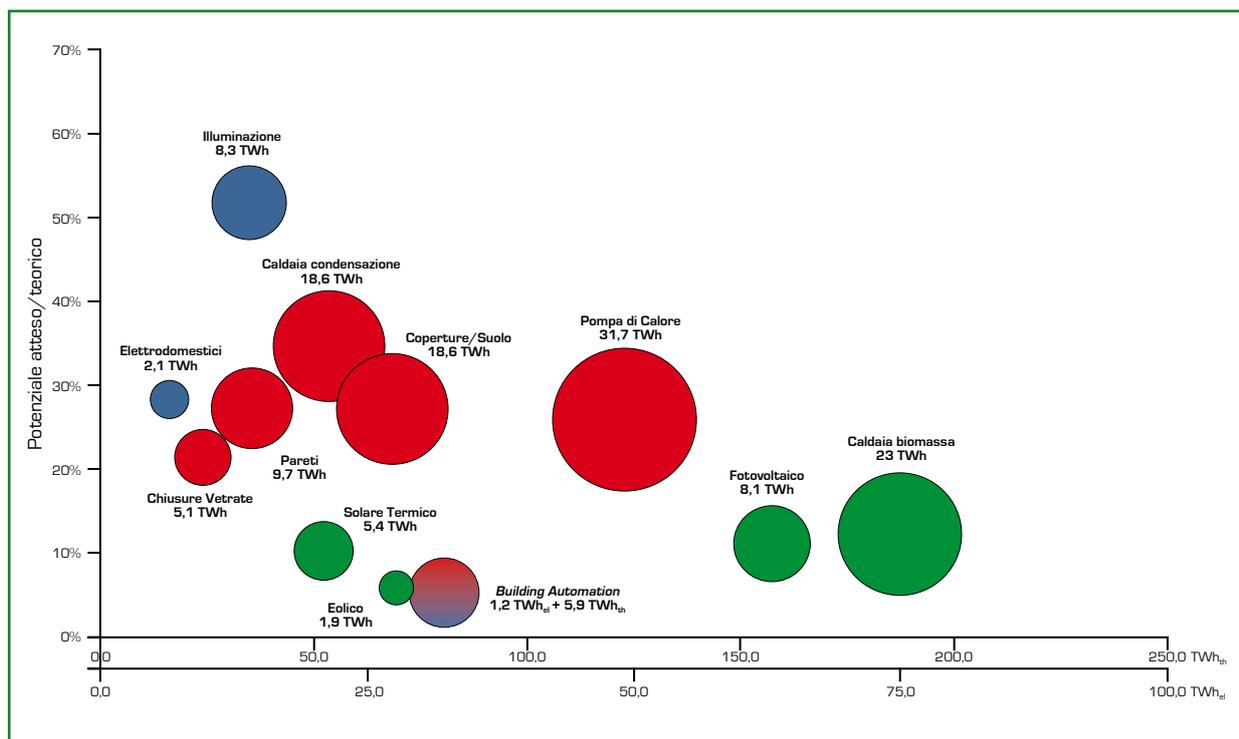
- le tecnologie per l'efficienza energetica che necessitano di un intervento *ad hoc*, ossia quelle la cui stima del tasso di penetrazione è compresa fra il 20 ed il 30%. Ragionando in termini relativi rispetto alla categoria precedente è possibile ipotizzare che, attraverso interventi specifici che agiscano ad esempio sugli obblighi e/o sulla disponibilità di incentivi, anche queste tecnologie possano raggiungere livelli di penetrazione

superiori rispetto a quelli oggi stimati. L'interesse verso questo tipo di tecnologie è ancora maggiore se si considera che appartengono a questa categoria le soluzioni di efficientamento energetico (soprattutto termico) a maggior potenziale in assoluto, ossia le pompe di calore e (anche se un po' distaccate nel posizionamento sull'asse x) gli isolamenti termici di suolo e coperture. Appare ragionevole, inoltre, pensare ad un sistema di stimoli per queste tecnologie che sia proporzionale all'effettivo potenziale, ovvero che si concentri *in primis* su quelle posizionate nella parte più a destra della FIGURA 4.29. Si pensi che, se si riuscisse ad incrementare sino al livello "soglia" del 35% la penetrazione rispetto al potenziale teorico delle tecnologie appartenenti a questa categoria, sarebbe possibile aggiungere altri 2 mln tep al risparmio energetico da qui al 2016 e 3,6 mln tep al 2020 (ovvero garantendo un ulteriore 22% in più rispetto a quanto inizialmente previsto dal legislatore);

- le tecnologie per l'efficienza energetica che

Figura 4.29

Quadro globale del potenziale di risparmio/produzione delle soluzioni di efficienza energetica per gli edifici



hanno le maggiori difficoltà di adozione, ovvero che – nell’orizzonte considerato – paiono destinate ad esplicarsi solo per il 10% circa (o addirittura meno) del loro potenziale. Si tratta soprattutto delle tecnologie per la generazione di energia elettrica e termica da fonte rinnovabile, che sono però in larga parte soggette a sistemi di obblighi ed incentivazioni che solo parzialmente si sono discussi in questo Rapporto⁷. Una nota a parte la meritano invece i sistemi di *building automation*, che sono una soluzione di efficientamento energetico “in senso stretto”, ma che hanno nella eccessiva “invasività” (SI VEDA IL PARAGRAFO 3.1.4) uno dei maggiori limiti e che più difficilmente – nonostante potenzialità che sul piano teorico sono piuttosto significative (21 TWh elettrici e 110

TWh termici) – potranno offrire un contributo aggiuntivo oltre a quello già previsto.

Appare possibile fare dell’Italia un Paese all’avanguardia per l’efficienza energetica negli edifici, obiettivo assai ambizioso se si considera il punto di partenza, ma “giustificato” dai numeri che si sono analizzati in questo capitolo. E’ necessario, tuttavia, superare le logiche – tipiche del nostro approccio ai meccanismi di stimolo allo sviluppo dei settori dell’efficienza energetica e delle rinnovabili – di “omogenea” distribuzione delle risorse a favore di una maggiore “equità”, ovvero di una corrispondenza fra il “peso” (economico o impositivo) della misura e l’effettivo contributo (in termini di potenziale di risparmio) all’obiettivo che si intende realizzare.

⁷ Si vedano a questo proposito Solar Energy Report ed. Aprile 2011 e Biomass Energy Report ed. Giugno 2011.

5.
LE ENERGY SERVICE COMPANIES

Le tecnologie per l'efficienza energetica, come ampiamente discusso in questo Rapporto, sono molteplici ed interessano settori merceologici molto diversi fra loro. Allo stesso modo, quindi, di come nel CAPITOLO 2 sulla normativa ci si è concentrati solo sui provvedimenti specificatamente riferiti al tema dell'efficienza energetica, così in questo capitolo – che come sempre nei nostri Rapporti analizza le caratteristiche dei sistemi industriali e delle filiere che stanno “alle spalle” delle soluzioni tecnologiche individuate – **si è scelto di focalizzare l'attenzione sulle cosiddette ESCo - Energy Service Companies**. La ragione è semplice: **se è vero che allo sviluppo di soluzioni energeticamente efficienti si sono votate ormai quasi tutte le imprese che producono le tecnologie viste nel CAPITOLO 3** (dall'illuminazione agli elettrodomestici, dalle pompe di calore ai sistemi di isolamento di pareti e coperture/ suolo), **è altrettanto vero che solo le ESCo – il cui business model si avrà modo di approfondire in questo capitolo – sono effettivamente “nate” come conseguenza della spinta all'efficientamento energetico**. In questo capitolo, quindi, si riporteranno i risultati dell'indagine empirica che è stata condotta

dall'Energy & Strategy Group sulle ESCo in Italia, a partire dagli elenchi resi disponibili dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, presso cui questi operatori (SI VEDA IL BOX 5.1) si sono obbligatoriamente dovuti qualificare per poter operare sul mercato dei TEE (SI VEDA IL PARAGRAFO 2.3.1).

5.1 Definizione e quadro delle attività

Le ESCo (dette anche, secondo la “traduzione” italiana, SSE - Società di Servizi Energetici) sono i **soggetti deputati alla promozione dell'efficienza energetica negli usi finali**, riconosciute come tali a livello europeo dalla Direttiva Europea 2006/32/CE ed a livello italiano dal suo recepimento con il Decreto Legislativo n. 115 del 30 Maggio 2008 (si veda anche il PARAGRAFO 2.3.1). Quest'ultimo, in particolare, all'articolo 2 comma 1 lettera i, fornisce una precisa definizione di ESCo, come “*persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici e/o altre misure di miglioramento dell'efficienza*”

Box 5.1

Il processo di qualificazione delle ESCo

La qualificazione presso l'AEEG è stabilita dalla Deliberazione AEEG¹ n.103/03 del 18 Settembre 2003, “Linee guida per la preparazione, esecuzione e valutazione dei progetti di cui all'articolo 5, comma 1, dei Decreti Ministeriali 24 Aprile 2001 e per la definizione dei criteri e delle modalità per il rilascio dei Titoli di Efficienza Energetica”. Di queste solo una certa quota percentuale (SI VEDA IL PARAGRAFO 5.3.1), è in realtà considerata “attiva” ai sensi dell'AEEG, ossia ha presentato una richiesta di rilascio di Titoli di Efficienza Energetica. Ciò non toglie che è possibile esistano imprese – anzi esempi ne sono operatori anche grandi come Sinergia Sistemi e Repower – che offrono servizi ESCo senza essere inclusi nel novero delle imprese “operanti” – in base all'accezione dell'AEEG – sul merca-

to dei Titoli di Efficienza Energetica. Le ragioni di questa scelta sono da ricercarsi nel privilegiare interventi su cui i Titoli di Efficienza Energetica mostrano i propri evidenti limiti (SI VEDA IL PARAGRAFO 2.3.1) oppure interventi nei quali è più remunerativo l'accesso ad altri meccanismi incentivanti.

E' pur tuttavia vero che la maggior parte, per non dire la quasi totalità, delle ESCo che operano prevalentemente sull'efficienza energetica degli edifici – ossia il focus di questo Rapporto – trovano nella qualificazione presso l'AEEG una strada per monetizzare ulteriormente, e – come visto nel CAPITOLO 2 – senza grande difficoltà trattandosi molto spesso di interventi “standard”, le attività fatte presso il cliente.

¹ Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa (totalmente o parzialmente) sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti¹.

L'obiettivo primario delle ESCo è quindi quello di vendere una “garanzia di risparmio energetico”. Il processo attraverso il quale questo obiettivo si esplica è riportato nella FIGURA 5.1. Pur esistendo ovviamente per un operatore la possibilità, che si discuterà più in dettaglio nel seguito del paragrafo, di focalizzarsi solo su determinate attività e tralasciarne altre (una su tutte la gestione e manutenzione impiantistica successiva all'intervento), il percorso che qui di seguito si descrive è quello “tipico” di una ESCo.

Energy Audit

L'Energy Audit (o diagnosi energetica) è un'indagine preliminare volta ad individuare l'esistenza dei presupposti tecnici ed economici minimi per la predisposizione di un piano di lavoro. La diagnosi mette in evidenza le problematiche ed i margini di razionalizzazione connessi, individuando la natura dell'intervento da eseguire ed offrendo

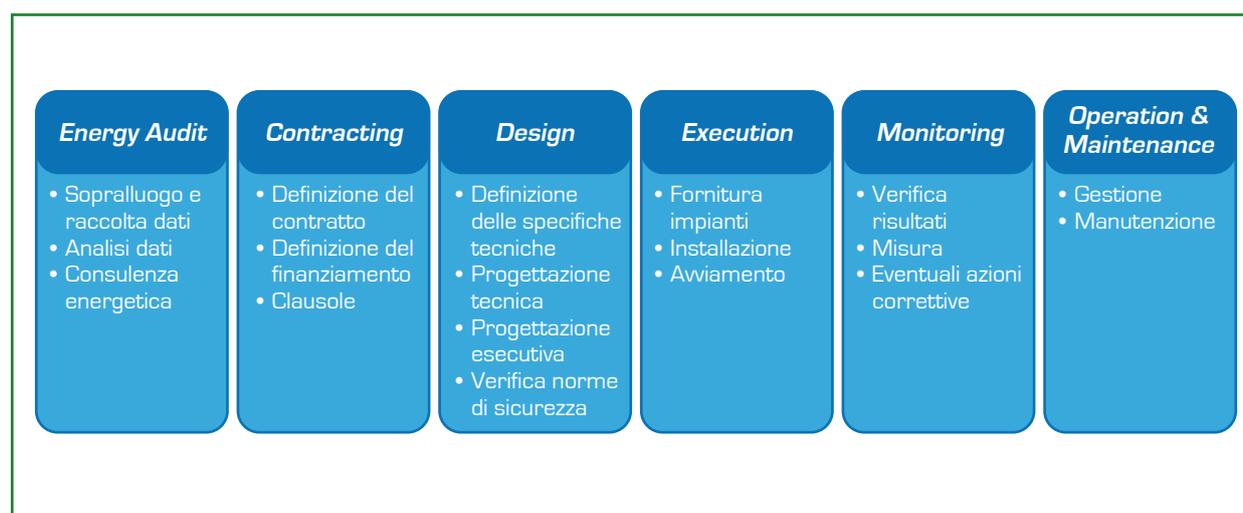
una prima analisi di redditività dello stesso. L'Energy Audit si qualifica come il punto di partenza del lavoro della ESCo, rivestendo un'importanza fondamentale, non solo perché serve ai progettisti per procedere nella pianificazione dell'intervento, ma soprattutto perché è per suo tramite che la ESCo può evidenziare al cliente l'utilità economica del servizio che gli viene proposto.

L'attività di Energy Audit, solitamente, si compone a sua volta di tre fasi distinte:

- **sopralluogo e raccolta dei dati.** La visita presso il cliente permette di **definire lo scope del progetto ed il campo delle opzioni di intervento possibili, focalizzando l'attenzione sulle caratteristiche strutturali o degli impianti per cui si ritiene utile e/o necessario l'intervento.** Successivamente, si analizzano le bollette energetiche, sia per il fabbisogno termico che elettrico, per un periodo di almeno dodici mesi;
- **analisi dei dati.** Attraverso la rielaborazione dei dati raccolti, **viene prodotto un documento che prende appunto il nome di Energy Audit e mette in luce le problematiche rilevate ed i margini di razionalizzazione dell'energia, permettendo di capire la convenienza economica dell'intervento per il cliente.** L'attività di analisi dei dati e creazione del documento di diagnosi energetica può durare da pochi giorni fino ad alcune setti-

Figura 5.1

Il processo per il conseguimento del risparmio energetico implementato dalle ESCo



¹ Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

² In realtà, imprese che rispondono a questa definizione erano ovviamente già presenti nel panorama italiano prima del citato D. Lgs. 115/2008. Anzi, si è soliti riconoscere come i “progenitori” delle moderne ESCo quelle società che, a partire dagli inizi degli anni '80, erano nate per offrire il cosiddetto “servizio calore” (ovvero la responsabilità del mantenimento di un determinato livello di temperatura invernale negli edifici, attraverso la fornitura di combustibile e la gestione ed eventuale ammodernamento delle caldaie) per Enti Pubblici di varia natura. Queste imprese, alla fine degli anni '90, hanno poi dato vita all'AGESI “Associazione dei Gestori di Servizi Integrati” che ha raccolto le principali imprese di servizi (non solo energetici) per la Pubblica Amministrazione.

mane, essenzialmente in funzione dal grado di complessità e di profondità dell'analisi. L'*Energy Audit* è solitamente gratuito per il cliente ed anzi è spesso la ESCo stessa che proattivamente offre ai possibili target l'analisi energetica. Solo in questo modo, a detta degli operatori, è possibile vincere la naturale inerzia e la ancora scarsa sensibilità – soprattutto nei segmenti di mercato quali le piccole e medie imprese – verso l'efficienza energetica che si riscontra nel nostro Paese. L'introduzione massiccia della figura dell'*Energy Manager* (SI VEDA IL PARAGRAFO 2.3.1) ha solo parzialmente modificato questo atteggiamento;

- **consulenza energetica.** In questa fase, la ESCo predispose – dietro la corresponsione di un compenso – una vera e propria relazione dettagliata, che è alla base per la successiva fase di progettazione di interventi. L'elaborazione di questo studio completo di fattibilità comprende: l'identificazione delle soluzioni impiantistiche più appropriate al caso specifico fra una serie di soluzioni alternative, la quantificazione di dettaglio del risparmio energetico ottenibile rispetto alla situazione precedente all'intervento, la definizione del sistema di tariffazione e dei costi di realizzazione e gestione del nuovo impianto. E' ovvio, con riferimento a quest'ultimo aspetto, che la scelta della soluzione più adatta è soggetta alla risoluzione del *trade-off* fra la massimizzazione del risparmio energetico e la minimizzazione dell'investimento da effettuare.

Contracting

Al termine dello studio di fattibilità, viene presentata al cliente un'offerta che, in caso di accettazione, viene contrattualizzata. Il *contracting* permette di giungere alla definizione dell'accordo contrattuale tra le parti e costituisce un punto cruciale della relazione di fornitura del servizio energetico, in quanto determina sia il quantum che le modalità di pagamento e quelle di eventuale finanziamento degli interventi. Proprio per questo motivo, al *contracting* è dedicato il PARAGRAFO 5.2, cui si rimanda per gli approfondimenti.

Design

Una volta stabilite le condizioni contrattuali, può

avere inizio l'attività di *design*, ovvero la progettazione "esecutiva" dell'intervento. A fronte delle prestazioni da fornire al cliente e stabilite nel contratto, vengono determinate con precisione le specifiche del sistema energetico e le soluzioni tecnologiche che ne fanno parte. Queste ultime vengono dimensionate ed opportunamente integrate. L'output di questa fase è il rilascio dei progetti esecutivi di intervento e la stesura del "computo metrico"³, ossia il prospetto di dettaglio in cui è descritta tutta la componentistica e le attività da svolgere, con relativo commento tecnico, in termini di quantità e prezzi.

Execution

Parallelamente alla progettazione tecnica, si attiva anche l'approvvigionamento dei componenti del sistema. Il progetto viene quindi realizzato e gli eventuali impianti vengono installati nell'edificio o nel sistema produttivo. La ESCo in questa fase si avvale – in una tipica logica da *main contractor* – di imprese fornitrici esterne, a cui subappalta i lavori. Vista l'estrema variabilità degli interventi, e quindi delle competenze tecniche necessarie, non appare infatti ragionevole per una ESCo (se non per gli operatori di maggiori dimensioni) "internalizzare" tutte le attività di *execution*.

Monitoring

Ultimata la realizzazione dell'intervento ed effettuato l'eventuale collaudo degli impianti, si procede con la verifica dei risultati (attività di *monitoring*) attraverso la rilevazione dei nuovi costi di gestione e delle performance in termini di consumi e di rendimenti. La misurazione avviene su variabili prestabilite in sede contrattuale, e la raccolta dei dati di funzionamento dei nuovi impianti è necessario per effettuare la comparazione con la situazione di riferimento, precedente all'intervento, e determinare così il risparmio energetico conseguito. La misura delle prestazioni attuali è indispensabile in prima battuta per il cliente, poiché, rapportando i consumi reali con quelli ipotizzati in fase di studio di fattibilità, può verificare (indipendentemente dalle modalità di pagamento) la conformità tra le prestazioni fornite e le prestazioni stabilite da contratto. Qualora gli interventi non dovessero fornire i risparmi ipotizzati in sede di studio di fattibilità, è la ESCo

³ Il computo metrico, termine di derivazione dalla progettazione civile, è l'elaborato che definisce le esatte quantità di materiali ed opere necessarie all'esecuzione dell'opera in progetto. Attraverso il computo metrico, associando alle quantità di ogni lavorazione il relativo prezzo unitario, si determina il preventivo particolareggiato dell'opera o computo metrico estimativo.

stessa che si accolla l'onere di apportare ulteriori cambiamenti e, se stabilito contrattualmente, il pagamento di eventuali penali.

Operation & Maintenance

Una volta conclusa la fase di monitoraggio, è tuttavia necessario, soprattutto se si sono fatti interventi significativi relativi all'impiantistica dell'edificio, **garantire il mantenimento di un certo livello di efficienza degli impianti. Tale attività di Operation & Maintenance è spesso parte integrante dei servizi offerti dalle ESCo** (e quindi dei contratti e dei pagamenti verso le stesse), **anche se, per la sua natura di continuità temporale, è nella stragrande maggioranza dei casi delegata ad imprese esterne.** Queste imprese devono comunque soddisfare i requisiti impostati dalle ESCo, dato che dalla manutenzione dipende il ripristino delle qualità prestazionali del sistema e, di conseguenza, il rispetto del piano di rientro dell'investimento, nonché la verifica degli esiti del progetto realizzato. In genere con la conclusione del contratto decade la necessità della ESCo di far fronte all'attività manutentiva. Dopo di ciò, il cliente può scegliere tra due possibilità: far addestrare, se possibile, durante il periodo di contratto il suo personale che si occuperà di queste mansioni, oppure può stipulare con la ESCo (o con una società terza con le competenze adeguate) un nuovo contratto di fornitura del servizio manutentivo.

E' opportuno sottolineare, tuttavia, come **la caratterizzazione di ESCo non sia esclusiva, bensì possa essere inclusiva di una serie più ampia di servizi e prodotti variamente connessi al mondo dell'energia e dell'efficientamento energetico.** In altre parole, **esistono imprese "nate" per essere delle ESCo** – ovvero che costruiscono la propria natura attorno alle attività viste sopra – **ed altre imprese** (si pensi ad una società che invece ha come *core business* la fornitura di soluzioni tecnologiche per il risparmio energetico oppure addirittura la fornitura di energia) **che diversificano il proprio portafoglio per includervi i servizi da ESCo.**

5.2 Modelli contrattuali e forme di finanziamento

Come visto nel paragrafo precedente, la definizione

della modalità contrattuale è uno degli aspetti più significativi per una ESCo. In sostanza, **si tratta di definire: (i) attraverso quale modello di pagamento viene "condiviso" il risparmio che si genera nella bolletta energetica del cliente; (ii) quale fra i due soggetti deve accollarsi l'onere di investimento necessario per la realizzazione degli interventi identificati nel progetto della ESCo.**

La situazione italiana, da questo punto di vista, è piuttosto atipica. Infatti:

- **solo recentemente, e più tardi rispetto agli altri Paesi europei, a seguito del recepimento della Direttiva 2006/32/CE attraverso il D. Lgs. 115/2008, si è introdotta (o meglio tradotta) la forma contrattuale "evoluta" dell'Energy Performance Contracting, che invece rappresenta il meccanismo contrattuale più diffuso a livello internazionale per le ESCo;**
- **in conseguenza del punto precedente, ma anche di una maggiore inerzia da parte di operatori e clienti italiani rispetto all'adozione di nuove formule contrattuali, la gran parte dei contratti stipulati in Italia⁴ (SI VEDA LA FIGURA 5.2) è ancora appartenente alla cosiddetta categoria "standard" (SI VEDA IL BOX 5.2) ove è meno "forte" la relazione fra la remunerazione ed il risparmio energetico ottenuto.**

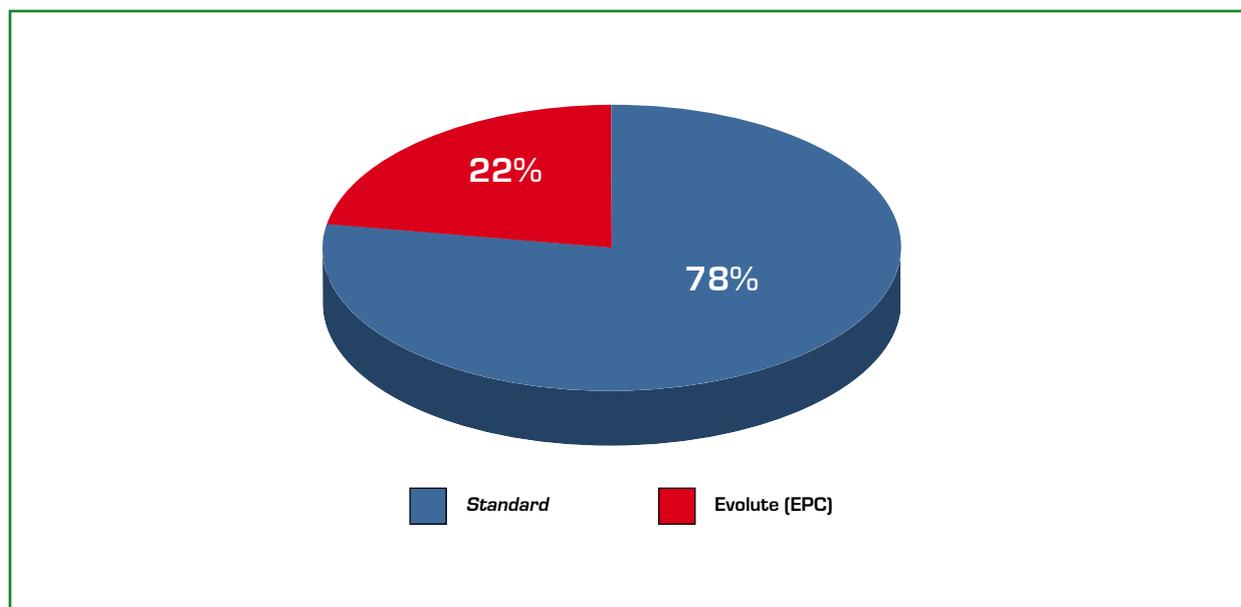
I contratti "standard" si configurano, nella pratica, come una sorta di *outsourcing* della gestione dell'energia ma sono ancora caratterizzati da una relazione "base" fra la ESCo stessa ed il cliente: l'obiettivo primario del contratto è un risparmio di costo (e non necessariamente una razionalizzazione dei consumi energetici) e la remunerazione della ESCo è o definita in via forfetaria per i singoli interventi oppure coincide con il risparmio di costo conseguito per tutto il periodo oggetto di contratto. In altre parole, **non si ha una vera e contestuale condivisione dell'effetto di risparmio energetico fra i due soggetti contraenti, né si realizza un comune obiettivo di efficientamento del consumo di energia.**

Dall'altro lato, l'EPCC (*Energy Performance Contracting*) è invece definito dalla normativa italiana come un "accordo contrattuale tra il beneficiario ed il fornitore riguardante una misura di

⁴ I dati riportati in figura, così come la maggior parte di quelli riportati nel Rapporto, sono frutto dell'indagine empirica condotta dall'Energy & Strategy Group sulle quasi 300 imprese appartenenti alla popolazione che l'AEEG definisce come operatori attivi. Il tasso di risposta è stato pari in media al 30-35% e quindi garantisce una adeguata rappresentatività.

Figura 5.2

Ripartizione delle forme contrattuali utilizzate dalle ESCo in Italia al 2010



miglioramento dell'efficienza energetica, in cui i pagamenti a fronte degli investimenti in siffatta misura sono effettuati in funzione del livello di miglioramento dell'efficienza energetica stabilito contrattualmente". Il rapporto contrattuale vede la ESCo obbligata alla cura ed al coordinamento di tutte le attività volte alla progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione dell'intervento indi-

viduato, attraverso l'assunzione su di sé del rischio tecnico e, a seconda delle diverse varianti, anche del rischio finanziario e della garanzia in senso tecnico-giuridico circa l'effettivo raggiungimento del livello di risultato ipotizzato. **La peculiarità del meccanismo contrattuale EPC sta nel fatto che la ESCo viene remunerata sulla base dei risultati effettivi che il cliente consegue attraverso l'implementa-**

Box 5.2

Le tipologie contrattuali "standard" più diffuse

Chauffage

Secondo lo schema contrattuale dello *Chauffage*, il cliente affida la gestione dei propri impianti alla ESCo, che provvede al pagamento delle bollette energetiche e delle fatture dei combustibili per tutta la durata del contratto, dietro il corrispettivo di un canone pari alla spesa energetica che il cliente affrontava prima dell'entrata in vigore del contratto, meno uno sconto pattuito. In sostanza, con lo *Chauffage (asset ownership)* viene posta in essere una sorta di *outsourcing*, cioè un'operazione in cui l'utente affida ad un terzo lo svolgimento di un'attività che in passato svolgeva in proprio. Il modello contrattuale in questione è normalmente applicato ai servizi di climatizzazione, ma può adattarsi anche ad altri tipi di fabbisogno energetico. In alternativa, può essere pattuito un prezzo per unità di "servizio finale" venduto - che include tutti gli oneri contrattuali - scontato rispetto al costo storicamente sostenuto

dall'utente dell'impianto affidato alla gestione della ESCo. Di norma, la durata dei contratti di *Chauffage*, che può giungere a venti-trenta anni, è maggiore rispetto a quella degli altri modelli contrattuali, anche e soprattutto al fine di consentire un adeguato tempo di recupero degli investimenti sugli impianti.

Il contratto di *Chauffage* è quello maggiormente simile a quello "storico" di "Gestione Calore" o "Servizio Energia" sviluppato negli anni '80 per la Pubblica Amministrazione. In particolare, con il contratto di "gestione calore a forfait" il fornitore assume l'impegno di garantire il mantenimento di una determinata temperatura (contrattualmente pattuita) negli edifici occupati dagli utenti per gli orari e i periodi pattuiti, dietro un corrispettivo forfetario. Nei contratti di "gestione calore a gradi-giorno" per ogni grado-giorno fornito è prevista una determinata tariffa che copre tutti gli oneri contrattuali; l'importo consuntivo

si ottiene moltiplicando il prezzo unitario contrattuale per i gradi-giorno effettivi stagionali.

First In (Contract Energy Management)

Con il *First In*, all'utente viene garantita una determinata riduzione della spesa energetica storica sostenuta negli anni precedenti all'intervento. Il risparmio economico conseguito per effetto dell'intervento effettuato dalla ESCo - responsabile degli impianti, di cui manterrà la proprietà e la gestione fino alla conclusione del contratto - viene introitato dalla ESCo stessa per tutta la durata contrattuale, che viene fissata nel numero di anni necessari per rientrare dall'investimento. Di norma l'utente deve pagare un importo totale annuo suddiviso in dodici rate di pari importo, che viene conguagliato a fine anno a favore dell'utente, nell'ipotesi in cui il risparmio effettivamente ottenuto superi la misura garantita. Tale tipologia contrattuale consente all'utente di ottenere una serie di vantaggi, quali la preventiva conoscenza dell'ammontare della spesa energetica da affrontare; la rateizzazione della spesa energetica in importi fissi mensili, con eventuale conguaglio annuale; la riduzione dei costi amministrativi ed il conseguimento di un risparmio energetico minimo garantito.

Il *First In* è assimilabile ad un *Contract Energy Management*, proposto ai clienti interessati ad un servizio energetico a lungo termine, con il quale la ESCo si assume

la totale responsabilità non solo della realizzazione degli impianti, ma dell'intero "sistema energetico" del committente, che si trova ad usufruire di ulteriori risparmi legati ai minori costi di gestione, e maggiormente tutelato dalle fluttuazioni e variazioni di prezzi e tariffe energetiche. Sia la ESCo che, in questa fattispecie, si assume non solo i rischi legati all'investimento, ma anche quello commerciale, che il committente, hanno in questo caso convenienza a stipulare contratti di durata tra i 10 ed i 20 anni, prevedendo penalità ed incentivi, al fine di ridurre i reciproci rischi finanziari ed incentivare la ESCo a mantenere un elevato standard qualitativo: in questo caso, il committente tende ad assicurarsi l'impegno nella performance di qualità nella gestione del sistema da parte della ESCo anche oltre il *pay-back*.

Four Steps

Un'altra forma di finanziamento degli interventi è quella del cosiddetto *Four Steps*. Il contratto parte con l'ottimizzazione della conduzione e manutenzione ordinaria (*Step 1 - O&M: Operation & Maintenance*). I risparmi ottenuti dall'O&M finanziano interventi di efficientamento semplici ed a basso costo (*Step 2*), che a loro volta generano risparmi che possono permettere l'implementazione di misure di taglia media (*Step 3*), ed infine modifiche più impegnative ed a più lungo tempo di ritorno (*Step 4*).

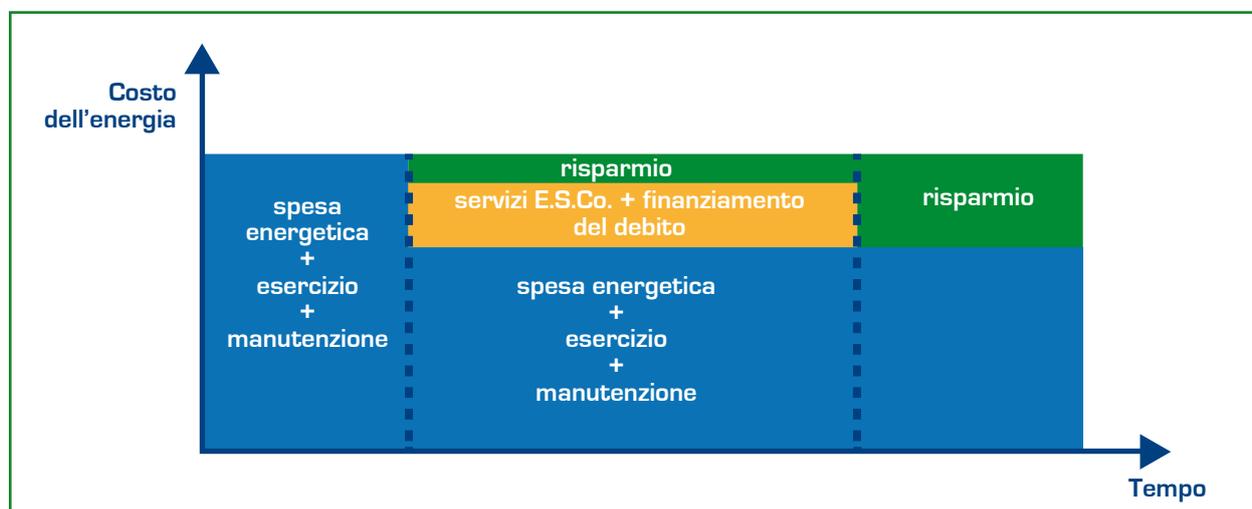
zione e l'ammmodernamento della tecnologia, degli impianti e delle strutture esistenti.

Come illustrato nella FIGURA 5.3, il contratto di EPC vede operativamente come punto di partenza

la spesa *as-is* del cliente. **Il risparmio conseguito grazie agli interventi di efficientamento energetico va, in parte, a remunerare gli investimenti fatti (o in maniera equivalente a restituire il debito contratto per la loro messa in atto dal cliente) ed**

Figura 5.3

Costo dell'energia pre- e post-intervento della ESCo



a ripagare il “valore aggiunto” dei servizi offerti dalla ESCo e, in parte, viene sin da subito “acquisito” dal cliente. Al termine della durata contrattuale, che generalmente si colloca tra i 5 e 10 anni, il risparmio conseguito rimane interamente in capo al cliente. **In aggiunta a questo** – e per la durata di validità, come discusso nel PARAGRAFO 5.1 – **i soggetti coinvolti si dividono (considerandolo una componente del risparmio conseguito) gli eventuali incentivi ottenuti per effetto dello scambio sul mercato dei TEE connessi all’intervento.**

L’EPC è una forma contrattuale complessa, che contiene al suo interno diverse opzioni. A seconda delle scelte fatte dai contraenti – e considerando le evenienze relativamente più diffuse anche nel mercato italiano – si possono distinguere ulteriormente:

- **gli EPC a risparmi garantiti (*Guaranteed Savings EPC*), dove la ESCo garantisce un livello di risparmio energetico (in termini di consumo in kWh) predefinito e, in questo modo, solleva il cliente da ogni rischio di *performance*.** Secondo questa formula, dunque, la ESCo si impegna essenzialmente a garantire che i risparmi non siano inferiori ad un minimo concordato, stabilito sulla base dell’analisi di fattibilità. La garanzia del risparmio si esplica attraverso formule che prevedono un indennizzo, in favore del cliente, in caso di consumi maggiori rispetto a quelli garantiti. Nel caso in cui, invece, si conseguano risparmi superiori a quelli attesi, questi andranno normalmente a beneficio del cliente, oppure verranno condivisi secondo una percentuale prefissata a livello contrattuale. **In un *Guaranteed Savings EPC*, tuttavia, è il cliente ad assumersi l’obbligo contrattuale del pagamento del debito contratto per la realizzazione degli investimenti necessari (interagendo direttamente con l’istituto di credito che fornisce il capitale di debito necessario) ed il conseguente rischio di credito⁵;**
- **gli EPC a risparmi condivisi (*Shared Savings EPC*), dove le parti si accordano sulla suddivisione dei proventi del risparmio di costo dell’energia (in termini di €/anno di “bolletta energetica”) per una durata temporale ed una percentuale definiti nel contratto. La ESCo, ol-**

tre ad assumersi il rischio tecnico inerente alla *performance* a cui è legata la sua remunerazione, **assume anche il rischio di credito:** poiché il cliente si fa carico di una parte del rischio finanziario legato alle *performance*, ma vuole che sia la ESCo a farsi carico degli investimenti necessari ed a sostenerne il relativo rischio. **Nel contratto *Shared Savings EPC*, la proprietà degli impianti e delle opere rimane solitamente in capo alla ESCo, e si trasferisce definitivamente al cliente alla scadenza contrattuale.**

Le differenze fra *Guaranteed Savings EPC* e *Shared Savings EPC* sono quindi in prima battuta legate alla modalità di misura del risparmio, che nel primo caso è sul consumo “reale”, mentre nel secondo si concentra sul costo dell’energia (ed è quindi esposto anche alle fluttuazioni del prezzo di mercato delle fonti energetiche), **ma soprattutto fanno riferimento alle relazioni con gli istituti di credito.**

Questo ci permette di introdurre il tema del modo con cui vengono finanziati gli interventi di efficientamento energetico messi in atto dalle ESCo.

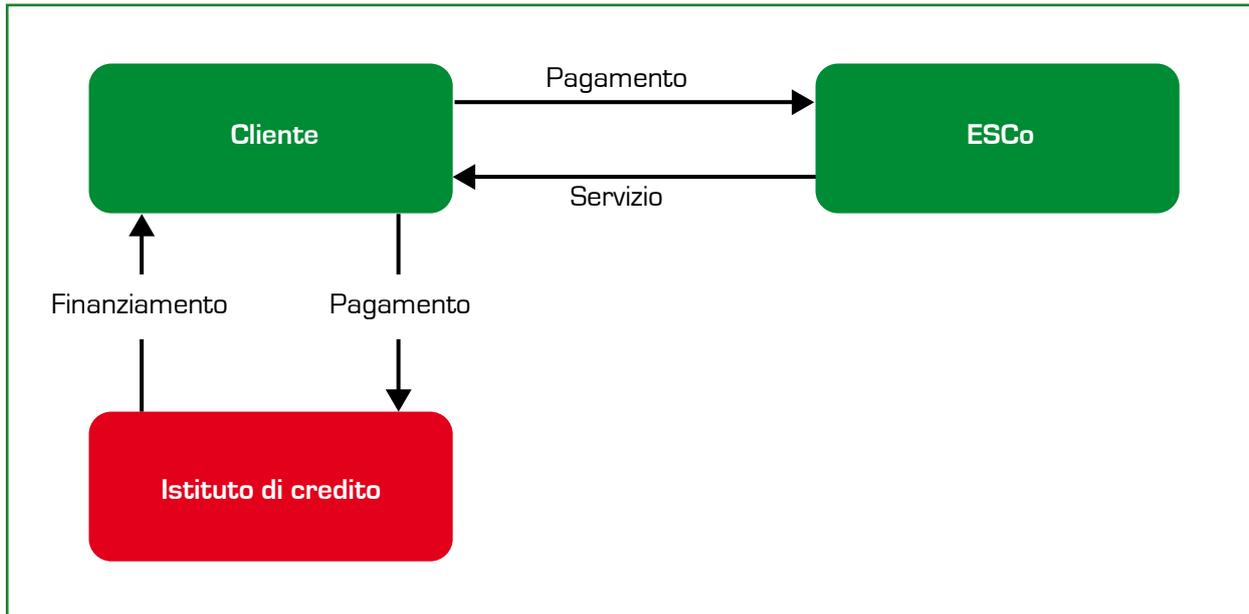
Nel modello *Guaranteed Savings EPC* (SI VEDA LA FIGURA 5.4), l’investimento è a carico del cliente, che può quindi reperire il capitale necessario attraverso strumenti tipo *leasing* o *project financing*⁶ o, nella maggior parte dei casi, attraverso **indebitamento bancario. Il prestito viene in questo caso negoziato e richiesto dal cliente che, una volta ottenutolo, mette a disposizione i soldi alla ESCo che materialmente effettua – secondo il programma di interventi concordato – gli investimenti necessari. Ovviamente, la ESCo gioca spesso un ruolo di “intermediario” fra cliente ed istituto di credito, ed in ogni caso rimane responsabile (ed in questo determinante per la concessione del prestito) della riuscita del progetto di efficientamento, dai cui flussi dipende il ripagamento del debito.**

Nel modello *Shared Savings EPC*, invece, è la ESCo ad essere titolare del rapporto con l’istituto di credito, e resta in capo a lei il reperimento dei fondi necessari. In questo caso, il capitale necessario può però anche essere “condiviso”, nel caso

⁵ Una variante di questo contratto è nota sotto il nome di *Pay From Savings EPC*, in cui si stabilisce che le rate di rimborso del prestito, che il cliente deve alla banca, non siano fisse, ma indicizzate agli effettivi risparmi conseguiti. In tale schema, il piano di restituzione del debito dipende dal livello effettivo dei risparmi. Tale modello può essere adottato, tuttavia, se il finanziatore, ovvero la banca, è in grado di valutare anche sul piano tecnico la bontà del progetto.

⁶ Cfr. Solar Energy Report ed. Aprile 2011, pp. 109-110.

Figura 5.4

Schema di finanziamento nel modello *Guaranteed Savings EPC*

in cui il cliente voglia (e sia per questo ovviamente remunerato) partecipare al reperimento dei capitali. **Appare evidente come, in questo caso, il “peso del debito” gravi sulla ESCo – anche se in realtà questa spesso lo garantisce anche fornendo come collaterali il pagamento anticipato dei risparmi da parte del cliente – e quindi possano accedere a questo meccanismo (illustrato in FIGURA 5.5) solo operatori di una certa dimensione e che godano, per effetto di un *track record* di successo, di una buon “merito di credito” presso le banche. Le piccole ESCo che implementano progetti basati su**

Shared Savings EPC diventano, infatti, rapidamente troppo sbilanciate a livello patrimoniale e rischiano di non essere in grado di contrarre ulteriore debito per i progetti successivi.

Per avere un’idea di quella che è la **distribuzione fra le diverse fonti di finanziamento di progetti EPC** – che si ricorda tuttavia sono ancora una minoranza di quelli sviluppati dalle ESCo in Italia – è possibile analizzare la FIGURA 5.6, che riporta i dati relativi al cumulato dei progetti realizzati dal 2005 a oggi dalle ESCo in Italia. **Appare chiaramente che le due**

Figura 5.5

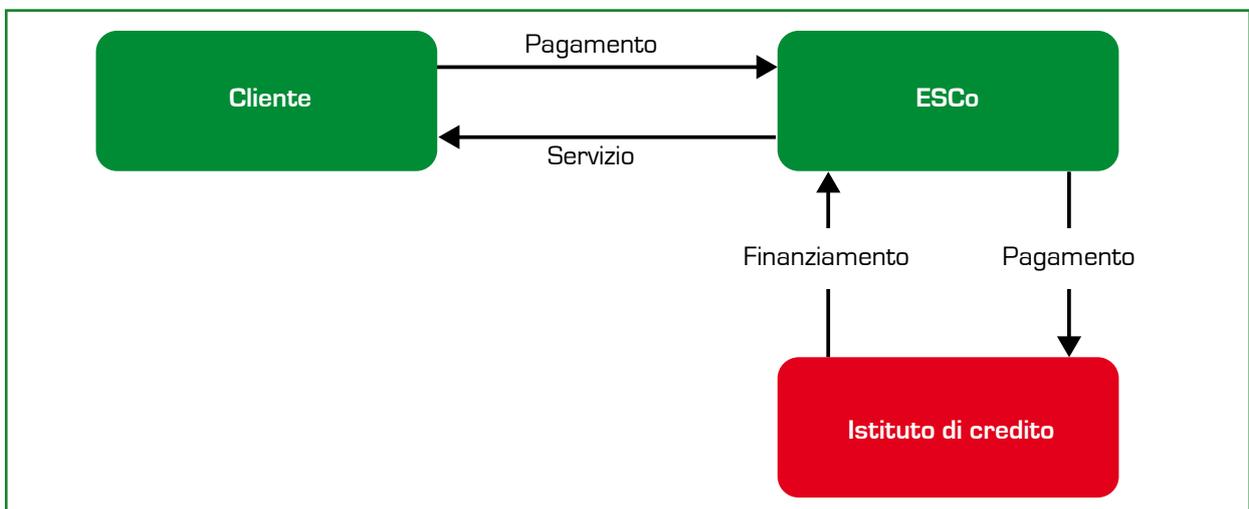
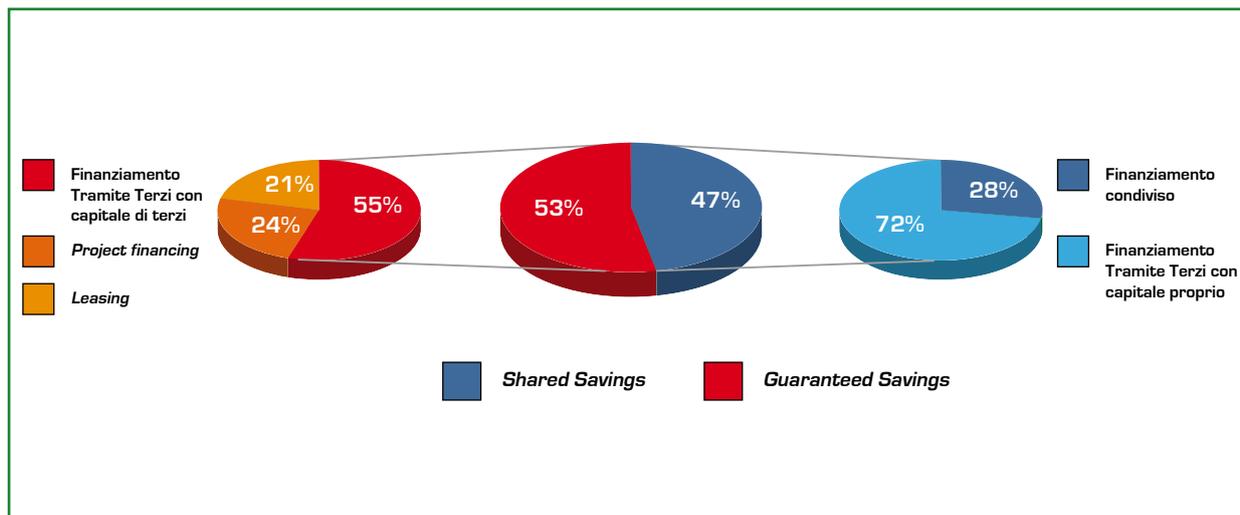
Schema di finanziamento nel modello *Shared Savings EPC*

Figura 5.6

Distribuzione delle fonti di finanziamento di progetti EPC



forme contrattuali *Guaranteed Savings* e *Shared Savings* sono quasi equamente adottate, ma con una tendenza significativa per i clienti che adottano la prima forma a reperire i fondi attraverso meccanismi “ibridi”, come il *leasing* o il *project financing*.

5.3 Le ESCo in Italia

5.3.1 Volume d'affari ed aree di intervento

A Settembre 2011, erano oltre 1.900 le imprese “accreditate” come ESCo presso l’Autorità per l’Energia Elettrica e il Gas (AEEG). Un numero estremamente significativo, se si considera che la procedura di accreditamento è attiva dal 2005 (SI VEDA IL BOX 5.1), ma che non deve trarre in inganno. Se si considerano, infatti, ed è sempre l’AEEG a fornire questo dato, le ESCo che hanno dimostrato nella pratica⁷ la loro attività come operatore di efficientamento energetico, attraverso la presentazione della richiesta di TEE per almeno un progetto implementato, il numero scende decisamente, attestandosi a quasi 300 unità, ossia circa il 15% del totale.

L’analisi condotta dall’Energy & Strategy Group sugli operatori appartenenti a questo sottoinsieme di ESCo, ma che tuttavia comprende le imprese di

maggiori dimensioni ed è quindi una buona *proxy* della totalità del mercato, ha messo in luce che il volume d’affari generato dalle ESCo in Italia è stato nel corso del 2010 (ultimo anno per cui si dispongono di dati di consuntivo) pari a oltre 3,5 mld €. Il trend degli ultimi anni (SI VEDA LA FIGURA 5.7) mette in luce una crescita significativa (+30% rispetto al 2009 e + 130% sull’orizzonte 2006-2010). Il mercato sembra dare, ulteriormente, segnali prospettici positivi anche se si considera che le stime a finire relative al 2011 che le imprese intervistate hanno fornito fanno prevedere un incremento rispetto all’anno precedente di 20 punti percentuali.

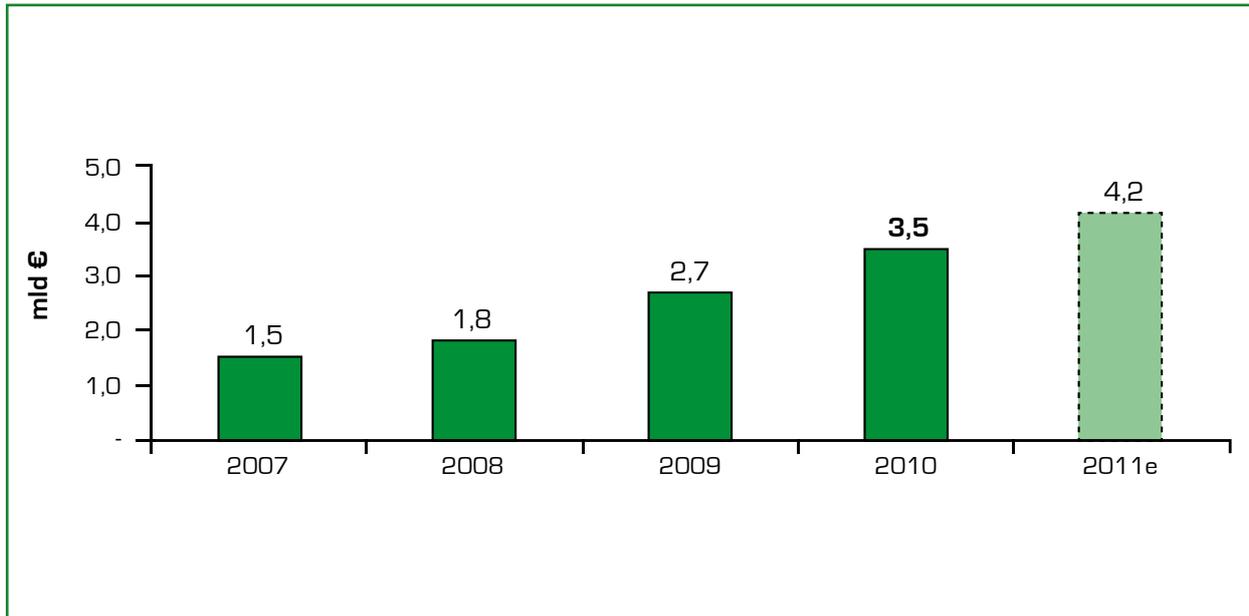
A farla da padrone sono stati quegli interventi, come l’illuminazione e la climatizzazione, che hanno di fatto caratterizzato i primi anni di sviluppo del mercato. Allo stesso modo – in un periodo di “stretta” sui sistemi di incentivazione – hanno dato impulso alla crescita anche le forme alternative di produzione di energia e le fonti rinnovabili. La FIGURA 5.8 mostra la distribuzione percentuale degli interventi dal 2005 a oggi dalle ESCo in Italia, e peraltro richiama le rappresentazioni delle FIGURE 3.70 e 3.71 in chiusura del CAPITOLO 3.

Altra caratterizzazione è l’estrema frammentazione degli interventi. La FIGURA 5.9 evidenzia come,

⁷ Già all’inizio di questo capitolo, si è discusso della presenza di ESCo che, pur operando con progetti anche significativi di efficientamento energetico, non hanno per ora fatto richiesta di TEE. Queste imprese, in assenza di un censimento oggettivo (e nella pratica impossibilità di eseguirlo, vista la varietà di possibili interventi ed operatori), non sono state prese qui in considerazione.

Figura 5.7

Volume d'affari generato dalla ESCo in Italia negli ultimi cinque anni



nel medesimo periodo considerato sopra, **più del 50% degli interventi fatti dalle ESCo (e per cui si è chiesta l'emissione di TEE) sono relativi a risparmi energetici inferiori a 200 tep/anno**. Solo nel 6% dei casi, si sono conseguiti risparmi superiori ai 5.000 tep/anno. **Più è ridotta la portata dell'intervento, più è "piccolo" (in termini relativi) l'edificio presso cui viene fatto e quindi maggiori saranno le difficoltà per il cliente** – in un periodo

di crisi economica così prolungata – a sostenere l'onere dell'intervento di una ESCo. **Il che è tanto più vero nel caso italiano, dove, come visto, è ancora troppo bassa la diffusione di forme contrattuali "evolute" che riducano l'esposizione finanziaria del cliente nei confronti della ESCo.**

Va chiarito, da ultimo, che anche all'interno della popolazione di ESCo "attive" effettivamente sul

Figura 5.8

Distribuzione percentuale degli interventi da parte delle ESCo dal 2005 a oggi

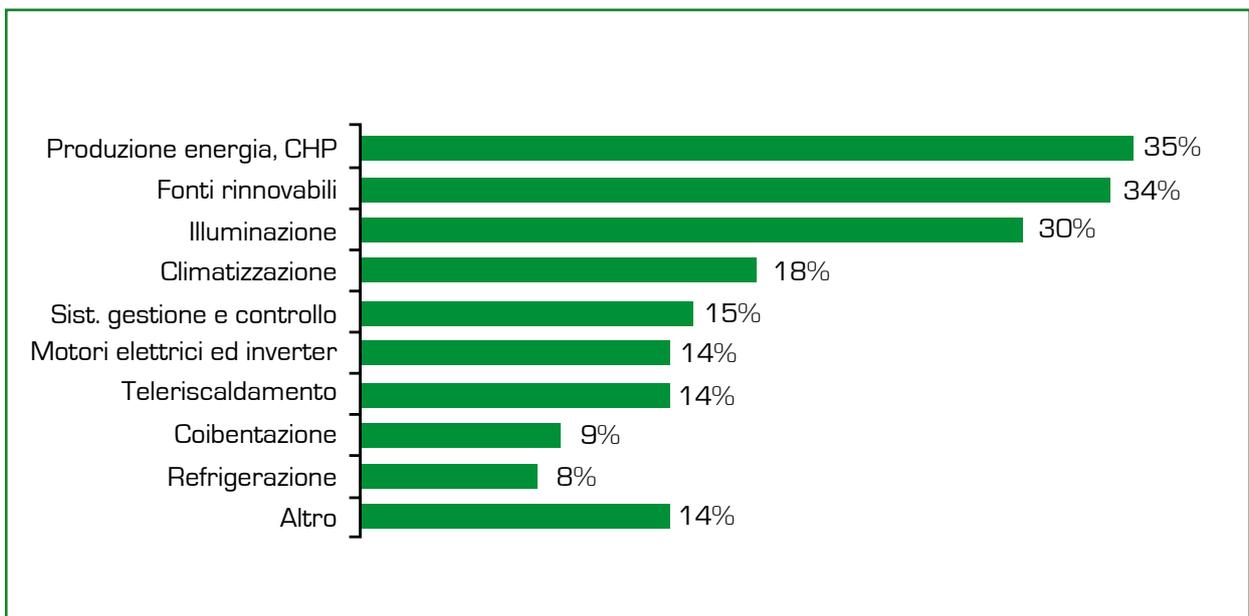
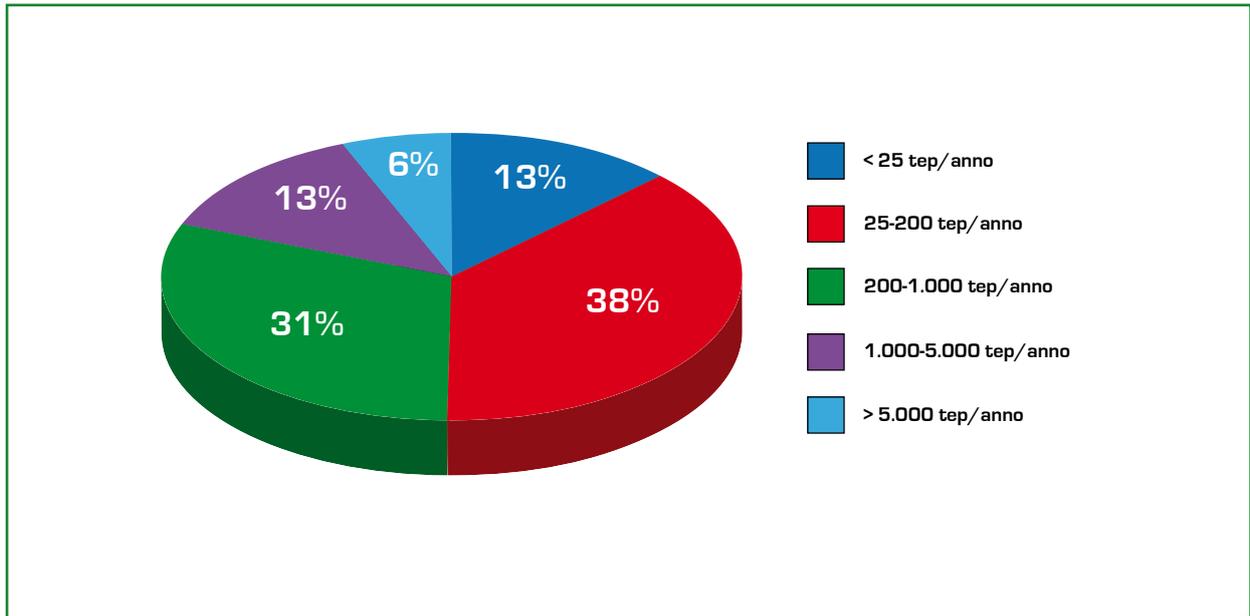


Figura 5.9

Interventi delle ESCo dal 2005 a oggi classificati per fasce di risparmio energetico conseguito



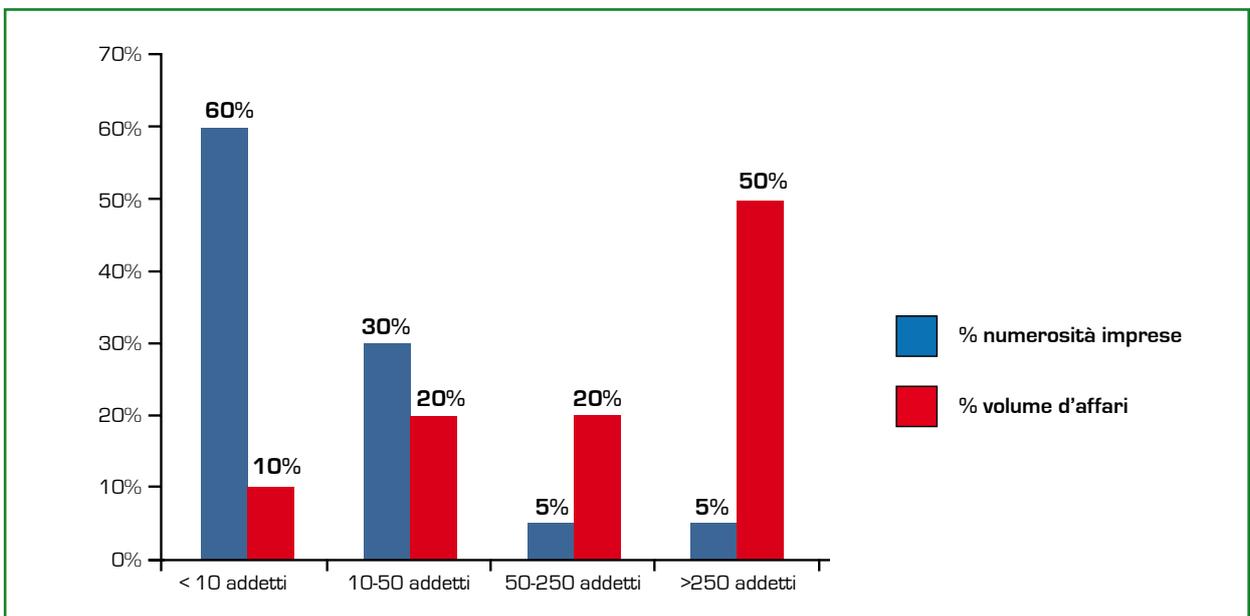
mercato dei TEE si ha una elevata disomogeneità nei profili d'impresa coinvolti. A questa disomogeneità è dedicato il successivo paragrafo, ma è sin da ora importante sottolineare (SI VEDA FIGURA 5.10) come il volume d'affari generato sia “equamente” diviso fra un 5% di ESCo di grandi dimensioni – con più di 250 addetti e che appartengono tipicamente a grandi gruppi multinazionali (come ABB, Cofely, controllata da Gaz De France, SIRAM e Schneider

Electric) – ed il restante 95% di imprese (60% con meno di 10 addetti).

Una disparità così significativa che è legata, a detta degli operatori, alla presenza di basse barriere all'ingresso del settore (con il risvolto negativo di avere in taluni casi un livello di professionalità “non ottimale”), ma anche al “peso” che il brand e le relazioni già consolidate con clienti di grandi

Figura 5.10

Ripartizione della numerosità e del volume d'affari delle ESCo in Italia al 2010



dimensioni hanno nel determinare il successo dei grandi Gruppi.

5.3.2 Modelli di business

Il Decreto 115/2008 che riporta, come si è già discusso in precedenza, la definizione di ESCo secondo la normativa italiana, è stato poi seguito più di recente da una **norma tecnica di certificazione volontaria per le ESCo, ovvero la norma UNI CEI 11352:2010 “Gestione dell’Energia. Società che forniscono servizi energetici (ESCo) - Requisiti generali e lista per la verifica dei requisiti”**. La certificazione è solo volontaria – anche se il Piano d’Azione Italiano per l’Efficienza Energetica 2011 ne riconosce esplicitamente l’importanza al fine del raggiungimento degli obiettivi di efficientamento energetico del nostro Paese – ma è **interessante**, parlando di modelli di *business*, **analizzare qual’è la configurazione che il legislatore ritiene più coerente con la definizione stessa di ESCo**.

Per operare come una vera ESCo, è necessario che si realizzino tutte e quattro le seguenti condizioni:

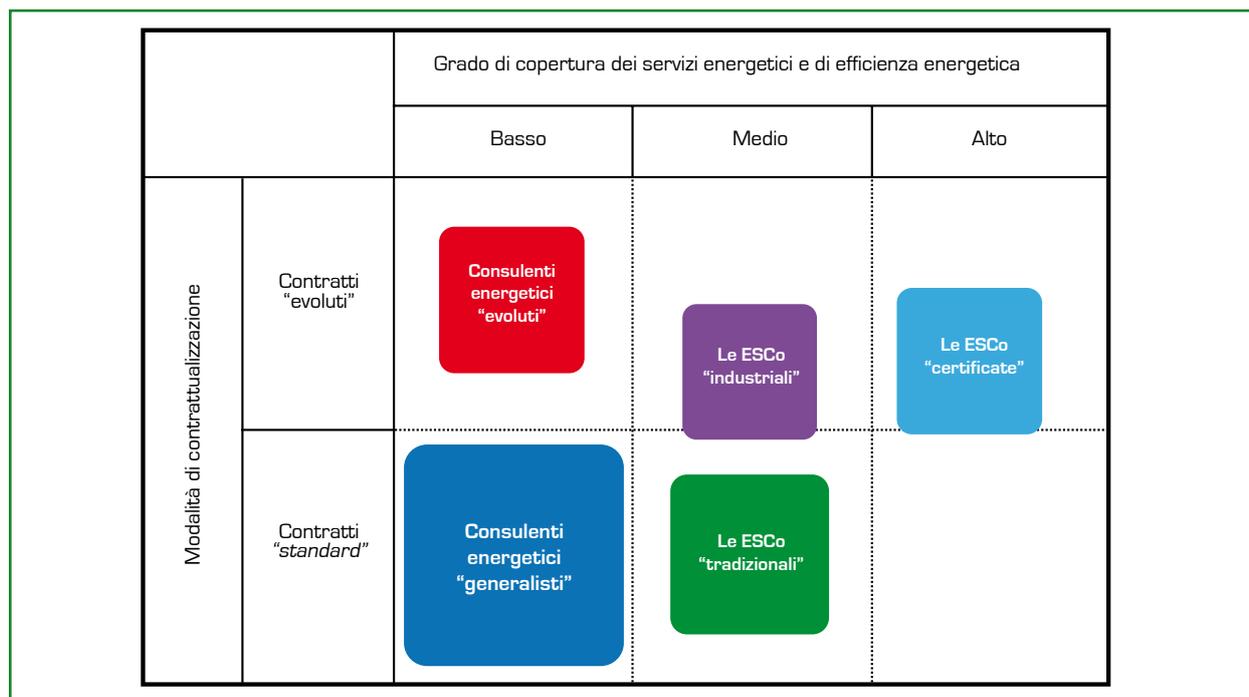
- offerta di un “servizio di efficienza energetica”,

ossia un servizio finalizzato al conseguimento di un miglioramento dell’efficienza energetica di un sistema di domanda e consumo di energia, nel rispetto di tutti i criteri prestazionali concordati e determinato sulla base dei dati raccolti e relativi al consumo energetico. Tale servizio deve comprendere l’identificazione, la selezione e l’implementazione di azioni e la verifica del miglioramento, per un periodo definito contrattualmente e tramite metodologie concordate;

- offerta di un “servizio energetico integrato”, ossia tutte⁸ le attività di diagnosi energetica, la verifica della rispondenza degli impianti e delle attrezzature alla legislazione di riferimento, l’elaborazione di studi di fattibilità con analisi tecnico-economica e la scelta delle soluzioni più vantaggiose, la progettazione degli interventi da realizzare, la realizzazione degli interventi di installazione, la conduzione degli impianti garantendone la resa ottimale, la manutenzione ordinaria (preventiva e correttiva), il monitoraggio del sistema di domanda e consumo di energia, la presentazione di adeguati rapporti periodici al cliente, il supporto tecnico, la gestione degli incentivi e delle pratiche burocratiche, l’attività di formazione e informazione dell’utente, la certificazione energetica degli edifici;

Figura 5.11

Segmentazione delle ESCo in Italia



⁸ La norma prescrive in realtà che sia ammissibile, ma con specifica indicazione in sede contrattuale, che alcune di queste attività siano svolte da altre imprese. In ogni caso è la ESCo che le contrattualizza e ne è quindi responsabile nei confronti del cliente.

- offerta di una “garanzia contrattuale” di miglioramento dell’efficienza energetica, con assunzione in proprio dei rischi tecnici e finanziari connessi con l’eventuale mancato raggiungimento degli obiettivi concordati;
- collegamento della remunerazione dei servizi e delle attività fornite al miglioramento dell’efficienza energetica ed ai risparmi conseguiti.

Se si riconducono le quattro condizioni sopra identificate a due dimensioni:

- una, che assomma le prime due, misurando il grado di copertura dei servizi energetici e di efficienza energetica, ovvero la capacità dell’impresa in esame di essere interlocutore unico per il cliente per lo meno nelle fasi “chiave” (*audit* energetico, progettazione, verifica e misura dei risultati e gestione e manutenzione);
- una seconda, che invece accorpa le ultime due definite dalla citata norma UNI CEI 11352:2010, relativa alla **modalità di contrattualizzazione**

che distingue le imprese sulla base della loro attitudine ad offrire contratti “standard” oppure “evoluti” (SI VEDA IL PARAGRAFO 5.2); è possibile segmentare l’intero panorama delle ESCo in Italia come indicato nella FIGURA 5.10. Ciascuno dei cinque *cluster* evidenziati nella matrice è popolato da un numero più o meno elevato di imprese. La numerosità evidenziata in FIGURA 5.10 dipende dall’evidenza empirica misurata sulla popolazione di quasi 300 imprese più volte richiamate in questo capitolo come ESCo “attive”, mentre in TABELLA 5.1 se ne riporta l’elenco delle principali.

E’ evidente come le ESCo che rispondano pienamente ai requisiti della citata norma UNI siano solo quelle del *cluster* in alto a destra, qui rubricate come “ESCo certificate”, e siano quindi relativamente una minoranza all’interno del panorama italiano.

Il resto del paragrafo, tuttavia, si occuperà di dettagliare le caratteristiche di ciascuno di questi *cluster* di imprese.

Tabella 5.1

Elenco delle principali ESCo “operanti” (in base all’accezione dell’AEEG) in Italia

Impresa	Sede	Addetti	Fatturato 2010 [mln €]
Sorgenia S.p.A.	Milano (MI)	415	2.668
ABB S.p.A.	Sesto San Giovanni (MI)	5.550	2.462
Cofely Italia S.p.A.	Roma (RM)	2.222	1.090
Alpha Trading S.p.A.	Genova (GE)	n.d.	960
Siram S.p.A.	Milano (MI)	2.696	630
Green Network S.p.A.	Roma (RM)	25	623
Linea Group S.p.A.	Cremona (CR)	1.189	535
Schneider Electric S.p.A.	Stezzano (BG)	1.321	495
Fenice S.p.A. a socio unico	Rivoli (TO)	2.150	474
Exergia S.p.A.	Roma (RM)	49	462
Burgo Energia S.r.l.	San Mauro Torinese (TO)	16	286
A2A Calore & Servizi S.r.l.	Milano (MI)	327	264
Iren Energia S.p.A.	Torino (TO)	483	203
Honeywell S.r.l.	Cassano Magnago (VA)	364	165
Enel Sole S.r.l.	Roma (RM)	309	139
Centomilacandele S.C.P.A.	Milano (MI)	n.d.	116
Troiani Ciarrocchi S.r.l.	Monteprandone (AP)	82	102
Enel.si S.r.l.	Roma (RM)	326	89
Guerrato S.p.A.	Rovigo (RO)	236	82
Iride Servizi S.p.A.	Torino (TO)	199	78

I consulenti energetici “generalisti”

Il primo *cluster*, che è anche il più numeroso, costituendo da solo circa il 40% del campione di indagine, identifica le ESCo (o meglio le imprese che offrono servizi ESCo) che si sono ritagliate – rispetto alla varietà di compiti che è possibile svolgere – il ruolo di consulenti energetici “generalisti”.

Si tratta infatti di operatori – a dire il vero molto eterogenei fra loro per dimensione e classe di fatturato, comprendendo imprese “grandi” dell’energia che hanno intrapreso un percorso di diversificazione potendo mettere sul campo però elevate risorse (è il caso di A2A Calore & Servizi), ma anche imprese di dimensioni molto piccole – che concentrano la loro attività su quello che si è definito, nel PARAGRAFO 5.1, *audit* energetico e studio di fattibilità tecnico-economica, ovvero il primo step del processo di interazione potenziale fra ESCo e cliente.

Gli interventi di efficientamento energetico cui partecipano, in termini di tecnologie e soluzioni proposte, sono piuttosto variegati (ed in questo senso li si è definiti “generalisti”), ma affrontati in prevalenza con meccanismi contrattuali di tipo *standard*, ricorrendo anzi nella maggior parte dei casi al finanziamento degli investimenti da parte del cliente stesso.

I clienti serviti sono tipicamente concentrati fra il segmento residenziale dei privati e della Pubblica Amministrazione, con una predilezione per le “piccole taglie”. Nonostante il volume d'affari di alcune delle ESCo appartenenti a questo *cluster* sia comunque interessante, infatti, esso è il risultato della giustapposizione di un gran numero di interventi di piccole dimensioni, ove si privilegiano (anche per caratteristiche contrattuali) soluzioni tecnologiche consolidate e che garantiscono ritorni nel breve o brevissimo periodo.

I consulenti energetici “evoluti”

Il 15% del campione di ESCo analizzate è caratterizzato dal medesimo focus del *cluster* precedente sull’*audit* energetico e la realizzazione dello studio di fattibilità tecnico-economica, ma con una predilezione (da cui il nome scelto qui) per forme contrattuali di tipo evoluto.

A dispetto dell’adozione di meccanismi di relazione con il cliente più simili a quelli di una ESCo “certificata”, le imprese di questo *cluster* sono tipicamen-

te di dimensioni molto ridotte (con un organico in media inferiore ai 20 addetti) e vedono nell’innovazione contrattuale – che le porta ad assumersi maggiori rischi – l’unica leva per avere accesso al segmento di mercato degli operatori del settore industriale. Dal punto di vista del finanziamento, infatti, salvo poche eccezioni di finanziamento condiviso, anche le ESCo di questo *cluster* lasciano in capo al cliente – e quindi con forme tipo *leasing* o più spesso prestiti bancari – il reperimento (ed il connesso rischio) di fondi necessari per l’intervento.

I settori di intervento prevalenti sono quelli legati all’utilizzo finale dell’energia che non richiedono competenze fortemente specializzate (come ad esempio illuminazione e cogenerazione), oppure alla produzione di energia da fonti rinnovabili.

I progetti hanno solitamente dimensioni comprese tra 1 e 10 MW di potenza, e la modalità di rendicontazione prevalente è quella *standard*, con solo qualche operatore che mostra maggior impegno nella fase di misurazione dei risparmi attraverso la presentazione di progetti a consuntivo.

Le ESCo “tradizionali”

Le imprese appartenenti a questo *cluster* sono spesso le “eredi” delle prime forme di ESCo nate in Italia negli anni ’80. Si tratta infatti di operatori che hanno come cliente principale (se non esclusivo) la Pubblica Amministrazione, alla quale offrono contratti di medio-lungo termine che comprendono anche la conduzione e manutenzione degli impianti energetici.

Nella maggior parte dei casi, soprattutto negli ultimi anni, l’offerta di soluzioni si è allargata da quella tradizionale di tecnologie per la riduzione dei consumi (nei contratti di “gestione calore” ad esempio) a quella di generazione di energia, sfruttando lo sviluppo e le incentivazioni previste per l’impiego di fonti rinnovabili.

Le ESCo “industriali”

Gli operatori appartenenti a questo *cluster* sono dal punto di vista dimensionale (un po’ come accaduto per il *cluster* dei consulenti energetici “generalisti”) molto eterogenei fra loro, con da un lato società molto strutturate e di grandi dimensioni che operano sul territorio nazionale (ad esempio Cofely Italia) e, dall’altro lato, operatori relativamente più piccoli, con fatturati inferiori a 2-3 mln € e che operano su scala locale o regionale (SI VEDA IL BOX 5.3).

Box 5.3**Energia Plus Roma**

Energia Plus Roma è una S.r.l. operante principalmente nell'area centro-meridionale della penisola italiana, servendo esclusivamente il settore industriale e utilizzando in diversi casi modalità contrattuali evolute quale quella del *Guaranteed Savings* o del *Pay from Savings*. Il portafoglio di tecnologie è relativamente ampio, dalla cogenerazione alla coibentazione, dagli interventi industriali (*inverter*, motori elettrici, ecc.) fino ai sistemi

di controllo e di gestione. Il grado di integrazione dei servizi offerti alla clientela è mediamente elevato, ma manca la fase essenziale di gestione e manutenzione. I progetti affrontati, di media grandezza e rendicontati generalmente a consuntivo, sono finanziati tramite capitale di terzi e nel caso dei progetti più consistenti si è fatto ricorso alla forma di finanziamento evoluta del *Project Financing*.

Essi sono tuttavia contraddistinti da alcuni tratti comuni:

- un'offerta "a tutto tondo" di tecnologie che permettono sia l'uso che la produzione efficiente di energia elettrica e calore, ovvero con un approccio "sistemico" al problema di efficientamento energetico del cliente;
- un focus sui clienti industriali o, per analogia, sulla "grande" Pubblica Amministrazione (scuole ed ospedali);
- dimensioni relativamente medie (comprese fra 1.000 e i 5.000 tep/anno) dei progetti affrontati, ma con una grande variabilità delle forme di contrattualizzazione e di finanziamento e meccanismi di rendicontazione puntuali (ossia "a consuntivo").

Le ESCo "certificate"

Appartengono a questo cluster le ESCo che rispondono ai citati requisiti della norma UNI CEI 11352:2010, indipendentemente dal fatto che si siano o meno avvalse di questa forma di "certificazione".

A caratterizzare in maniera esclusiva questo cluster di operatori è il livello di integrazione dei servizi offerti, che si accompagna, nella maggior parte dei casi, anche a forme contrattuali di natura evoluta. La presenza di contratti "standard", infatti, è principalmente legata alla necessità per le ESCo "certificate" di approcciare soprattutto la Pubblica Amministrazione, la quale ancora predilige forme quali lo *Chauffage* (SI VEDA IL BOX 5.2).

L'incentivazione tramite TEE è considerata da queste ESCo come "eventuale" aggiuntivo rispetto alla remunerazione derivante dagli effetti dell'intervento, tanto è vero che non vengono quasi mai presi in considerazione i casi di interventi "standard" (come ad esempio la sostituzione delle lampade), bensì ci si assume l'onere della rendicontazione per l'emissione di TEE solo se si possono costruire schede "a consuntivo", ovvero connesse ad interventi complessi.

Altra differenza sostanziale con gli altri cluster è che le ESCo "certificate" si dotano molto spesso di notevoli capacità finanziarie per attivare i propri interventi, operando con meccanismi di

Box 5.4**ABB**

In qualità di *equipment supplier*, è interessante analizzare il caso di ABB, un grande gruppo multinazionale leader globale nelle tecnologie per l'energia e l'automazione. Il differenziale tra le due polarizzazioni, esemplificando il caso di ABB, risiede nel fatto che in qualità di fornitore della tecnologia stessa, la società è da un lato legata a questo tipo di offerta di prodotti e dall'altro lato può far leva sul servizio di manutenzione, che spesso non viene

garantito dalle piccole ESCo, che diventa uno dei suoi più grandi "cavalli di battaglia" anche sui piccoli interventi. Inoltre, essendo *equipment supplier*, si configura per ABB un rapporto duplice con le altre ESCo *ad hoc*:

- di competizione nell'offerta dei servizi di efficienza energetica;
- di contrattazione nella fornitura dei componenti alle stesse ESCo.

Box 5.5

Generale Energia

Comparata con un grande *equipment supplier*, il *plus* di una ESCo *ad hoc* è quello di vendere una garanzia di riduzione dei consumi, indipendentemente dalla scelta tecnologica. È il caso di Generale Energia, una ESCo appartenente al gruppo Tesa, il cui obiettivo è la vendita e l'assistenza dei prodotti Caterpillar (ponendosi come *dealer* ufficiale per l'Italia e l'area dell'Ex-Jugoslavia). Generale Energia è nata nel 2002 per rispondere all'esigenza dei clienti di Tesa di beneficiare dei vantaggi della cogenerazione nella produzione di energia ma senza l'onere della proprietà degli impianti e rischi tecnici connessi. Opera attualmente su tutto il territorio nazionale e presenta un trend di forte crescita del proprio business: nel 2007 il fatturato si è attestato a 1,5 mln €, nel 2008 a 3,4 mln €, nel 2009 a 6,5 mln € e nel 2010 a 8 mln €, più che quadruplicando così il proprio risultato in tre anni. Essa non vende

né progetti, né consulenze, non fornisce solo manutenzione o assistenza, ma vende ciò che il risparmio energetico determina: una riduzione di consumi di energia primaria e un risparmio in termini economici, indipendentemente dalle scelte tecnologiche effettuate: la cogenerazione e la trigenerazione sono le tecnologie maggiormente presiediate, tuttavia non sono le uniche ad essere utilizzate. Il “*target* di progetto” può essere espresso in due modi: almeno 1 mln € di costo della bolletta energetica del cliente, oppure interventi di potenza compresa tra 1 e 10 MW. I progetti vengono finanziati facendo ricorso a indebitamento, con la società che si fa carico dell'accensione del debito; i progetti sono tipicamente rendicontati all'AEEG “a consuntivo”, ma l'approvazione al rilascio dei TEE da parte dell'Autorità non costituisce mai una condizione necessaria alla decisione di intraprendere l'intervento.

finanziamento in cui siano esse stesse a negoziare il debito.

Appare evidente come sia a questo tipo di ESCo che è strutturalmente demandata larga parte della crescita dell'efficientamento energetico in Italia, ed è a questo proposito interessante notare come – nonostante la ridotta numerosità relativa (solo il 18% del campione) – appartengano a questo cluster i grandi *equipment supplier* (SI VEDA IL BOX 5.4), che hanno visto nell'efficienza energetica il naturale completamento della propria offerta, e le ESCo “*ad hoc*” (SI VEDA IL BOX 5.5), nate come iniziativa imprenditoriale nel nostro Paese.

5.3.3 Prospettive di sviluppo

Nel paragrafo precedente si è discusso il panorama attuale delle ESCo in Italia, evidenziando una situazione ancora fortemente “ancorata” ad una tipologia di approccio “consulenziale” al risparmio energetico. Di certo, sono ancora pochi gli operatori che si assumono in pieno il “rischio” tecnico e finanziario della loro attività di ESCo.

Gli operatori intervistati sono però quasi unanimi nel ritenere che la crescita del sistema delle ESCo nel nostro Paese non possa che passare da quattro punti fondamentali:

- **il progressivo “svincolarsi” dal sistema di incentivazione “standard” dei TEE**, che come visto sta mostrando più di un limite (SI VEDA IL PARAGRAFO 2.3.1), **per concentrarsi su tipologie di intervento che siano intrinsecamente vantaggiose per il cliente e per la ESCo stessa**, a fronte di soluzioni tecnologiche che certo non mancano;
- **la connessa evoluzione dei meccanismi contrattuali verso forme “evolute”**, ovvero verso una vera **compartecipazione dei “rischi” fra i soggetti coinvolti** e soprattutto con un ruolo propulsore di quelle ESCo che riescano a mettere in campo una capacità di finanziamento degli interventi autonoma ed indipendente;
- **la ancora maggiore “integrazione” dei servizi offerti, con un pacchetto di tecnologie e soluzioni che rispondano in maniera sempre più specifica alle esigenze non solo di riduzione dei consumi, ma anche di generazione *in loco* di energia**. Non è un caso che al mondo delle ESCo guardi con attenzione ricambiata anche il vasto numero di operatori EPC (questa volta nell'accezione *Engineering, Procurement & Construction*) che già sono attivi nel mondo delle rinnovabili, fotovoltaico e biomasse *in primis* (SI VEDA IL BOX 5.6);
- **la diffusione dei servizi ESCo per il mondo delle imprese industriali**, che richiede eviden-

Box 5.6**La partnership tra Solon e Officinae Verdi**

È dell'estate 2011 la notizia che UniCredit e WWF danno vita a Officinae Verdi, una ESCo che integra competenze finanziarie, ambientali e tecnologiche per lo sviluppo del mondo dell'efficienza energetica. Recentemente, Solon, società che opera sul mercato italiano del fotovoltaico come operatore EPC, si è aggiunto al progetto Officinae Verdi. L'accordo con Solon ha permesso l'avvio dell'attività operativa della ESCo a partire dall'autunno del 2011 con essenzialmente due *target* di clienti cui rivolgersi: famiglie e piccole-medie imprese da un lato, grandi aziende ed enti dall'altro. Officinae Verdi offrirà ai propri

clienti pacchetti che combinano impianti fotovoltaici ed efficienza energetica, supportato da prodotti finanziari *ad hoc*. Inoltre, essa supporterà le grandi imprese e gli enti, realizzando piani di riqualificazione energetica con lo strumento del *Project finance* di UniCredit; il cliente che deciderà di effettuare interventi di riqualificazione energetica potrà beneficiare di una quota di risparmio in bolletta fin da subito, mentre l'investimento supportato dal *Project Finance* ed il lavoro della ESCo si ripagheranno in pochi anni con i flussi derivanti dal risparmio in bolletta.

temente un incremento delle competenze specifiche degli operatori (giacché ogni processo industriale ha caratteristiche di unicità che lo rendono molto più complesso rispetto all'analisi qui trattata del fabbisogno energetico dell'edificio) ma allo stesso tempo – e pur su un potenziale relativo agli edifici non enorme, come visto nel CAPITOLO 4 – **può garantire marginalità connesse ai risparmi energetici ancora maggiori.**

In altre parole, lo sviluppo del settore è legato al progressivo incremento del “peso” delle ESCo che si sono definite prima come “certificate”, non tanto per la presenza di una forma di riconoscimento normativo, quanto perché assommano nel loro modello di *business* le caratteristiche che si sono appena discusse.

Non mancano i segnali incoraggianti, come ad esempio il *trend* di crescita della diffusione delle forme contrattuali “evolute” (che sono passate da quasi 10% di tre anni fa ad oltre il 20% di oggi), oppure la spinta all'integrazione delle competenze e dei servizi cui si è assistito di recente (ed il BOX 5.6 ne è un esempio), oppure ancora la crescita di consapevolezza dell'importanza degli obiettivi di efficienza energetica con la recente emanazione del nuovo PAEE (SI VEDA IL CAPITOLO 1), **ma sono ancora molte le barriere da superare.**

La principale, almeno a detta degli operatori, è il fatto che **il sistema bancario non riesce a ricono-**

scere il “giusto” premio al comparto dell'efficienza energetica, poiché fatica a valutare adeguatamente le garanzie fornite dalle ESCo.

In questo senso – nonostante il problema non sia comunque solo italiano – va interpretato il segnale dello stanziamento di 2,3 mld € nel 2010 (che è parte di un programma pluriennale ben più ambizioso) da parte della Banca Europea per gli Investimenti per finanziare interventi di efficienza energetica: la priorità è riconosciuta a quei progetti che (i) permettano di conseguire risparmi nel consumo energetico pari ad almeno il 20% o (ii) sebbene permettano di conseguire risparmi nel consumo energetico inferiori al 20%, generino un risparmio almeno pari al 50% dei costi totali d'investimento. Anche il Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica auspica esplicitamente l'avvio del fondo rotativo nazionale⁹ di cui si fa menzione nel D. Lgs. n. 28 del 3 Marzo 2011, introdotto dalla Legge n. 296 del 27 Dicembre 2006 (“Finanziaria 2007”), e l'avvio di una campagna informativa volta a promuovere il coinvolgimento delle banche nel finanziamento degli interventi di efficientamento energetico.

Ma è evidente che non può essere l'attore pubblico, soprattutto in un periodo come questo, ad immettere sul mercato tutte le risorse necessarie al rilancio degli interventi di efficientamento energetico.

E' altrettanto vero, tuttavia, che la “bancabilità” dei progetti di efficienza energetica è un problema nuovo e non da poco per il sistema creditizio

⁹ Fondo dall'ammontare di 600 mln €, da dividere equamente su un periodo triennale, di cui possono beneficiare le imprese (tra cui le ESCo), i soggetti pubblici e anche i privati cittadini per finanziare interventi legati alle tecnologie delle rinnovabili, della cogenerazione e dell'efficienza energetica, con particolare riguardo agli impianti di piccola-media taglia.

Box 5.7

Il finanziamento all'efficienza energetica della banca Monte dei Paschi di Siena

“Save” è il finanziamento destinato alle aziende, cliente-la *Corporate* segnalata da Enel.Si, dedicato a interventi quali:

- installazione/sostituzione, tramite fornitura di Enel. Si o *partner* indicato dalla stessa, nuovi motori, *inverter* e meccanismi di trasmissione della forza motrice a più alta efficienza;
- interventi per la razionalizzazione del consumo e risparmio energetico (nuovi impianti per l'efficienza energetica);
- installazione di impianti per la valorizzazione delle fonti rinnovabili (impianti solari termici);
- *power quality* (sistemi di condizionamento dell'alimentazione elettrica per il mantenimento di *standard* prefissati di qualità della stessa);

- rifasamento di reti elettriche in stabilimenti industriali (alimentati in bassa, media ed alta tensione);
- impianti di cogenerazione di potenza medio-bassa (climatizzazione di ambienti e recuperi di calore in edifici climatizzati con l'uso di fonti energetiche non rinnovabili);
- microgenerazione e/o generazione diffusa;
- *energy management* (servizi di consulenza, monitoraggio dei consumi, *audit* e *check up* forniti da Enel. Si alla clientela ai fini della razionalizzazione del consumo e del risparmio energetico e dell'ottimizzazione degli stessi dal punto di vista contrattuale, impiantistico, ecc.).

L'importo finanziabile varia da un minimo di 30.000 € a un massimo di 1 mln € con durata 5 anni.

del nostro Paese. La capacità del beneficiario del prestito di adempiere ai propri doveri contrattuali, infatti, dipende principalmente dalle sue capacità di solvibilità. Essendo la solvibilità di qualsiasi soggetto legata alla sua capacità di reddito, la solvibilità della ESCo è quindi assicurata dai flussi di risorse generati nel tempo dalla gestione degli interventi di risparmio energetico, i quali si ripagano grazie alla maggiore efficienza energetica conseguita. **La logica dovrebbe essere la stessa con cui si erogano prestiti, ad esempio, per la realizzazione di impianti fotovoltaici, con la differenza che la “certezza” dei ritorni è molto meno evidente, giacché non vi è lo Stato a fare da “garante”, ma soprattutto ogni progetto andrebbe analizzato e compreso nelle sue caratteristiche precipue di risparmio energetico.** Gli istituti bancari dovrebbero perciò acquisire un grado di maturità superiore nei confronti di questo tipo di iniziative imprenditoriali,

convergen-do verso la formulazione di specifici piani di finanziamento ad uso delle ESCo ed improntati chiaramente sulla garanzia offerta dalla “validità del progetto”. Alcuni esempi “virtuosi” in questo senso sono già presenti, uno dei quali è discusso nel BOX 5.7, ma è ovviamente ancora lunga la strada da percorrere.

La maggiore “apertura” del sistema bancario è un prerequisito indispensabile per lo sviluppo, soprattutto se si considera che la sua assenza può indurre a comportamenti meno “virtuosi” da parte delle ESCo. Di fronte alla necessità di contenere gli investimenti e/o di limitare al minimo il tempo di *pay back*, è possibile che le ESCo rivolgano la propria azione solo ad interventi “limitati”. Tuttavia, **in questa fase critica dello sviluppo del settore, certo non è il miope “shortermismo” degli interventi quello di cui c'è bisogno.**

Gruppo di lavoro

Vittorio Chiesa - *Direttore Energy & Strategy Group*

Davide Chiaroni - *Responsabile della Ricerca*

Federico Frattini - *Responsabile della Ricerca*

Marco Alberti - *Project Manager*

Lorenzo Boscherini

Simone Franzò

Riccardo Terruzzi

Annalisa Tognoni

Con la collaborazione di:

Anna Ciccone

Alessandro Maria Citterio

Marta Brunetta Colombo

Davide Colombo

Stefania Ellero

Martina Ghioni

Maurizio Ledda

Antonio Marchi

Matteo Menconi

Marco Giacomo Paganardi

Marco Pellini

Maddalena Pernechele

Davide Porro

Valentina Reis

Salvatore Russo

Marta Sansavini

Alberto Tansini

Andrea Tardivo

Gabriele Totisco

Metodologia

La ricerca i cui risultati sono raccolti nell'Energy Efficiency Report è stata condotta utilizzando approcci metodologici diversi, ancorché complementari e tra loro interrelati. Ciò si è reso necessario data l'ampiezza ed eterogeneità delle tematiche che il Rapporto ha affrontato: la convenienza economica ed i possibili sviluppi di mercato delle tecnologie per l'efficienza energetica negli edifici, il quadro normativo in essere ed infine i modelli di *business* delle ESCo.

La normativa

Il capitolo del Rapporto che esamina il quadro normativo in essere ed interpreta i suoi impatti sul *business* dell'efficienza energetica si basa in primo luogo sull'analisi estensiva della normativa relativa alle prestazioni energetiche degli edifici, alle costruzioni in edilizia ed alla produzione di energia da rinnovabili. A questo studio estensivo si aggiunge la raccolta di opinioni di esperti ed operatori del mercato, che ha consentito di comprendere più nel dettaglio l'impatto che il quadro normativo sta avendo e verosimilmente avrà nel futuro sulla diffusione per l'efficienza energetica negli edifici.

La tecnologia

Il capitolo del Rapporto che discute le alternative tecnologiche per fare efficienza energetica negli edifici e ne studia la convenienza economica si basa principalmente su:

- l'analisi estensiva della letteratura tecnica ed ingegneristica sul tema e delle ricerche promosse dai principali centri ed istituti di ricerca a livello mondiale;
- la consultazione dei cataloghi e dei siti *web* delle principali imprese che sviluppano e commercializzano queste tecnologie, da cui sono stati ricavati dati su prezzi e livelli di efficienza raggiungibili;
- un *panel study* che ha coinvolto esperti del settore, ricercatori e professori afferenti ad istituzioni diverse dal Politecnico di Milano, per corroborare le informazioni raccolte.

Al fine di favorire al lettore la comprensione delle valutazioni fatte nel capitolo del Rapporto relativo alle tecnologie dell'efficienza energetica, ed eventualmente di dargli la possibilità di condurre una valutazione indipendente cambiando – ove lo ritenesse opportuno – i parametri di riferimento, nelle tabelle che seguono si riporta il dettaglio dei valori medi di riferimento che sono stati considerati per ogni ambito tecnologico oggetto di studio.

Illuminazione

Ambito di applicazione	Soluzione più efficiente	Soluzione di riferimento	Δ costo investimento [€/unità]	Δ risparmio [kWh _{el} /anno]	Utilizzo medio [ore/anno]	Vita utile della soluzione più efficiente [ore]
Residenziale	Fluorescente compatta	Incandescente	4	36	800	8.000
Uffici	Fluorescente tubolare T5 con alimentatore elettronico	Fluorescente tubolare T8 senza alimentatore elettronico	21	70	3.500	15.000
Scuole-Università	Fluorescente tubolare T5 con alimentatore elettronico	Fluorescente tubolare T8 senza alimentatore elettronico	21	60	3.000	15.000

Ospedali	Fluorescente tubolare T5 con alimentatore elettronico	Fluorescente tubolare T8 senza alimentatore elettronico	21	60	6.000	15.000
Alberghi-Ristoranti	Fluorescente compatta	Incandescente	4	135	3.000	8.000
GDO	Fluorescente tubolare T5 con alimentatore elettronico	Fluorescente tubolare T8 senza alimentatore elettronico	21	100	5.000	15.000
Edifici industriali	Vapori di sodio alta pressione o alogenuri metallici	Vapori sodio bassa pressione	20	600	6.000	12.000

Elettrodomestici

Ambito di applicazione	Tipo di elettrodomestico	Soluzione più efficiente	Soluzione di riferimento	Δ costo investimento [€/unità]	Δ risparmio [kWh _{el} /anno]	Vita utile della soluzione più efficiente [anni]
Residenziale	Frigorifero	A++	A	250	170	12
	Lavatrice	A-30%	A	391	72	12
	Lavastoviglie	A-30%	A	413	93	12

Ambito di applicazione	Tipo di elettrodomestico	Superficie di esposizione per un banco "tipo" [m ²]	Δ costo investimento [€/banco "tipo"]	Δ risparmio [kWh _{el} /anno]	Vita utile [anni]
GDO	Refrigerazione	7	5.000	8.850	10

Caldaia a condensazione

Ambito di applicazione	Soluzione più efficiente	Soluzione di riferimento	Taglia [kW _{th}]	Δ costo investimento [€/unità]	Δ risparmio [kWh _{th} /anno]	Vita utile della soluzione più efficiente [anni]
Residenziale	Caldaia a condensazione a gas metano	Caldaia tradizionale a gas metano	20	400	1.800	18
Uffici	Caldaia a condensazione a gas metano	Caldaia tradizionale a gas metano	300	61.500	68.000	18
Scuole-Università	Caldaia a condensazione a gas metano	Caldaia tradizionale a gas metano	280	42.000	72.000	18
Ospedali	Caldaia a condensazione a gas metano	Caldaia tradizionale a gas metano	500	175.000	180.000	18

Alberghi-Ristoranti	Caldaia a condensazione a gas metano	Caldaia tradizionale a gas metano	250	53.000	57.000	18
GDO	Caldaia a condensazione a gas metano	Caldaia tradizionale a gas metano	650	300.000	270.000	18
Edifici industriali	Caldaia a condensazione a gas metano	Caldaia tradizionale a gas metano	500	220.000	180.000	18

Pompa di calore a compressione

Ambito di applicazione	Soluzione più efficiente	Soluzione di riferimento	Taglia [kW _{th}]	C.O.P.	Δ costo investimento [€/unità]	Δ risparmio [kWh _{th} /anno]	Vita utile della soluzione più efficiente [ore]
Residenziale	Pompa di calore a compressione a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	20	3	3.900	4.200	18
Uffici	Pompa di calore a compressione a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	300	3	65.000	90.000	18
Scuole-Università	Pompa di calore a compressione a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	300	3	65.000	95.000	18
Ospedali	Pompa di calore a compressione a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	500	3	120.000	230.000	18
Alberghi-Ristoranti	Pompa di calore a compressione a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	250	3	59.000	75.000	18
GDO	Pompa di calore a compressione a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	500	3	120.000	400.000	18
Edifici industriali	Pompa di calore a compressione a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	500	3	125.000	370.000	18

Pompa di calore ad assorbimento

Ambito di applicazione	Soluzione più efficiente	Soluzione di riferimento	Taglia [kW _{th}]	G.U.E.	Δ costo investimento [€/unità]	Δ risparmio [kWh _{th} /anno]	Vita utile della soluzione più efficiente [anni]
Residenziale pluri-familiare	Pompa di calore ad assorbimento a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	160	1,5	42.700	72.000	18

Uffici	Pompa di calore ad assorbimento a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	300	1,5	80.000	135.000	18
Scuole-Università	Pompa di calore ad assorbimento a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	300	1,5	80.000	144.000	18
Ospedali	Pompa di calore ad assorbimento a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	500	1,5	127.000	360.000	18
Alberghi-Ristoranti	Pompa di calore ad assorbimento a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	250	1,5	68.500	114.000	18
GDO	Pompa di calore ad assorbimento a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	500	1,5	120.000	400.000	18
Edifici industriali	Pompa di calore ad assorbimento a sorgente "aria"	Caldaia tradizionale a gas metano	500	1,5	125.000	364.000	18

Sistemi di building automation

Ambito di applicazione	Soluzione più efficiente	Soluzione di riferimento	Δ costo investimento [€]	Δ risparmio [kWh _{el} /anno]	Δ risparmio [kWh _{th} /anno]	Vita utile della soluzione più efficiente [anni]
Residenziale	Sistemi in classe A	Sistemi in classe D	2.750	450	3.120	15
Uffici	Sistemi in classe A	Sistemi in classe C	245.000	62.400	102.000	15
Scuole-Università	Sistemi in classe A	Sistemi in classe C	180.000	42.000	72.000	15
Ospedali	Sistemi in classe A	Sistemi in classe C	155.000	24.000	126.000	15
Alberghi-Ristoranti	Sistemi in classe A	Sistemi in classe C	130.000	22.950	91.200	15
GDO	Sistemi in classe A	Sistemi in classe C	175.000	135.000	540.000	15

Chiusure vetrate

Ambito di applicazione	Trasmittanza termica della soluzione più efficiente	Trasmittanza termica della soluzione di riferimento	Δ costo investimento [€/m ²]	Superficie di intervento [m ² /edificio]	Δ risparmio [kWh _{th} /anno]	Vita utile della soluzione più efficiente [anni]
Residenziale	2 W/m ² K	5 W/m ² K	300	11	1.600	20
Uffici	2 W/m ² K	5 W/m ² K	360	300	17.000	20
Scuole-Università	2 W/m ² K	5 W/m ² K	360	200	28.800	20

Alberghi-Ristoranti	2 W/m ² K	5 W/m ² K	360	150	11.400	20
GDO	2 W/m ² K	5 W/m ² K	360	260	27.000	20
Edifici industriali	2 W/m ² K	5 W/m ² K	360	260	13.650	20

Isolamento superfici opache

Ambito di applicazione	Trasmittanza termica della soluzione più efficiente	Costo investimento [€/m ²]	Superficie di intervento su pareti [m ² /edificio]	Δ risparmio su pareti [kWh _{th} /anno]	Superficie intervento su coperture/suolo [m ² /edificio]	Δ risparmio su coperture/suolo [kWh _{th} /anno]	Vita utile della soluzione più efficiente [anni]
Residenziale	0,3 W/m ² K	60	50	1.440	80	2.940	20
Uffici	0,3 W/m ² K	60	557	20.400	600	10.200	20
Scuole-Università	0,3 W/m ² K	60	467	36.000	800	25.200	20
Ospedali	0,3 W/m ² K	60	607	63.000	800	63.000	20
Alberghi-Ristoranti	0,3 W/m ² K	60	350	17.100	300	17.100	20
GDO	0,3 W/m ² K	60	1040	27.000	600	27.000	20
Edifici industriali	0,3 W/m ² K	60	1040	9.100	2000	9.100	20

Fotovoltaico

Ambito di applicazione	Taglia [kW _{el}]	Costo investimento [€/kW]	Produzione media lungo la vita utile con decadimento annuo dell'efficienza pari a 0,8% [kWh _{el} /anno]			Vita utile [anni]
			Nord	Centro	Sud	
Residenziale	3	4.300	2.700	3.240	3.780	25
Uffici	50	3.800	45.000	54.000	63.000	25
Scuole-Università	80	3.600	72.000	86.400	100.800	25
Ospedali	100	3.500	90.000	108.000	126.000	25
Alberghi-Ristoranti	20	4.000	18.000	21.600	25.200	25
GDO	300	3.100	270.000	324.000	378.000	25
Edifici industriali	700	2.500	630.000	756.000	882.000	25

Building Integrated Photovoltaics (BIPV)

Ambito di applicazione	Tecnologia	Taglia [kW _{el}]	Costo investimento [€/kW]	Produzione media lungo la vita utile con decadimento annuo dell'efficienza pari a 0,8% [kWh _{el} /anno]			Vita utile [anni]
				Nord	Centro	Sud	
Residenziale	Tegole fotovoltaiche	3	6.500	2.400	2.880	3.360	25
Uffici	Vetratae fotovoltaiche	30	7.300	24.000	28.800	33.600	25
Scuole-Università	Vetratae fotovoltaiche	20	7.500	16.000	19.200	22.400	25
Ospedali	Vetratae fotovoltaiche	26	7.400	20.800	24.960	29.120	25
Alberghi-Ristoranti	Vetratae fotovoltaiche	15	7.600	12.000	14.400	16.800	25
GDO	Solar roof	300	5.800	240.000	288.000	336.000	25
Edifici industriali	Solar roof	700	4.700	560.000	672.000	784.000	25

Eolico

Ambito di applicazione	Taglia [kW _{el}]	Costo investimento [€/kW]	Costo investimento [€/kW]	Produzione media lungo la vita utile con decadimento annuo dell'efficienza pari a 0,8% [kWh _{el} /anno]	Vita utile [anni]
Residenziale	3	4.500	1.500	4.185	20
Uffici	50	2.000	1.500	69.750	20
Scuole-Università	80	1.900	1.500	111.600	20
Ospedali	100	1.800	1.500	139.500	20
Alberghi-Ristoranti	20	2.500	1.500	27.900	20
GDO	200	1.500	1.500	279.000	20
Edifici industriali	200	1.500	1.500	279.000	20

Solare termico

Ambito di applicazione	Utilizzo	Costo investimento [€/m ²]	Superficie necessaria [m ²]			Produzione richiesta [kWh _{th} /anno]	Vita utile [anni]
			Nord	Centro	Sud		
Residenziale	Solo ACS	1.100	6	5	4	2.400	20
	ACS+riscaldamento	1.250	13,5	11,3	9	4.000	20
Non Residenziale	Solo ACS	900	30	25	30	12.000	20
	ACS+riscaldamento	840	67,5	56,25	45	24.000	20

Caldia a biomassa

Ambito di applicazione	Taglia [kW _{th}]	Costo investimento [€/kW]	Tipo di combustibile	Resa del combustibile [kWh _{th} /kg]	Costo del combustibile [€/ton]	Produzione [kWh _{th} /anno]	Vita utile [anni]
Residenziale	15	750	Cippato/Legna	3,5	120	12.000	20
			<i>Pellet</i>	4,5	200		
Uffici	150	730	Cippato/Legna	3,5	120	340.000	20
Scuole-Università	150	730	Cippato/Legna	3,5	120	360.000	20
Ospedali	200	720	Cippato/Legna	3,5	120	500.000	20
Alberghi-Ristoranti	120	740	Cippato/Legna	3,5	120	285.000	20
GDO	200	720	Cippato/Legna	3,5	120	500.000	20
Edifici industriali	200	720	Cippato/Legna	3,5	120	500.000	20

Il mercato

La stima del potenziale teorico di diffusione delle tecnologie e della loro penetrazione verosimile è stata condotta attraverso:

- interviste dirette ad oltre 150 operatori del settore;
- l'analisi comparativa e l'interpolazione delle previsioni contenute in rapporti di ricerca o studi di settore, messi a punto da associazioni ed enti di ricerca italiani ed internazionali;
- lo sviluppo e l'applicazione di modelli di simulazione costruiti e validati attraverso un confronto con esperti di settore.

Le Energy Service Companies

Il capitolo del Rapporto che approfondisce l'articolazione della filiera ed i modelli di *business* delle ESCo si basa principalmente su:

- il censimento e la raccolta di informazioni anagrafiche ed economiche (attraverso l'esame di siti *web* istituzionali, la consultazione del database AIDA, l'analisi di annual report e altra documentazione pubblica) di circa 300 imprese operanti in questo comparto nel mercato italiano;
- la conduzione di una *survey* focalizzata sui *trend* di settore, che ha interessato un campione significativo e selezionato di ESCo;
- la realizzazione di una serie casi di studio, condotti attraverso interviste dirette e raccolta di documentazione da fonti secondarie, su un campione di imprese selezionate tra quelle incluse nel censimento.

Bibliografia

Si riportano di seguito le principali fonti di natura bibliografica che sono state consultate nell'ambito della ricerca:

- Aalto University School of Science and Technology (2010), *Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings*
- AEEG (2011), *Quinto Rapporto Annuale sul meccanismo dei titoli di efficienza energetica*
- AEEG (2011), *Secondo Rapporto Statistico Intermedio*
- Agenzia del Territorio (2010), *Gli Immobili in Italia*
- Agenzia del Territorio (2010), *Statistiche Catastrali 2009*
- Agenzia del Territorio (2011), *Rapporto immobiliare 2011*
- BCG (2009), *Capturing the Green Advantage for Consumer Companies*
- BIO Intelligence Service (2011), *Refrigerating and Freezing Equipment – Final Report*
- BSRIA (2010), *Heat pumps: a guidance document for designers*
- CO.AER. (2010), *Libro Bianco sulle Pompe di Calore*
- CRESME (2010), *Analisi sull'impatto socio-economico delle detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente*
- CRESME-LEGAMBIENTE (2010), *Rapporto ONRE 2010 sui Regolamenti Edilizi Comunali*
- CTI (2011), *Rapporto 2011 "Attuazione della certificazione energetica in Italia"*
- eERG (2009), *National Report on the Energy Efficiency Service Business in Italy*
- ENEA (2009), *Analisi statistica sul parco edilizio non residenziale e sviluppo di modelli di calcolo semplificati*
- ENEA (2009), *Caratterizzazione energetica del settore alberghiero in Italia*
- ENEA (2009), *Caratterizzazione energetica del settore alberghiero in Italia*
- ENEA (2009), *Indagine sui consumi degli edifici pubblici (direzionale e scuole) e potenzialità degli interventi di efficienza energetica*
- ENEA (2010), *Il mercato degli elettrodomestici e la sua evoluzione temporale*
- ENEA (2010), *Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente nel 2009*
- ENEA (2010), *Metodologia per la determinazione delle caratteristiche strutturali ed impiantistiche di "edifici tipo" del parco edilizio nazionale ad uso ufficio e valutazione del potenziale di risparmio energetico sulla base della fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica*
- EnERLIn Consortium & EACI (2009), *Energy Efficient Residential Lighting Initiative Report*
- EU JRC (2009), *Electricity Consumption And Efficiency Trends In European Union*
- EU JRC (2010), *Energy Service Companies Market in Europe - Status Report 2010*
- IEA (2010), *Key World Energy Statistics*
- IEA (2010), *World Energy Outlook*
- IEA (2011), *Energy-efficient Buildings: Heating and Cooling Equipment*
- Ministero dello Sviluppo Economico (2010), *Bilancio Energetico Nazionale*
- Ministero dello Sviluppo Economico (2011), *Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica 2011*
- PROMETEIA (2009), *Le Problematiche dell'industria italiana di elettrodomestici: una corsa continua verso l'efficienza*
- RSE (2010), *Analisi di profittabilità dell'investimento di acquisto di Tecnologie Efficienti nel settore Residenziale, Industriale e dei Trasporti*
- RSE (2010), *Fabbisogno energetico per la climatizzazione di edifici-tipo situati in località di riferimento*
- SCHNEIDER ELECTRIC (2011), *Efficienza Energetica: impatto dell'automazione sulle prestazioni energetiche degli edifici*

Elenco delle organizzazioni intervistate

Si ringrazia infine, per la disponibilità e le informazioni forniteci, le imprese e le organizzazioni intervistate nel corso della ricerca:

- 3EFFEGI
- A&D INGEGNERIA
- A.G.I.R.E.
- A2A CALORE & SERVIZI
- AB ENERGY
- ABB
- ACEA
- AESS
- AICE
- ALFANO ENERGIA
- ARISTON THERMO GROUP
- ARNEG
- ASTR
- ATI
- AZZERO CO2
- BAXI
- BEKO
- BOSCH
- BTICINO
- BURGO ENERGIA
- C.P.M. GESTIONI TERMICHE
- CARRIER
- CASA SALUTE
- CB RICHARD ELLIS
- C-DESIGN
- CHAPMAN TAYLOR
- CIE
- CLOROS
- CO.LI.P
- COFELY ITALIA
- COMPAGNIA ITALIANA RISPARMIO ENERGETICO
- CONSUL SYSTEM
- COSTAN
- COSTRUZIONI SOLARI
- CSE
- DANESI LATERIZI
- DEA E.S.CO.
- DISANO
- DOMOTECNICA ITALIANA
- E.ON
- E.S.CO. ROMAGNA
- E.S.CO. SIEDISON
- EKOS
- ELCO
- ELETTROCOSTRUZIONI ROVIGO
- ELETTROSTUDIO ENERGIA
- ENEA
- ENEL GREEN POWER
- ENEL.SI
- ENERGIA DIFFUSA
- ENERGIA PLUS ROMA
- ENERCON ESCO
- ENERGY GLASS
- ENERGY RESOURCES
- ENERGINET
- ENERSIT
- ENERSOLARE ESCO
- ENERTECH
- ENIPOWER
- ESCO TEC
- ESCOITALIA
- ETT
- EUROTHERM
- FAGOR
- FEN ENERGIA
- FERROLI
- G.M.T.
- GAS 3
- GAS PLUS ENERGIA
- GENERALE ENERGIA
- GENERESCO
- GEOTHERM
- GH SOLUTIONS
- GIGAWATT
- GRADED
- GRUPPO ENER SERVICE / ENERSIEL
- GRUPPO LOCCIONI
- GUERRATO
- HEAT & POWER
- INDESIT
- INTERESCO
- ISA
- ITALCEMENTI
- JOHNSON CONTROL
- KLIMEKO
- LATERLITE
- LAYER
- LIGEAM
- MANENS
- MARIO CUCINELLA ARCHITECTS
- MEDIOCREDITO ITALIANO
- MIELE
- MITSUBISHI
- MONDIAL GROUP
- MWS FORNI
- NAVELLO
- NESCO - NORTH ENERGY SERVICE COMPANY
- OSRAM
- PAGANO & ASCOLLILLO ENERGY AND TECHNOLOGY
- PARADIGMA ITALIA
- PILKINGTON
- POLIESPANSO
- PROGETTO ENERGIA
- RDB
- REHAU
- RENOVA
- REPOWER
- REYNAERS ALUMINIUM
- RIELLO
- ROBUR
- ROCKWOOL
- ROPATEC
- SAES GETTERS
- SAINT GOBAIN
- SCHIEDEL
- SCHNEIDER ELECTRIC
- SCHUECO
- SECCO SISTEMI
- SERENERGY
- SGR SERVIZI
- SERVIZI ENERGETICI INTEGRATI
- SIEMENS
- SIMAV
- SIME ENERGIA
- SINERGIA SISTEMI
- SIRAM
- SIVE
- SMEG
- SMIE
- SOLGEN
- SORGENIA
- STUDIO ARCHITETTURA PIAGGI
- STUDIO ARIATTA
- STUDIO BARTUCCI
- STUDIO BELTRAMI

La School of Management e l'Energy & Strategy Group



School of Management

La School of Management del Politecnico di Milano è stata costituita nel 2003.

Essa accoglie le molteplici attività di ricerca, formazione e alta consulenza, nel campo del *management*, dell'economia e dell' *industrial engineering*, che il Politecnico porta avanti attraverso le sue diverse strutture interne e consortili. Fanno parte della Scuola: il Dipartimento di Ingegneria Gestionale, i Corsi Undergraduate e il PhD Program di Ingegneria Gestionale e il MIP, la business school del Politecnico di Milano che, in particolare, si focalizza sulla formazione *executive* e sui programmi Master.

La Scuola può contare su un corpo docente di più di duecento tra professori, lecturer, ricercatori, tutor e staff e ogni anno vede oltre seicento matricole entrare nel programma undergraduate.

La School of Management gode dal 2007 del prestigioso accreditamento EQUIS, creato nel 1997 come primo *standard* globale per l'auditing e l'accREDITAMENTO di istituti al di fuori dei confini nazionali, tenendo conto e valorizzando le differenze culturali e normative dei vari Paesi.

L'Energy & Strategy Group

L'Energy & Strategy Group della School of Management del Politecnico di Milano è composto da docenti e ricercatori del Dipartimento di Ingegneria Gestionale e si avvale delle competenze tecnico-scientifiche di altri Dipartimenti.

L'Energy & Strategy Group si pone l'obiettivo di istituire un Osservatorio permanente sui mercati e sulle filiere industriali delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica in Italia, con l'intento di censirne gli operatori, analizzarne strategie di *business*, scelte tecnologiche e dinamiche competitive, e di studiare il ruolo del sistema normativo e di incentivazione.

L'Energy & Strategy Group intende presentare i risultati dei propri studi attraverso:

- rapporti di ricerca "verticali", che si occupano di una specifica fonte di energia rinnovabile (solare, biomasse, eolico, geotermia, ecc.);
- rapporti di ricerca "trasversali", che affrontano il tema da una prospettiva integrata (efficienza energetica dell'edificio, sostenibilità dei processi industriali, ecc.).

Le imprese partner

ABB

ACEA

Edison

Enel Green Power

Siemens

Sinergia Sistemi

Sorgenia

You Save



ABB è leader globale nelle tecnologie per l'energia e l'automazione che consentono alle utility ed alle industrie di migliorare le loro performance riducendo al contempo l'impatto ambientale. Le società del Gruppo ABB impiegano circa 130.000 dipendenti in oltre 100 Paesi.

Leadership tecnologica, presenza globale, conoscenza applicativa e competenze locali sono i fattori chiave di un'offerta di prodotti, sistemi e servizi che permettono ai clienti di ABB di migliorare le loro attività in termini di efficienza energetica, affidabilità delle reti e produttività industriale.

ABB come produttore e fornitore ha da sempre operato per offrire prodotti e soluzioni orientati alla riduzione dell'impatto ambientale. In un mondo in cui le risorse diminuiscono al crescere della domanda, ABB ha focalizzato la sua ricerca nello sviluppo di sistemi efficienti e sostenibili per la generazione, la trasmissione, la distribuzione e l'impiego dell'energia elettrica.

Gli edifici commerciali e residenziali, per esempio, incidono per il 38% circa sul fabbisogno energetico complessivo dell'utenza finale, un settore in cui l'energia elettrica è principalmente utilizzata per gli impianti di riscaldamento e condizionamento e gli elettrodomestici.

Controllando i consumi di riscaldamento, illuminazione ed elettrodomestici in base ai requisiti effettivi, si otterrebbero notevoli risparmi senza compromettere il comfort o la qualità della vita. Una ricerca condotta dalla *Association of the German Electrical Industry (ZVEI)* ha evidenziato che i consumi energetici e i costi per l'illuminazione in qualsiasi tipo di stabile potrebbero essere ridotti anche dell'80% utilizzando i sistemi intelligenti per edifici.

I consumi energetici negli edifici si possono ridurre grazie ai moderni impianti basati sullo *standard KNX*, il primo *standard* aperto per le applicazioni di

building automation e domotica. Il sistema di controllo intelligente progettato da ABB sulla base di questo *standard* ottimizza l'efficienza di migliaia di edifici in oltre 60 Paesi – sia nelle nuove realizzazioni che nelle ristrutturazioni. I sistemi ABB consentono di raggiungere una riduzione dei consumi energetici totali intorno al 50%, con un tempo di ritorno dell'investimento compreso fra 1 e 5 anni.

I sistemi di automazione installati presso il nuovo edificio della Regione Molise consentono di realizzare le funzioni richieste dalla Norma EN 15232 per la classe A di efficienza energetica, con risparmi rispetto alla classe D dell'ordine del 50% per l'energia termica, del 20% per l'energia elettrica degli ausiliari e del 40% per l'energia elettrica del sistema di illuminazione. Secondo una stima effettuata per il solo impianto di illuminazione, il risparmio annuale di energia elettrica è dell'ordine dei 50-60 MWh. Il risparmio energetico conseguito mediante l'adozione dei sistemi di controllo intelligenti è stato stimato, sulla base della metodologia proposta dalla normativa, complessivamente pari al 38%.

Sempre in questo ambito, ABB ha fornito la tecnologia intelligente presso la nuova sede milanese della società Accenture. Le fonti illuminotecniche a risparmio energetico assicurano un minore consumo annuo del 50% (300.000 kWh); la gestione ottimizzata dell'intensità luminosa rende possibili riduzioni dei consumi del 20% (70.000 kWh) e la rilevazione di presenza delle persone porta a una riduzione del 10% (30.000 kWh). Inoltre, l'illuminazione secondo fasce orarie e programmi settimanali/annuali diminuisce i consumi del 5% (100.000 kWh), mentre la gestione di riscaldamento e condizionamento li riduce del 20% (200.000 kWh). In totale, la riduzione complessiva dei consumi su base annua è di 700.000 kWh, pari al 18% ed equivalenti a 161 tep.



Acea RSE è la ESCO del Gruppo Acea. Opera nel settore dell'energia, proponendo al mercato soluzioni sostenibili finalizzate al risparmio e all'efficienza. I risultati ottenuti, attraverso la sua operatività e il portafoglio d'offerta, sono vincenti, concreti e stimolanti.

Oggi, Acea RSE ritiene che due delle vie più concrete, per esperienza e affidabilità tecnologica, che conducono all'efficienza energetica siano rappresentate dal FOTOVOLTAICO e dalla COGENERAZIONE.

FOTOVOLTAICO

Acea RSE realizza e gestisce impianti di proprietà del Gruppo Acea creando valore per gli azionisti e tutti gli *stakeholder* coinvolti. Inoltre, realizza impianti "chiavi in mano" EPC/O&M per conto terzi e offre un "Servizio Energia", con la certezza di riuscire a proporre le migliori condizioni di mercato.

L'impegno di Acea RSE:

- 3,2 MWp nel 2008;
- 17,4 MWp nel 2009;
- 18,7 MWp nel 2010;
- 32 MWp nel 2011.

per complessivi 71,3 MWp realizzati sia per proprietà del Gruppo (49 MW), sia per conto terzi (22,3 MW).

Attualmente il parco impianti installato porterà a 23 mln t di emissioni di CO₂ evitate/anno, con una produzione di energia elettrica di oltre 50 milioni di kWh/anno.

Tra gli impianti più rappresentativi:

- Centro idrico Monte Mario (Rm) in silicio policristallino su copertura vasca: 993,6 kWp;
- Terni Ena (Tr), *thin film* flessibile integrato su termovalorizzatore: 419,4 kWp;
- Aeroporti di Roma (Rm), integrato, su pensiline del parcheggio lunga sosta, in silicio policristallino: 1,8 MWp;
- Commercium (Rm), impianto integrato su pensiline di parcheggio in silicio policristallino: 5 MWp.

COGENERAZIONE

Sul piano della cogenerazione Acea RSE è impegnata nello sviluppo di diversi progetti di fornitura e conduce studi di fattibilità di impianti a biomasse.

EFFICIENZA ENERGETICA

Acea RSE conduce numerose iniziative nell'area di Roma nel campo dell'illuminazione (distribuzione di lampadine ad alta efficienza CFL alle famiglie, efficientamento dell'illuminazione nelle stazioni della metropolitana, sostituzione di lampadine LED per la luce votiva e nell'illuminazione pubblica, delle lampade al mercurio con le più efficienti lampadine a vapori di sodio), nel campo del risparmio idrico (distribuzione di kit idrici alle famiglie), mentre nel campo del risparmio energetico nel settore terziario, Acea RSE si è occupata dell'installazione di *inverter* e di motori ad alta efficienza. Per quanto riguarda la divulgazione e la sensibilizzazione, Acea RSE si è occupata della Campagna di informazione e sensibilizzazione sul tema del risparmio energetico, finanziata dal Ministero delle Attività Produttive, nell'ambito di applicazione dei Decreti Ministeriali del 20/7/2004.

LA MISSIONE DI ACEA RETI E SERVIZI ENERGETICI

- Presidiare il meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica (TEE)
- Presidiare lo sviluppo di attività finalizzate alla fornitura di servizi energetici integrati, con particolare riferimento a quelle connesse al miglioramento degli usi finali dell'energia
- Supportare le società del Gruppo Acea nello sviluppo di progetti di risparmio energetico e nel conseguimento dei relativi obiettivi
- Assicurare il presidio dell'innovazione tecnologica in materia di risparmio energetico
- Gestire le attività di efficientamento negli usi finali termici



Edison è uno dei principali operatori in Italia nel settore dell'energia, attivo nell'approvvigionamento, produzione e vendita di energia elettrica e di gas. Nel settore dell'energia elettrica Edison è il secondo produttore in Italia (circa 15% della produzione nazionale), dispone di una capacità di generazione elettrica di circa 12,5 GW e gestisce circa 2,16 GW di capacità produttiva da fonte rinnovabile. Nel settore idrocarburi, Edison è il secondo operatore in Italia coprendo circa il 17% del fabbisogno nazionale di gas.

Dal 2008, Edison ha affiancato alla storica presenza nell'offerta a clienti industriali un'offerta per la fornitura di energia elettrica e gas dedicata alle famiglie e ha già raggiunto 1 mln di clienti.

Nel settore dell'efficienza energetica Edison si propone con il modello ESCo: mettendo a disposizione la sua esperienza di operatore energetico, Edison analizza la struttura dei consumi del cliente e si propone per la realizzazione degli interventi impegnandosi sul conseguimento del risultato. Una volta eliminati gli sprechi e resi efficienti gli usi dell'ener-

gia, Edison propone la produzione in loco da fonte rinnovabile o a basso impatto ambientale con finalità di autoconsumo, permettendo il conseguimento di numerosi benefici: riduzione dei costi energetici a vantaggio della competitività del cliente, abbattimento delle emissioni climalteranti e minimizzazione dei costi delle infrastrutture energetiche di rete. Edison è disponibile ad intervenire con proprie risorse finanziarie per sostenere l'investimento, a vantaggio non solo del cliente ma anche della collettività.

Edison ha realizzato diverse iniziative con questa filosofia, da impianti fotovoltaici e cogenerativi per l'autoconsumo dei propri clienti, anche con tecnologie d'avanguardia, a progetti di analisi e ottimizzazione dei consumi in ambito industriale e nel settore terziario, a sperimentazioni nell'illuminazione pubblica e nei sistemi di *demand side management*. Questa attività è ampiamente supportata dal centro ricerche di Edison dove, da diversi anni, vengono monitorate e verificate le innovazioni nel settore dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili.



Enel Green Power è la società del Gruppo Enel interamente dedicata allo sviluppo e gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili a livello internazionale, presente in 16 Paesi in Europa e nelle Americhe con oltre 600 impianti di grandi dimensioni. Nel 2010 EGP ha prodotto circa 22 TWh di energia da tutte le principali fonti rinnovabili, in grado di coprire i fabbisogni di circa 8 mln di famiglie.

Enel Green Power Retail – Enel.si è la società di Enel Green Power che è specializzata nello sviluppo delle energie rinnovabili attraverso la generazione di energia da acqua, sole, vento e calore della terra nel settore *retail* attraverso oltre 600 *franchisee* della

rete “Punto Enel Green Power”.

Tale rete, oltre ad aver installato circa 20.000 impianti fotovoltaici, ha inoltre sviluppato negli ultimi 5 anni oltre 3 mln di interventi di efficienza energetica nel settore dell’illuminazione, della climatizzazione e della produzione di acqua calda per usi sanitari.

L’impegno Enel Green Power guarda al futuro con interventi di *smart-home* che vadano ad integrare la produzione dell’energia da fonte rinnovabile con l’utilizzo efficiente della stessa.

Enel Green Power apporterà al progetto le sue competenze e la sua esperienza nel settore delle rinnovabili, solare, eolico e geotermico e l’impegno nello sviluppo di nuove tecnologie.

SIEMENS

Dalla sua fondazione nel 1899, Siemens Italia è una tra le maggiori realtà industriali e tra le prime multinazionali per numero di collaboratori (5.200). Il fatturato nell'esercizio 2009/10 si attesta a 2.509,8 mln €, con ordini per 2636,2 mln €. Siemens Italia è attiva nei quattro settori: *Industry, Energy, Healthcare, Infrastructure & Cities*.

Nel mondo Siemens è presente in 190 Paesi con 405.000 collaboratori e ha realizzato un fatturato 2010 di 76 mld €.

L'innovazione è la linfa vitale per Siemens, che nel 2010 ha investito in R&S 3,9 mld € a livello mondiale e che nel nostro Paese può contare su 6 centri ricerca e sviluppo, alcuni dei quali con ruoli di eccellenza a livello internazionale.

Particolarmente importante il contributo alla tutela ambientale. Nell'anno fiscale 2010, il fatturato derivante dal *portfolio* ambientale ha registrato un totale di 27,6 mld €, attestando Siemens quale primo fornitore al mondo nell'offerta di tecnologie *eco-friendly*.

Il maggior fabbisogno di energia, il suo utilizzo efficiente ed il rispetto dell'ambiente sono le principali sfide future. L'efficienza energetica insieme all'attenzione per l'ambiente, in termini di emissioni e consumo delle risorse, svolge un ruolo chiave nell'industria manifatturiera, negli edifici, nel settore dei servizi e, più in generale, delle infrastrutture: ciò è possibile grazie alle più innovative soluzioni che garantiscono il controllo rigoroso e le conseguenti misure di ottimizzazione, intervenendo nelle principali categorie legate alla sostenibilità.

In particolare Siemens offre all'industria una gamma di soluzioni e prodotti ad alta efficienza energetica oltre che sistemi per il trattamento delle acque reflue e dei fumi.

Con la sua presenza capillare sul mercato, Siemens è inoltre in grado di fornire una gamma completa di tecnologie e soluzioni capaci di coprire tutta la

filiera energetica: dalla generazione, trasmissione e distribuzione elettrica fino alla gestione dei consumi industriali e civili. Efficienza operativa, flessibilità, sostenibilità ambientale, affidabilità e sicurezza sono la nostra risposta alle sfide del sistema energetico italiano.

Il servizio *Performance Contracting* permette ad esempio di vincere la sfida energetica con la garanzia sul risparmio. Il servizio consiste nell'aggiornamento e modernizzazione degli edifici mirati al risparmio energetico con performance assicurate e garantite. Il risparmio dei costi di gestione paga gli investimenti necessari durante i termini di contratto.

Siemens fornisce anche soluzioni per un'ampia gamma di applicazioni di controllo dell'inquinamento atmosferico, ed è leader nell'ambito di sistemi di pulizia che contribuiscono a ridurre le emissioni di polvere, anidride solforosa, ossido di azoto e mercurio, specialmente in centrali alimentate a carbone e processi industriali.

Il Gruppo è *leader* mondiale nel settore dei prodotti, sistemi e servizi per l'acqua e il trattamento delle acque reflue, dei fanghi, la disinfezione delle acque ed il dosaggio *chemicals*. Attualmente i criteri di accettabilità della qualità delle acque di scarico sempre più restrittivi e rendono indispensabile l'adozione di tecnologie ad hoc. Siemens propone una vasta gamma di Soluzioni e Prodotti specifici per far fronte ai bisogni di trattamento delle acque reflue sia nel settore municipale che in quello industriale.

Inoltre, il corretto smaltimento dei residui derivanti dalle diverse tecnologie di trattamento dell'acqua costituisce un costo sempre più rilevante per i gestori degli impianti di depurazione. Siemens progetta e fornisce processi e tecnologie per l'ispessimento, la disidratazione e l'essiccamento dei fanghi sia municipali che industriali, arrivando a ridurre il volume dei fanghi dal 99,5% al 2%.



Sinergia Sistemi – società controllata da fondi gestiti da Fondamenta Sgr, *asset manager* di capitali istituzionali che dal 2005 investe nelle energie rinnovabili - è un operatore di primo piano a livello nazionale nel settore del risparmio energetico, svolge attività di *engineering* ed è attiva in qualità di *EPC contractor* nel settore delle rinnovabili e, più in particolare, nello sviluppo e realizzazione di centrali fotovoltaiche e cogenerative in conto terzi.

Il Gruppo Sinergia Sistemi annovera una rosa di competenze e sinergie industriali totalmente “*made in Italy*” pressoché unica nel mercato, composta da:

- Sinergia Sistemi S.p.A., capogruppo con sede a Casalecchio di Reno (Bologna), attiva nei servizi di efficienza energetica, *engineering* e consulenza per medio-grandi utenti, installazione di impianti alimentati a fonti rinnovabili per terzi e/o con propria finanza, attraverso lo strumento del Finanziamento Tramite Terzi (FTT);
- Solar Energy Italia, oggi incorporata integralmente in Sinergia Sistemi S.p.A., originaria di Prato con oltre trent’anni di esperienza e *know-how* nella realizzazione di impianti fotovoltaici di medio-grandi dimensioni;
- Omnia Solar Italia, azienda di produzione di celle fotovoltaiche in silicio mono e policristallino, sita a Benevento, con capacità produttiva pari a 15 MW annui.

Sinergia Sistemi agisce come ESCo (*Energy Service*

Company), realizzando e gestendo autonomamente ciascun intervento proposto, garantendone disponibilità e affidabilità ed intervenendo, se richiesto, negli investimenti necessari alla realizzazione del progetto. Sinergia Sistemi opera attraverso tre divisioni interfunzionali:

- *Business Unit Renewables*: Development ed EPC di centrali a fonti rinnovabili (prevalentemente fotovoltaico, biomassa e biogas), sia per utilizzatori finali che per investitori in modalità Project Financing
- *Business Unit Advisory*: Investment Due Diligence per Banche, M&A, progetti di strutturazione equity/debito per progetti energetici.
- *Business Unit Energy Services*: Servizio Energia impianti industriali o edifici, Certificazioni Energetiche, Audit Energetici, Studi di Fattibilità e Energy Master Plan. Progetti di efficientamento in modalità ESCo.

I Servizi della *Business Unit Energy Services* sono:

- Certificazione Energetica
- Diagnosi Energetiche
- Percorsi di Certificazione
- Progetti di efficientamento
- Finanziamento e supporto al reperimento risorse finanziarie, (banche, agevolazioni da bandi pubblici, incentivi) necessarie alla realizzazione degli interventi.
- Conduzione e Manutenzione – Servizio Energia



Sorgenia è il primo operatore privato del mercato italiano dell'energia elettrica e del gas naturale con circa 500.000 clienti in tutta Italia, concentrati in particolare nel segmento *business*, e con impianti di produzione per quasi 4.000 MW di potenza installata.

Consolidata la posizione di secondo fornitore delle imprese italiane, a partire dal 2011 sta sviluppando un'azione commerciale mirata in particolare ai consumatori domestici supportata da una nuova campagna di comunicazione dedicata all'ingresso nel mercato residenziale, dall'adeguamento delle infrastrutture tecnologiche dell'azienda e dal potenziamento dei servizi a disposizione del consumatore.

Ai clienti finali Sorgenia propone un'offerta nuova per l'energia, nel contempo proponendo una serie di servizi per il miglioramento dell'efficienza energetica. Efficienza per Sorgenia significa risparmio in bolletta attraverso una significativa riduzione dei consumi, ma anche un modo per contribuire a diffondere un uso consapevole e sostenibile delle risorse energetiche. La proposta comprende strumenti e tecnologie per il monitoraggio dei consumi, per l'eliminazione degli *stand-by* di TV e *computer*, i servizi di analisi energetica per le piccole e medie imprese, gli apparati *Dibawatt* per l'ottimizzazione dell'illuminazione esterna, rivolti in particolare alla pubblica amministrazione.

Alla stessa filosofia si ispira anche il programma "Sole Mio" per la diffusione di pannelli fotovoltaici in comodato d'uso sui tetti di privati e piccole aziende, con una formula a costo zero per il cliente: un impegno verso una più equilibrata gestione della rete di distribuzione e un contributo verso un modo nuovo di pensare alle modalità di generazione e impiego dell'energia.

Per Sorgenia l'attenzione al risparmio energetico è, inoltre, uno dei fondamentali criteri guida rispetto

alle attività nell'ambito della generazione elettrica tramite il ricorso alle tecnologie più efficienti e compatibili oggi esistenti. In particolare, l'ambito delle fonti rinnovabili, prima fra tutti l'eolico, ha assunto negli anni una rilevanza crescente per l'azienda.

Nell'insieme queste attività riflettono il posizionamento di Sorgenia che fa capo al concetto di energia sensibile verso l'individuo, la collettività e l'ambiente. Sempre in quest'ottica, la società ha realizzato di recente il Manuale per il Consumatore, una guida sulle buone pratiche di relazione con il consumatore a garanzia della trasparenza e dei suoi diritti che illustra le azioni poste in essere da Sorgenia per migliorare gli *standard* minimi previsti dalla normativa di settore, a partire dalla fase di vendita. Il Manuale è stato realizzato grazie alla "giurisprudenza" dell'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato e alle segnalazioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e delle Associazioni dei consumatori.

Sorgenia sta lanciando inoltre Generazioni sensibili, un progetto didattico rivolto alle nuove generazioni (alunni della scuola primaria) con l'obiettivo di aumentare la loro consapevolezza sull'importanza strategica del risparmio energetico, di valorizzare il tema dell'efficienza energetica – intesa come riduzione degli sprechi per un consumo più intelligente e sostenibile – e incentivare la sensibilizzazione sull'utilizzo di fonti di energia rinnovabile. I ragazzi, attraverso un percorso coinvolgente e creativo sull'efficienza energetica, avranno l'opportunità di comprendere le implicazioni derivanti dal consumo di energia e la necessità di assumere comportamenti responsabili nei confronti dell'ambiente. L'iniziativa si inserisce in un più ampio programma dedicato alle scuole: le famiglie clienti hanno la possibilità di accumulare dei *bonus* da convertire in beni o servizi utili per le attività didattiche e il funzionamento dei singoli istituti scolastici.



Costituita nel 2008, Innowatio si è affermata in Italia fra i protagonisti del mercato libero dell'energia con servizi d'avanguardia per la gestione del portafoglio energetico e l'ottimizzazione dei consumi (elettricità, gas, energia prodotta da fonti tradizionali e rinnovabile).

Le sue attività si rivolgono ai grandi consumatori d'energia. Vanno dalla contrattazione continua sui mercati nazionali ed internazionali delle forniture per conto della clientela, ai servizi di efficientamento energetico.

E' stata fondata ed è guidata da un team di manager con una riconosciuta esperienza internazionale nel settore, che detiene la maggioranza del capitale. Ad essa partecipano società di investimento e *venture capital* di rilevanza nazionale: MISMA Partecipazioni, FLOW FIN, e TQ4.

Caratteristica distintiva di Innowatio è quella di rivolgersi ai grandi consumatori d'energia in ambito industriale e commerciale e, soprattutto, di operare per conto della clientela con un approccio esclusivo, indipendente, coerente e senza conflitti di interesse. Innowatio infatti opera in totale indipendenza dai fornitori operanti sul mercato "tradizionale", proponendo la remunerazione dei propri servizi secondo la formula del *profit/saving sharing*, e cioè esclusivamente sulla base della condivisione dei vantaggi effettivamente conseguiti.

Con sede a Bergamo, presso il Parco Scientifico e Tecnologico Kilometro Rosso, Innowatio annovera nella sua squadra più di 45 specialisti e opera attraverso due società: Youtrade SpA, dedicata ai

servizi di *Energy Portfolio Management e Demand Side Management*; e Yousave SpA, operante nel settore dell'efficientamento energetico.

Yousave per l'efficienza energetica e i nuovi progetti

Attraverso la controllata *Yousave SpA*, Innowatio offre servizi e *know how* e capacità progettuali per l'efficientamento energetico.

Yousave è accreditata come ESCo (*Energy Service Company*), e cioè come società che opera riorganizzazioni finalizzate ad accrescere l'efficienza energetica, riducendo il consumo di energia primaria a parità di servizi finali, acquisendo la responsabilità di risultato nei confronti del soggetto per cui svolge il servizio.

Con Yousave, Innowatio opera lungo l'intera filiera dell'efficientamento prevedono il finanziamento parziale o totale delle soluzioni, con contratti di tipo "*saving sharing*", e cioè con gli oneri di investimento che si ripagano con i risparmi ottenuti in tempi predefiniti.

Yousave gestisce inoltre aggregazioni industriali finalizzate a rendere i servizi di contenimento dei consumi di gas naturale e di interrompibilità di energia elettrica, come nel caso del Consorzio Ceramica Interrompibilità, che nel 2010 ha messo a disposizione del sistema elettrico circa 66 MW su 30 siti industriali.

Infine, attraverso YouSave, Innowatio assiste la clientela nell'ottenimento dei TEE (Titoli di Efficienza Energetica) e nella loro negoziazione sul mercato.

**Copyright 2011 © Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Gestionale
Collana Quaderni AIP
Registrazione n. 433 del 29 giugno 1996 - Tribunale di Milano**

Direttore Responsabile: Umberto Bertelè

**Progetto grafico e impaginazione: MEC Studio Legnano
Stampa: Grafiche Ponzio**

ISBN: 978-88-904839-8-1

Partner



Sponsor



Media partner

