

ENEA

Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente

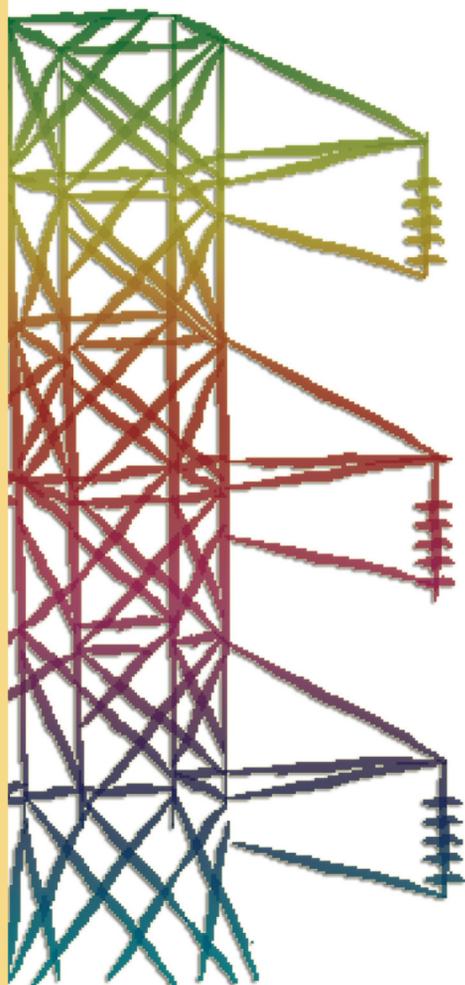


Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Promozione delle elettrotecnologie innovative negli usi finali

**G. Tomassetti, D. Forni, P. Mastropiero, V. Dettoli
E. Ferrero**



Report RSE/2009/20



Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Promozione delle elettrotecnologie innovative negli usi finali

*G. Tomassetti, D. Forni, P. Mastropiero, V. Dettoli
E. Ferrero*



PROMOZIONE DELLE ELETTRATECNOLOGIE INNOVATIVE NEGLI USI FINALI

G. Tomassetti, D. Forni, P. Mastropiero, V. Dettoli (FIRE – Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia)

E. Ferrero (ENEA)

Aprile 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

Responsabile Tema: Ennio Ferrero, ENEA

Brevi note sugli autori sono riportate a fine rapporto

SOMMARIO

Il presente rapporto è un risultato della collaborazione tra l'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA) e la Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE), operata nell'ambito dell'accordo di programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico (MSE) e l'ENEA per lo svolgimento di attività di Ricerca e Sviluppo di Interesse Generale per il Sistema Elettrico Nazionale (Ricerca di Sistema).

Il documento raccoglie i risultati della commessa data da ENEA a FIRE, che ENEA mette a disposizione per la pubblica fruizione da parte del vasto pubblico.

Gli argomenti trattati si riferiscono al Tema di Ricerca 5.4.3.1. "Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali" dell'area "Usi finali".

Sono state analizzate le potenzialità dell'elettricità per rispondere alle necessità energetiche del sistema Italia valutando le possibilità di penetrazione del vettore elettrico nel soddisfacimento dei bisogni finali, anche in sostituzione di altri vettori energetici ed in particolare di quelli termici.

L'attenzione è stata rivolta in una prima parte ad individuare le motivazioni della crescente penetrazione dell'elettricità negli usi finali, dall'altra dalle prospettive offerte da impieghi innovativi dell'elettricità. Sono state analizzate tecnologie già presenti nel mercato sia pure in nicchie limitate rispetto alle potenzialità e si è cercato di individuare i fattori che possono giustificare una forte espansione delle stesse; l'analisi è stata più approfondita su alcune tecnologie già piuttosto diffuse per le quali erano già più disponibili valutazioni sugli effetti di una loro espansione.

Particolare attenzione è stata data alle interazioni fra il sistema delle reti elettriche e delle rete gas per l'analisi delle potenzialità comparative fra la generazione diffusa mediante cogenerazione e le pompe di calore ad alimentazione elettrica, segnalando sia i punti critici che le possibilità di sinergia. Sono state poi individuate otto settori di maggior interesse applicativo, di vario livello di innovatività, per i quali si prevede una forte espansione nei prossimi anni.

Il rapporto è stato concepito e sviluppato in base all'esigenza di realizzare un prodotto di ricerca il più possibile pronto all'utilizzo da parte dei soggetti individuati quali principale obiettivo: gli operatori di settore lato utenza finale. In questa ottica sono stati privilegiati gli aspetti legati all'operatività degli impianti ed al loro impatto nel contesto attuale dei mercati dell'elettricità e del gas, analizzando le motivazioni che sono alla base delle scelte che l'utente finale deve affrontare nel momento in cui approccia una tecnologia e ne verifica l'applicabilità presso gli impianti che esercisce o che deve installare.

Si ottempera così all'obbligo previsto per le attività di Ricerca di Sistema di beneficiare gli utenti del sistema elettrico dei risultati prodotti, contribuendo alla diffusione di tecnologie innovative disponibili, ove per "innovativo" si intende sia una tecnologia "nuova", sia una tecnologia energeticamente efficiente ed innovativa nell'applicazione al settore o al processo produttivi.

Un uso più diffuso di tecnologie innovative ed efficienti e una migliore e razionale gestione dell'energia consentono, insieme a concreti benefici economici in termini di riduzione dei costi di approvvigionamento energetico per le utenze finali (tra cui principalmente le aziende che attueranno programmi di efficienza energetica seguendo un approccio di tipo sistemico), una complessiva riduzione dei consumi energetici ed una migliore integrazione dei carichi energetici locali nelle reti energetiche nazionali.

Indice

Sommario	2
1. LA PENETRAZIONE DEGLI USI ELETTRICI	9
1.1. Valutazione della penetrazione dei consumi elettrici.....	9
1.2. Le motivazioni della penetrazione dei consumi di elettricità	19
1.3. Motivazione per la promozione, oggi in Italia, degli usi efficienti innovativi dell'elettricità	21
1.4. Confronto tra consumi di elettricità e consumi di calore	23
2. PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE	26
2.1. Classificazione di interesse generale delle tecnologie	26
2.2. Le tecnologie di tipo meccanico.....	27
2.2.1. Le pompe di calore e la ricompressione meccanica del vapore.....	28
2.2.2. Pompe elettromagnetiche	30
2.2.3. Tecniche separative	31
2.2.4. Cottura a secco delle farine alimentari	33
2.2.5. Processi ad alta pressione	33
2.2.6. Impieghi della CO ₂ supercritica	34
2.2.7. Taglio con getto d'acqua ad alta pressione	34
2.2.8. Liofilizzazione.....	35
2.2.9. Accumulo di frigoriferie.....	35
2.3. Tecnologie di riscaldamento senza combustione e/o con trasferimento di energia a distanza	37
2.3.1. Riscaldamento ad effetto Joule	37
2.3.2. Tecnologie di riscaldamento a induzione.....	38
2.3.3. Torcia al plasma.....	39
2.3.4. Irraggiamento con particelle ionizzanti	40
2.3.5. Tecnologie basate sull'impiego delle radiofrequenze e delle microonde.....	41
2.3.6. Ultravioletti	43
2.3.7. Impieghi delle radiazioni infrarosse	44

2.3.8. Campi elettrici pulsati	45
2.3.9. Ricoprimenti delle superfici o riporti superficiali	46
2.3.10. Utilizzo delle radiazioni luminose mediante LASER.....	49
2.4. Tecnologie elettrochimiche	51
2.4.1. Applicazione dell'ozono per demolizione di inquinanti	51
2.4.2. L'elettrolisi dell'acqua	52
2.4.3. Diodi con emissione di luce – LED	53
2.4.4. Controllo della trasparenza delle vetrate	55
2.4.5. Tecnologie interne alle attività di sviluppo del settore elettrico	56
2.4.6. Informatica diffusa.....	56
2.4.7. Apparecchi portatili.....	57
2.4.8. Nanotecnologie	58
3. LIMITI E BARRIERE DELLE TECNOLOGIE	60
3.1. Pompe di calore e ricompressione meccanica del vapore	60
3.1.1. Aspetti tecnici ed istituzionali.....	60
3.1.2. Competizione col mercato del gas	61
3.1.3. Interazioni con la rete di distribuzione elettrica	65
3.1.4. Confronti ed integrazioni fra rete elettrica e rete gas	66
3.1.5. Competizione ed integrazione fra cogenerazione distribuita e pompe di calore elettriche alimentate dalla rete.....	67
3.2. Tecniche separative	68
4. PROSPETTIVE E SVILUPPO DELLE APPLICAZIONI	70
4.1. Valutazioni sul grado di innovazione.....	70
4.2. Indagine sulla valutazione delle tecnologie innovative fra gli Energy manager nominati nel 2008.....	72
4.3. Valutazione FIRE sugli usi innovativi dell'elettricità.....	75
5. INDIVIDUAZIONE DEI SETTORI DI MAGGIOR INTERESSE APPLICATIVO	78
5.1. Potenzialità dei nuovi sistemi di illuminazione a LED.....	78
5.2. Le pompe di calore	79

5.3. Le tecnologie di stand-by per l'elettronica di consumo e per gli apparecchi portatili.....	81
5.4. Riporti protettivi superficiali.....	81
5.5. Sistemi per depurazione di acque industriali per permetterne il riciclo	82
5.6. Sistemi di accumulo di frigoriferi	83
5.7. Abbattimento dei COV	84
5.8. Cucine ad induzione.....	85
6. L'ANALISI DEL COSTO DEL CICLO DI VITA (LCCA)	86
6.1. Premessa	86
6.2. Introduzione alla LCCA.....	87
6.2.1. Attualizzazione dei tassi di sconto.....	88
6.2.2. Periodo di studio	89
6.2.3. Calcolo del LCC e degli altri indici.....	90
6.2.4. Trattamento dell'incertezza	93
6.2.5. LCC e LCA.....	94
6.2.6. Storia e normativa.....	95
6.3. INDAGINE SU LCCA E ANALISI DEL COSTO DEL CICLO DI VITA.....	97
6.3.1. conclusioni	103
6.4. LCCA e tecnologie.....	105
6.4.1. Trasformatori.....	105
6.4.1.1. Classificazione.....	105
6.4.2. Sistemi ad aria compressa	108
6.4.2.1. Stato dell'arte	108
6.4.2.2. Metodi di regolazione efficienti.....	109
6.4.2.3. Incentivi	110
6.4.3. Motori elettrici.....	111
6.4.3.1. Stato dell'arte	111
6.4.3.2. Normativa Tecnica.....	112
6.4.3.3. Incentivi	113
6.4.4. Pompe e ventilatori	114

6.4.4.1. Stato del'arte	114
6.4.4.2. Metodi di regolazione efficienti.....	115
6.4.4.3. Incentivi	116
6.4.5. Illuminazione pubblica	117
6.4.5.1. Le tecnologie	117
6.4.5.2. Dimmeraggio	119
6.4.5.3. Incentivi	120
6.4.6. I semafori a led	121
6.4.6.1. La tecnologia	121
6.4.7. Dispositivi anti-standby	123
6.4.7.1. Le tecnologie	123
6.4.8. Frigoriferi/congelatori	126
6.4.9. Lavatrici e lavastoviglie	128
6.4.10. SOLARE TERMICO: PANNELLI SOLARI	129
6.4.10.1. Valutazioni tecnico-economiche	129
7. DOCUMENTAZIONE	132
8. NOTE sugli AUTORI	137
9 ALLEGATI	138

1. LA PENETRAZIONE DEGLI USI ELETTRICI

1.1. Valutazione della penetrazione dei consumi elettrici

Negli anni '30-'40 del secolo scorso si promuovevano in Italia i consumi elettrici perché si trattava di un vettore energetico ricavato da una fonte nazionale, quella idroelettrica, allora chiamata "carbone bianco". Si invitavano i bravi cittadini a cucinare con l'elettricità, uso allora innovativo, per contribuire alla lotta alla deforestazione riducendo il consumo di carbone di legna.

Negli anni '60 la nazionalizzazione promuoveva, abbassando le tariffe per le famiglie, gli usi dell'elettricità prodotta con l'olio pesante, scarto delle nostre raffinerie poste sul percorso del riaperto canale di Suez. Più tardi, dopo la crisi energetica del '73, per l'incapacità politica e tecnologica di costruire le centrali a carbone e nucleari previste, si cominciò a promuovere la riduzione dei consumi; quelli elettrici continuarono però a crescere comparativamente più degli altri usi finali, senza motivazioni di diversificazione delle fonti, perché ormai anche la produzione di elettricità si basa su metano importato.

La tendenza ad una crescente elettrificazione negli usi finali dell'energia ha, nell'attuale contesto italiano, precise motivazioni, differenti da quelle di altri paesi dell'U.E.; le principali sono:

- il rendimento del parco di generazione termoelettrico è in lenta, ma continua crescita per cui il kWh elettrico è sempre meno penalizzato, rispetto a quello termico, nei consumi di energia primaria. Nel 2007 il rendimento netto di generazione del parco termoelettrico è stato del 44% (1.961 kcal/kWh) mentre era, nel 1997 del 39% (2.187 kcal/kWh); per passare agli utenti finali occorre considerare la perdite di trasporto e distribuzione, pari globalmente al 6%;
- Nel settore delle utenze industriali ogni recupero di calore ed ogni intervento di trattamento/depurazione degli effluenti liquidi o gassosi richiede nuove pompe e/o ventilatori azionati elettricamente, così come ogni automazione di processo richiede di motorizzare valvole o azionamenti con nuovi consumi elettrici, mentre si riducono quelli termici;
- nel settore civile l'uso dell'elettricità è molto più comodo, modulabile e gestibile, per mancanza di emissioni locali e per la modularità, rispetto all'uso di combustibili peraltro fortemente tassati, (ad esempio un forno di cottura elettrico è molto più facile da installare e da gestire rispetto ad un forno a gas con il suo camino e suoi vincoli di sicurezza). E' da ricordare che il settore civile, specie terziario, è ancora in espansione come produzione e

come consumi, anche perché non ci sono facili delocalizzazioni come è avvenuto ed avviene nei settori manifatturieri.

Come risultato finale di queste spinte “naturali” la penetrazione dell'energia elettrica, così come riportata da TERNA, era del 24,1% nel 1963, è scesa al 23% nel '73, periodo della forte industrializzazione diffusa nel paese, nella chimica e nella siderurgia, e della diffusione del riscaldamento domestico in tutta Italia, è risalita al 30,3% nell'83, è quindi al 33,7% nel '93, al 35,8% nel 2003, è valutata in leggera riduzione al 35,6 nel 2007 (vedi Figura 1 e Figura 2).

La diminuzione di penetrazione di questi ultimi anni non trova riscontro nella realtà operativa, ma è legata alla scelta di TERNA, che la definisce come la quota delle fonti primarie impiegate dal paese dedicate alla produzione dell'elettricità, rispetto al totale delle fonti primarie utilizzate. Questa definizione, interna al sistema della industria dell'energia, ingloba in un unico parametro la consistenza dei consumi elettrici e l'efficienza del parco di generazione.

Sembra però opportuno proporre, per meglio apprezzare la penetrazione elettrica, un parametro calcolato a valle dell'industria energetica, cioè al livello dei consumi finali, che valorizza l'evoluzione del parco di generazione.

Se si considera come penetrazione degli usi elettrici il rapporto fra i TWh lordi consumati ed i Mtep totali consumati si ha un indice che passa da 1,72 nel 2003 a 1,85 nel 2007. Dal diagramma di Figura 2 si evidenzia chiaramente che i due indicatori iniziano a divergere dal '95, con l'entrata in esercizio dei cicli combinati con turbine a gas.

E' interessante analizzare come la penetrazione dell'elettricità negli usi finali, nel periodo 1971-2007, sia stata diversa fra il settore industriale ed il settore civile ed anche, all'interno di quest'ultimo, fra il settore dei servizi e quello delle residenze. In quei 35 anni si è avuta una pesante dematerializzazione dell'economia: i consumi di elettricità erano inizialmente concentrati nelle industrie, che hanno accresciuto i loro consumi nel periodo con incrementi sempre minori a partire dalla fine degli anni '70. I consumi nel settore civile sono stati invece in continua crescita incrementale e nel 2003 hanno superato quelli delle industrie (vedi Figura 3). L'evoluzione dell'insieme dei consumi finali, termici ed elettrici, ha avuto un diverso andamento (vedi Figura 4). Essi sono in continua crescita nel settore civile, nel quale l'aumento della domanda dell'utenza ha superato l'effetto di incremento di efficienza. Al contrario nel settore industriale si sono avute rilevanti diminuzioni dei consumi complessivi negli usi finali fino a metà anni '80, indice che i consumi elettrici sostituivano i consumi termici (tipicamente mediante recupero di calore dagli effluenti scaricati). È poi seguito un periodo di consumi costanti salvo esplosioni negli anni scorsi quando tutte le produzioni di base, a partire dalla siderurgia, hanno avuto un picco di attività.

La Figura 5 mostra la penetrazione dei consumi elettrici negli usi finali, definita come tep di elettricità usata (quindi $1 \text{ kWh}_e = 860 \text{ kCal}$), per tep totali consumate. Con tutti i limiti della valutazione degli usi finali settoriali (non sono considerati i consumi dei trasporti, così come non

sono considerati i consumi di energia inglobati nelle merci importate) questi diagrammi (Figura 5 e Figura 6) permettono di ricostruire l'evoluzione dei rapporti. L'industria tiene a distanza il settore civile fino agli anni '80, poi segue una fase di crescita più lenta; il settore civile si elettrifica sempre di più, anche se dopo la metà degli anni '90 il ritmo cala; infine le forti temperature estive degli ultimi anni giustificano il picco finale.

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

Consumi finali di energia per settore (migliaia di tep)		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Agricoltura e Pesca		2.077	2.115	2.167	2.312	2.291	2.208	2.365	2.366	2.589	2.425	2.363	2.356	2.381	2.216	2.527	2.541	2.736	2.904	3.088	3.112	2.923	2.997	3.252	3.250	3.294	3.270	3.109	3.108	3.137	3.226	3.351	3.297	3.361	3.367	3.402	3.381	3.321	
Industria		35.065	37.169	39.990	41.531	36.988	39.673	39.102	37.702	38.173	37.910	35.025	33.714	32.274	32.559	31.463	31.320	32.933	34.446	35.085	36.454	35.547	35.131	34.458	35.622	36.026	36.167	37.200	37.918	39.130	40.177	40.531	39.554	40.827	41.195	41.061	40.896	39.681	
Siderurgia		6.096	6.646	7.245	8.321	7.854	7.905	8.231	8.329	8.440	8.427	8.119	7.884	7.625	7.537	7.802	7.544	7.486	7.554	7.710	7.442	7.203	7.307	7.218	7.426	7.738	7.295	7.658	6.473	7.156	7.211	6.711	6.711	7.245	7.521	7.631	7.662	7.564	
Elettrotelecomunicazioni		237	227	264	254	166	166	170	170	167	136	114	111	110	124	122	118	120	124	129	139	183	170	194	160	154	160	142	244	176	166	170	175	170	175	173	174	165	148
Metalli non ferrosi		795	706	870	713	1.059	1.390	942	781	769	852	849	631	655	702	709	715	745	790	832	754	800	826	847	846	800	826	847	846	877	933	863	957	957	956	963	966	978	948
Meccanica		3.511	3.399	4.395	4.107	3.784	4.112	3.800	3.790	3.346	3.857	3.572	3.228	3.158	3.105	3.110	3.088	3.179	3.341	3.330	3.282	3.309	3.321	3.639	3.919	4.001	4.171	4.522	4.712	4.906	5.160	5.284	5.287	5.347	5.454	5.413	5.448	5.410	
Agricoltura e Pesca		2.134	2.598	2.256	2.612	2.385	2.900	2.385	2.386	2.309	2.499	2.475	1.929	1.821	1.778	1.979	2.070	2.109	2.205	2.114	2.492	2.694	2.475	2.630	2.747	2.846	2.872	3.072	3.373	3.522	3.715	3.749	3.800	3.864	3.732	3.387	3.302	3.302	
Tessile e Abbigliamento		1.930	2.351	2.117	2.203	2.076	2.209	2.121	1.960	2.375	2.297	2.064	1.800	1.757	1.900	1.852	1.974	2.003	2.055	2.071	2.125	2.298	2.373	2.375	2.549	2.607	2.512	2.560	2.676	2.765	2.862	2.908	2.855	2.826	2.895	2.453	2.410	1.951	
Materiali da costruzione		5.953	5.809	6.370	6.723	5.529	5.156	5.653	5.692	6.045	5.994	5.645	5.382	4.922	4.510	4.328	4.339	4.300	4.559	4.992	4.921	4.799	4.301	4.262	4.102	4.058	4.106	4.620	5.012	5.362	5.441	5.199	5.444	5.749	5.900	6.129	5.847		
Vetro e Ceramica		2.498	2.247	2.466	2.808	2.472	2.653	2.763	2.777	3.041	3.263	3.203	3.033	2.687	2.794	2.866	2.352	2.449	2.611	2.661	2.729	2.635	2.721	2.729	2.635	2.754	2.940	3.072	3.085	3.084	3.300	3.407	3.470	3.488	3.459	3.496	3.320	3.211	
Chimica e Petrochimica		9.067	9.825	10.429	10.103	8.526	9.316	9.666	8.275	7.315	7.369	6.481	6.242	6.535	6.066	6.062	6.159	6.623	7.115	7.477	7.575	7.323	6.887	7.152	6.991	7.460	7.181	7.200	7.015	6.475	6.475	6.487	6.280	6.508	6.550	6.343	6.387	6.211	
d'acce		5.475	5.025	4.735	5.157	4.210	4.520	4.959	4.529	4.537	4.823	4.391	2.985	3.285	3.406	3.295	3.509	3.532	3.784	3.820	3.622	3.789	3.891	3.914	3.894	4.251	4.742	5.082	5.153	5.684	5.466	5.396	5.242	5.377	5.527	5.179	5.144	5.086	
Petrochimica		3.593	4.009	4.054	4.946	4.168	4.785	4.729	3.628	2.782	3.586	3.200	2.227	2.280	2.200	2.769	2.639	3.091	3.551	3.687	3.657	3.445	3.046	3.138	2.987	3.217	2.459	2.109	1.862	1.941	1.829	1.101	1.108	1.129	1.164	1.142	1.128	1.128	
Ceramica e grafica		1.816	1.733	1.883	1.736	1.652	1.718	1.800	1.681	1.702	1.632	1.546	1.595	1.469	1.458	1.463	1.496	1.589	1.704	1.773	1.834	2.069	2.115	2.137	2.347	2.400	2.496	2.592	2.662	2.588	2.658	2.627	2.736	2.798	2.867	2.864	2.847	3.099	
Altre Manifatture		957	1.559	1.630	1.894	1.408	1.762	1.482	1.762	1.770	1.879	1.649	1.113	1.579	1.658	1.461	1.467	2.385	2.008	2.998	3.320	1.882	1.161	1.402	1.935	1.491	1.814	1.756	1.739	2.144	1.785	2.059	2.063	1.970	1.917	1.938	1.859	1.859	
Elettronica		72	52	53	58	76	88	89	82	96	105	109	115	112	112	109	107	96	99	104	101	102	105	101	102	104	200	90	157	157	165	192	204	210	206	205	205		
Trasporti		16.445	18.165	19.663	18.428	19.274	20.294	21.526	22.730	24.864	24.834	25.107	26.102	26.126	27.181	28.190	29.222	30.661	32.255	33.844	34.453	35.474	36.371	37.785	37.088	38.776	39.069	39.771	40.990	41.696	41.862	42.656	43.121	44.081	44.863	44.809	45.086	45.422	
Terziario e Residenziale		26.494	28.788	29.853	29.408	30.121	31.606	29.419	32.261	32.081	31.883	31.161	30.732	31.133	31.988	32.302	33.470	34.227	33.697	34.237	34.593	36.845	33.597	36.712	38.370	40.632	39.338	40.709	39.913	43.108	44.229	44.229	46.535	44.758	42.635	42.635	42.635	42.635	
Usi non energetici*		10.446	11.460	12.564	12.767	11.755	12.257	10.827	9.913	10.827	8.839	9.750	9.107	10.251	11.041	10.393	11.277	12.115	12.113	12.438	11.972	11.447	12.316	11.798	12.467	11.893	9.980	10.126	10.082	9.502	9.307	9.992	9.992	9.992	9.992	9.992	9.992	9.992	
Bunkeringi		8.516	7.711	7.220	6.019	5.766	5.015	5.093	5.561	5.093	4.203	3.927	4.007	3.233	3.202	3.455	3.650	3.301	3.146	2.833	2.607	2.546	2.462	2.441	2.363	2.440	2.489	2.445	2.739	2.650	3.021	3.246	3.393	3.422	3.523	3.559	3.559		
Totale Impieghi finali		99.353	105.516	111.464	110.466	106.195	111.733	108.413	110.534	113.147	110.055	108.134	106.028	105.997	109.197	109.760	111.408	116.714	119.539	122.252	123.191	126.022	125.322	125.051	126.966	129.777	130.000	133.763	135.204	137.460	140.079	138.400	143.930	147.230	146.730	147.738	144.811		
Consumi e Perdite		7.947	7.464	6.236	5.834	5.105	5.267	6.607	7.466	8.253	7.975	6.926	5.332	5.033	5.633	7.494	8.940	7.003	3.567	4.510	3.653	3.055	3.656	5.415	4.695	3.454	4.453	2.292	1.620	3.107	2.946	4.390	3.455	3.203	2.848	2.496	1.072	1.912	
Generazione Elettrica		17.500	19.800	22.100	22.800	21.700	25.400	26.100	27.800	29.000	28.500	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	
Disponibilità interna lorda		124.000	132.000	138.000	139.000	133.000	142.000	144.000	144.000	144.000	149.200	147.000	143.500	139.800	139.500	143.400	146.200	147.691	151.041	157.469	162.178	163.456	166.778	168.179	165.500	165.153	172.589	172.830	175.506	179.427	182.669	185.897	188.773	188.066	194.373	196.526	197.776	196.191	194.200
Consumi finali di energia elettrica (migliaia di tep)		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Agricoltura e Pesca		100	100	113	122	143	155	180	194	217	223	240	254	263	279	302	322	324	364	373	396	400	389	353	374	386	403	422	444	444	444	446	461	473	487	487	487		
Industria		5.397	5.824	6.641	6.899	6.560	7.269	7.450	7.861	8.077	7.798	7.611	7.461	7.902	7.981	8.170	8.493	8.985	9.391	9.532	9.541	9.569	9.442	9.836	10.272	10.240	10.623	10.626	11.064	11.726	11.827	11.780	11.874	11.864	11.900	12.114	11.999		
Siderurgia		1.026	1.124	1.187	1.361	1.323	1.447	1.490	1.500	1.662	1.700	1.531	1.406	1.554	1.563	1.520	1.525	1.624	1.691	1.669	1.619	1.617	1.599	1.605	1.691	1.543	1.586	1.619	1.572	1.749	1.786	1.711	1.704	1.717	1.748	1.859	1.864		
Elettrotelecomunicazioni		111	105	108	109	104	107	109	108	108	109	104	103	104	104	101	105	109	109	109	109	112	102	100	96	89	95	95	97	100	90	92	93	97	94	96	94	96	
Metalli non ferrosi		337	300	462	512	465	471	521	531	542	580	580	499	498	465	494	519	512	516	521	530	504	426	411	444	462	462	464	468	458	465	400	461	468	474	482	492	475	
Meccanica		752	787	846	879	903	1.016	1.000	1.009	1.125	1.141	1.112	1.102	1.101	1.146	1.183	1.247	1.322	1.413	1.500	1.540	1.575	1.553	1.682	1.820	1.794	1.994	2.019	2.164										

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

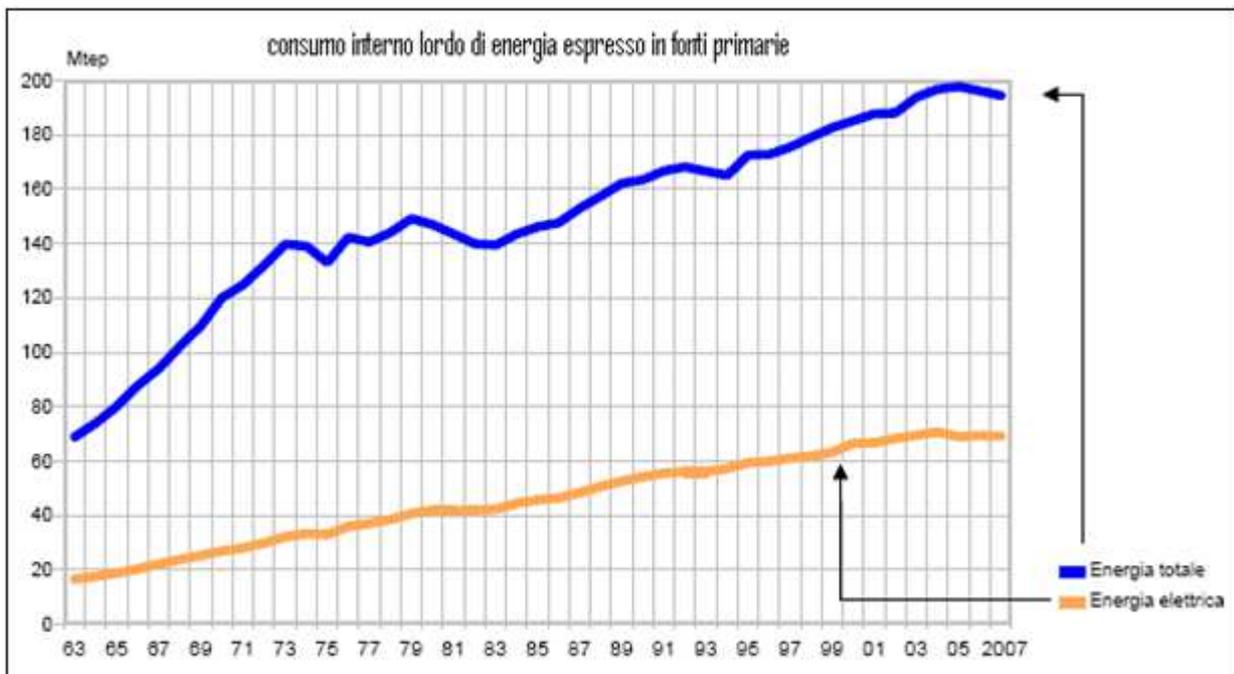


Figura 2: Consumo interno lordo di energia

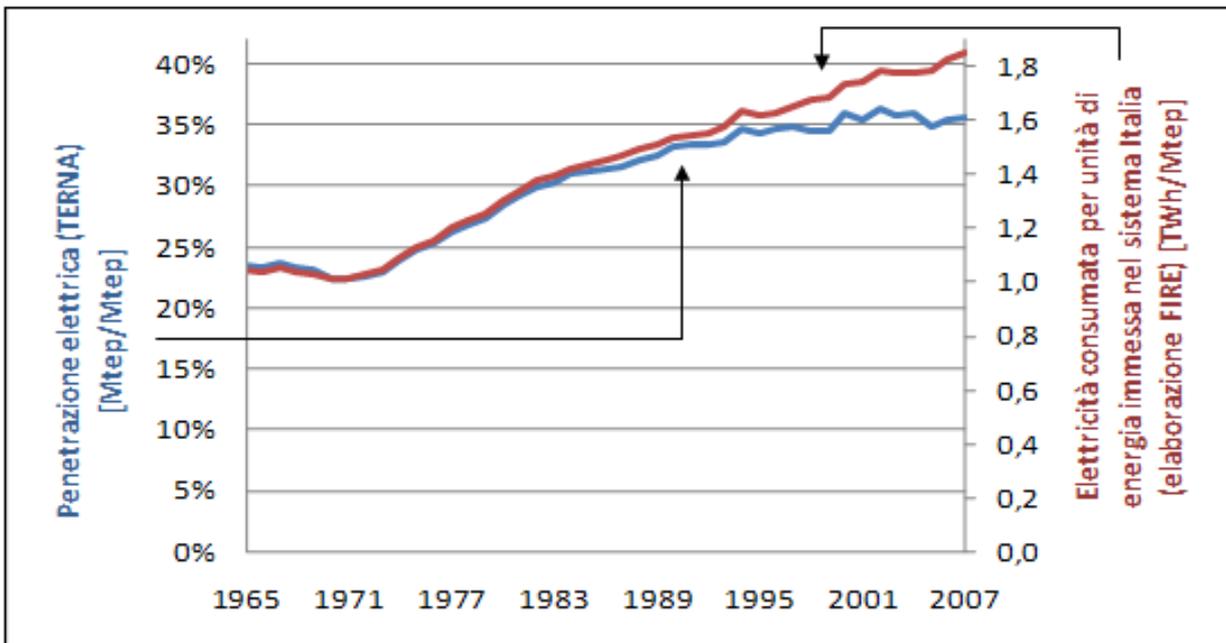


Figura 3: Consumo di energia elettrica (Fonte : FIRE)

Due diverse valutazioni della penetrazione dell'elettricità negli usi energetici; la prima è il rapporto fra le fonti consumate per produrre elettricità e le fonti totali, la seconda è il rapporto fra l'elettricità consumata e le fonti totali.

Consumo interno lordo di energia in fonti primarie in Italia dal 1963 al 2007

	Consumo interno lordo		Penetrazione dell'energia elettrica	Consumo interno lordo di energia elettrica	Produzione nazionale	Dipendenza dall'estero	Produzione lorda
	Totale	di cui per energia elettrica					
	Mtep		%		GWh	%	GWh
1963	68,9	16,6	24,1	72.643	51.611	29,0	71.344
1964	74,0	17,6	23,8	77.741	46.878	39,7	76.739
1965	80,1	18,8	23,5	83.299	52.473	37,0	82.968
1966	87,8	20,4	23,2	90.835	54.457	40,1	89.993
1967	94,0	22,2	23,6	98.739	53.207	46,1	96.829
1968	102,2	23,8	23,3	106.127	52.842	50,2	104.011
1969	109,8	25,3	23,0	112.927	50.839	55,0	110.447
1970	120,1	26,9	22,4	121.388	51.400	57,7	117.423
1971	124,8	28,0	22,4	126.521	49.859	60,6	124.860
1972	132,0	29,9	22,7	135.461	52.533	61,2	135.261
1973	139,8	32,1	23,0	146.397	48.866	66,6	145.518
1974	139,1	33,3	23,9	151.198	50.011	66,9	148.905
1975	133,0	33,0	24,8	149.914	53.752	64,1	147.333
1976	142,4	36,0	25,3	164.638	52.169	68,3	163.550
1977	140,6	37,0	26,3	169.322	63.466	62,5	166.545
1978	144,1	38,5	26,7	177.167	58.960	66,7	175.041
1979	149,2	40,7	27,3	186.657	58.070	68,9	181.264
1980	147,0	41,9	28,5	191.824	57.032	70,3	185.714
1981	143,6	41,9	29,2	191.288	56.015	70,7	181.656
1982	140,0	42,0	30,0	192.595	58.551	69,6	184.444
1983	139,5	42,3	30,3	193.962	57.218	70,5	182.880
1984	143,5	44,5	31,0	203.559	60.216	70,4	182.669
1985	146,2	45,7	31,3	209.409	59.295	71,7	185.740
1986	147,7	46,4	31,4	214.444	61.055	71,5	192.330
1987	153,0	48,4	31,6	224.518	50.305	77,6	201.372
1988	157,5	50,7	32,2	234.817	51.770	78,0	203.561
1989	162,2	52,6	32,5	244.479	48.335	81,0	210.750
1990	163,5	54,2	33,2	251.546	44.215	82,4	216.891
1991	166,8	55,6	33,3	257.123	54.380	78,9	222.041
1992	168,2	56,1	33,4	261.543	54.589	79,1	226.243
1993	166,6	56,1	33,7	262.220	53.331	79,7	222.788
1994	165,1	57,2	34,6	269.403	55.514	79,4	231.804
1995	172,6	59,4	34,4	278.907	50.285	82,0	241.480
1996	172,8	59,9	34,6	281.813	55.664	80,2	244.424
1997	175,5	61,1	34,8	290.294	56.876	80,4	251.462
1998	179,2	61,8	34,5	300.518	59.349	80,3	259.786
1999	182,7	63,2	34,6	307.667	61.200	80,3	265.657
2000	185,2	66,6	35,9	320.976	n.d.	n.d.	276.629
2001	187,8	66,7	35,5	327.372	n.d.	n.d.	278.995
2002	188,1	68,4	36,4	335.920	n.d.	n.d.	284.401
2003	193,9	69,5	35,8	344.833	n.d.	n.d.	293.865
2004	196,8	70,7	35,9	348.956	n.d.	n.d.	303.321
2005	197,8	69,0	34,9	352.826	n.d.	n.d.	303.672
2006	196,2	69,4	35,4	359.075	n.d.	n.d.	314.090
2007	194,5	69,2	35,6	360.171	n.d.	n.d.	313.888

Nota: Il coefficiente di conversione dell'energia elettrica primaria è pari a 2.200 kcal/kWh.

Fonte: TERNA S.P.A.

Figura 4: Consumo interno lordo di energia in fonti primarie (Fonte: Terna)

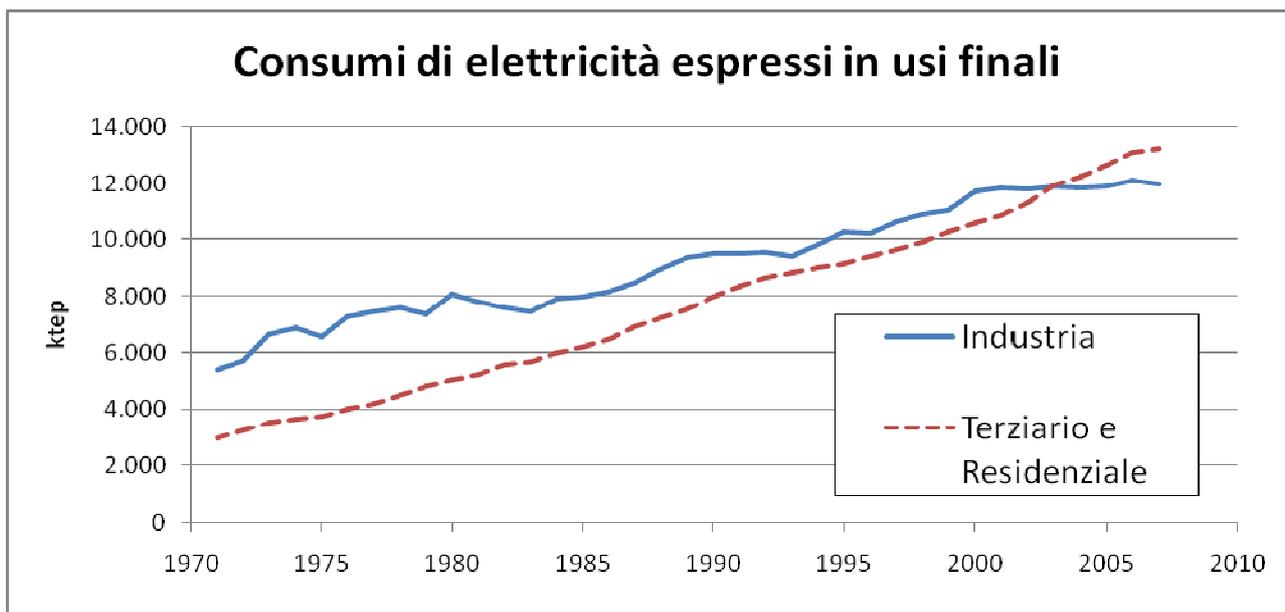


Figura 5: Consumi finali di energia elettrica nel settore civile e nel settore industriale, espressi in usi finali. (Fonte: MSE).

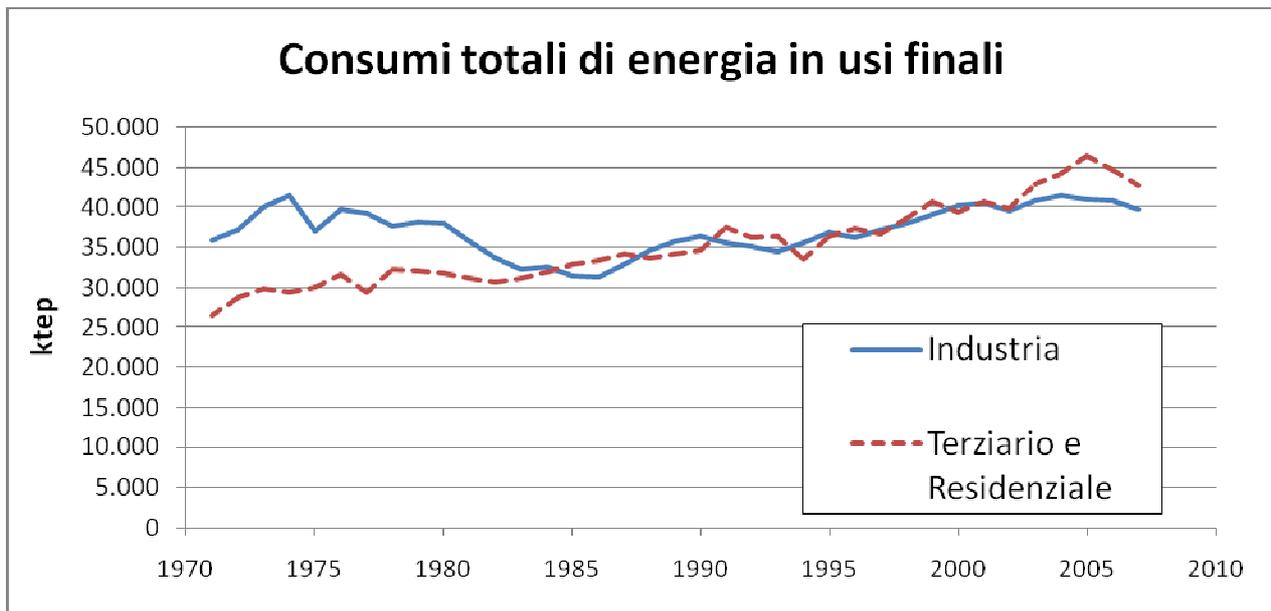


Figura 6: Consumi globali di energia (termici ed elettrici) nei settori industriale e civile (Fonte:MSE).

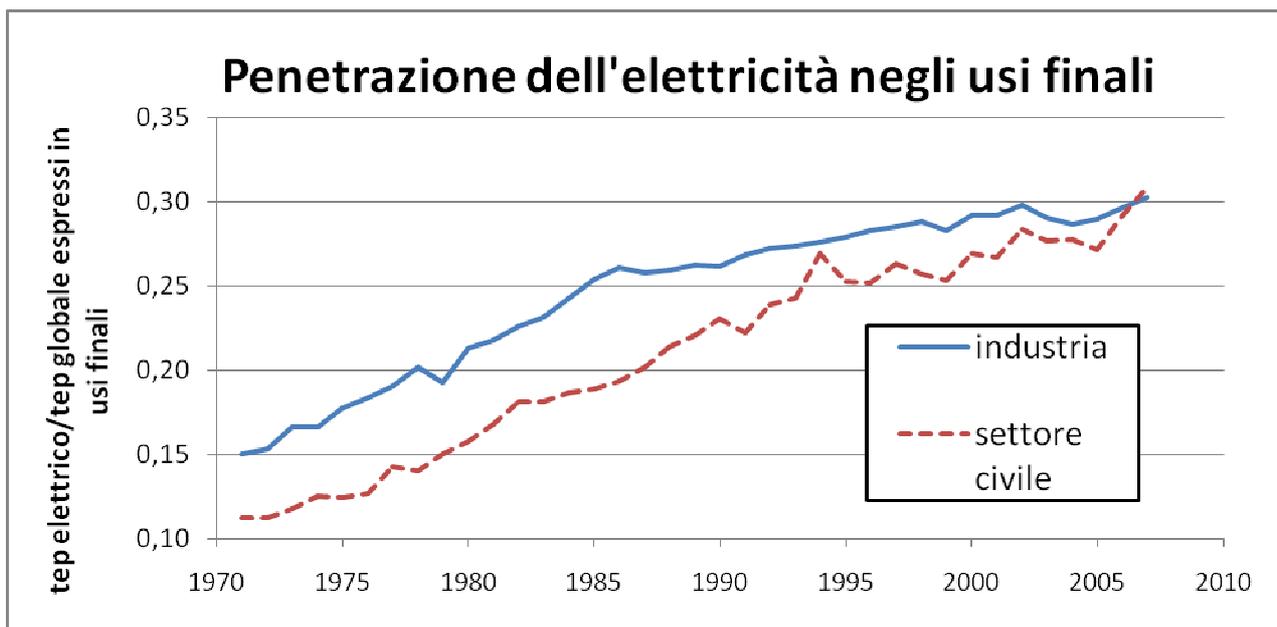


Figura 7: Penetrazione dell'elettricità negli usi finali espresso in tep elettrico/su tep globale

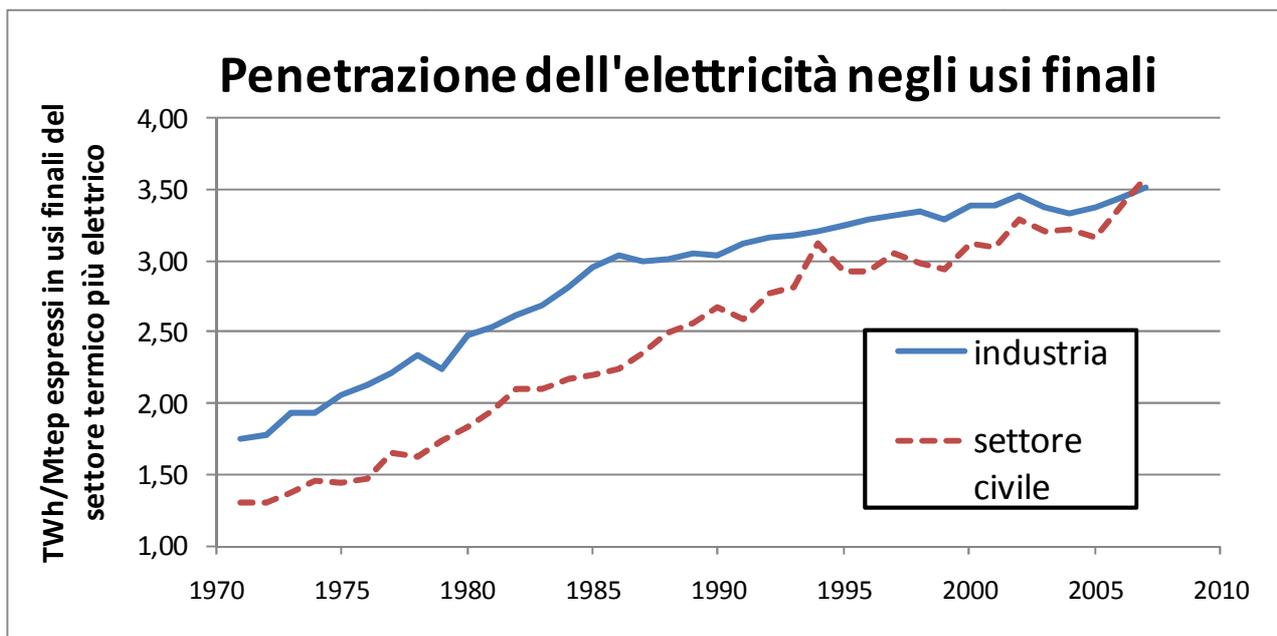


Figura 8: Penetrazione dell'elettricità negli usi finali espresso in rapporto tra TWh/Mtep globali (Fonte: MSE).

Impostando l'analisi all'interno del settore civile, si evidenzia la differenza fra il settore residenziale e quello terziario o servizi (Figura 7).

I consumi termici nell'intero settore civile sono infatti rimasti pressoché costanti (da 26,2 Mtep nel 1971 a 29,6 Mtep nel 2007), nonostante l'enorme espansione dei volumi costruiti, indicando che

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

CIVILE - Distribuzione dei consumi energetici del civile tra terziario e residenziale per fonte energetica (migliaia di tep)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
elettricità																												
Civile	5.023	5.220	5.575	5.647	5.962	6.211	6.470	6.913	7.214	7.552	7.975	8.355	8.656	9.037	9.942	9.196	9.400	9.549	9.920	10.290	10.549	10.870	11.331	11.925	12.273	12.653	13.079	13.221
Residenziale	3.254	3.341	3.532	3.529	3.732	3.827	3.929	4.140	4.236	4.394	4.525	4.702	4.794	4.851	4.894	4.823	4.800	5.009	5.222	5.296	5.294	5.414	5.591	5.727	5.796	5.814	5.792	
Terziario	1.769	1.879	2.043	2.119	2.230	2.384	2.540	2.774	2.978	3.157	3.451	3.654	3.862	4.186	4.273	4.420	4.619	4.822	5.076	5.333	5.576	5.917	6.314	6.540	6.897	7.265	7.440	
totale consumi																												
Civile	32.200	31.161	30.732	31.133	31.983	32.901	33.470	34.227	33.696	34.226	34.933	37.562	36.194	36.415	33.997	36.325	37.997	36.712	38.570	40.692	39.330	40.709	39.913	43.100	44.229	46.535	44.750	42.836
Residenziale	24.603	23.621	23.313	23.324	23.824	24.553	24.806	25.217	24.705	25.001	25.117	27.337	26.956	26.952	23.655	25.672	26.390	25.669	26.771	27.004	26.491	27.207	26.953	28.199	29.030	30.382	28.409	26.437
Terziario	7.597	7.540	7.419	7.809	8.159	8.349	8.704	9.010	8.921	9.915	9.476	10.225	10.137	10.350	9.941	10.600	11.006	11.040	11.799	12.898	12.847	13.422	13.600	14.910	15.199	16.153	16.349	16.399

Fonte: Elaborazioni Ennea su dati Ministero Sviluppo Economico

Figura 9: Distribuzione dei consumi energetici del civile (Fonte: MSE)

sia per la diminuita rigidità del clima che, soprattutto, per l'aumento di efficienza degli impianti termici e per la migliore qualità degli edifici nuovi, è stata compensata l'espansione del volume riscaldato.

Passando invece all'analisi dei consumi elettrici, più che triplicati per tutto il settore civile nel periodo 1975-2007, essi hanno invece un andamento diverso nei due sottosectori. I consumi del settore residenziale aumentano del 90% nel primo quindicennio e solo del 27% nel quindicennio successivo, e sono pressoché costanti dal 2003. Considerando l'aumento del numero delle abitazioni, dell'ordine del 2% all'anno, questo dato è un indice da una parte del limitato ricorso alla climatizzazione estiva, e dall'altra del forte effetto di aumento di efficienza sia nell'illuminazione sia in generale negli elettrodomestici.

Ben diverso è l'andamento dei consumi elettrici nel settore dei servizi, essi sono in crescita in modo esponenziale, raddoppiano nel primo quindicennio e raddoppiano ancora nel quindicennio successivo, sorpassando i consumi residenziali nel 2000, con un aumento globale dal '75 al 2007 di 5 volte.

L'aumento dei consumi energetici dei servizi è dovuto da una parte all'urbanizzazione che porta a formalizzare una serie di attività economiche prima ancillari alle residenze, dall'altra all'ampliarsi della gamma dei servizi messi a disposizione (dematerializzazione dell'economia) basti pensare alle attrezzature medicali degli ospedali, infine alla crescita degli standard prestazionali quali la generalizzazione del condizionamento estivo, all'esplosione dell'illuminazione come richiamo del settore commerciale e la diffusione di tutte le apparecchiature informatiche. Indubbiamente nelle imprese del settore dei servizi avere locali ben freddi d'estate e luci sempre accese viene considerato come un segnale di prestigio e di richiamo verso i clienti; insieme a questo c'è stata una minore sensibilità per l'efficienza energetica. Ha giocato anche la maggiore modularità e la minore necessità di infrastrutture specificamente dedicate all'uso dell'elettricità, basti pensare a come le banche sono passate alle pompe di calore reversibili eliminando le caldaie per il riscaldamento, sostituendo così il riscaldamento a metano con l'elettricità, peraltro prodotta in larga parte con centrali alimentate a metano.

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

Passando poi all'analisi delle penetrazione degli usi finali elettrici nei consumi finali globali dei due sottosettori (Figura 8 - Figura 12) si evidenzia che c'è stato un fortissimo aumento nell'intero settore civile negli anni '70 ed '80, minore dagli anni '90 in avanti. Nel settore residenziale la penetrazione è cresciuta fino ai primi anni '90, poi è rimasta stabile, sulla base della stabilità di consumi sia termici che elettrici. L'aumento dopo il 2005 sembra imputabile alla riduzione dei consumi globali, in particolare di calore per riscaldamento, per effetto sia del clima meno rigido che degli interventi tecnologici (specialmente sull'illuminazione e per gli elettrodomestici).

Il settore terziario o dei servizi, invece, ha visto la penetrazione continuamente in crescita, pur in presenza di una crescita dei consumi finali di calore (6,9 Mtep nel 1990, 7 Mtep nel 1998 e ben 9 Mtep nel 2007) indice di una crescita dei volumi riscaldati del settore. Nel 2007 la penetrazione dell'elettricità nel settore dei servizi ha raggiunto un valore di 0,45, definito come rapporto tra kWh elettrici e kWh globali, ben più alto dello 0,35 raggiunto dall'industria. Sostanzialmente nel settore dei servizi si consumano 0,8 kWh elettrici per ogni kWh termico.

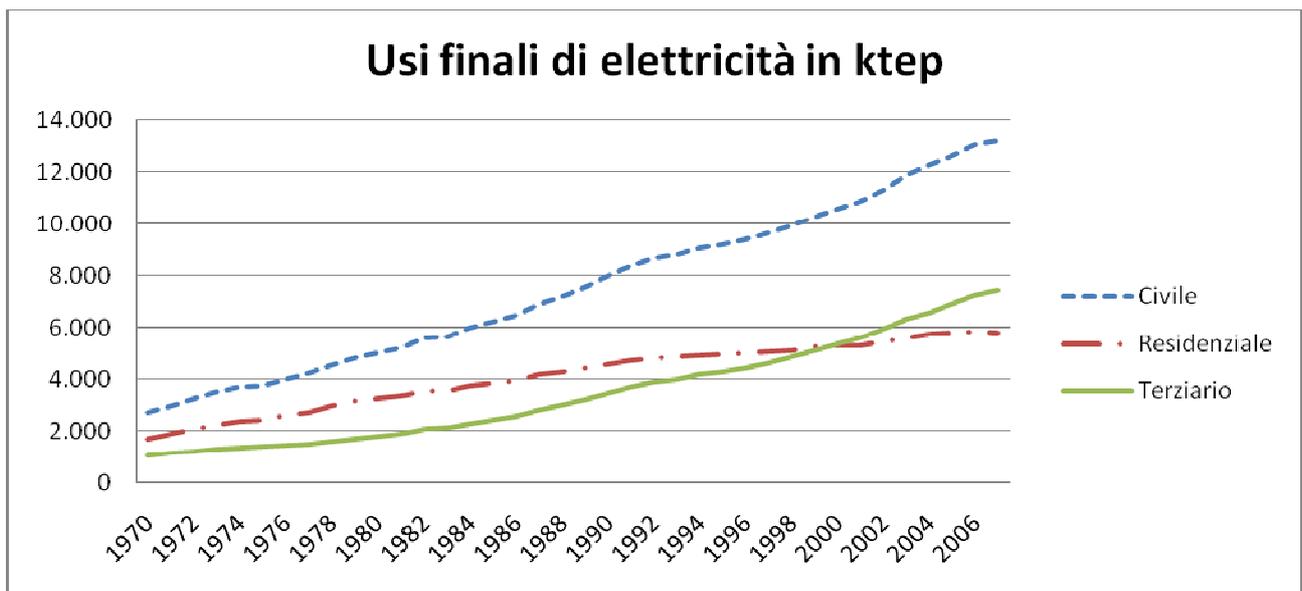


Figura 10: Usi finali dell'elettricità nel settore civile e nei due sottosettori di appartenenza (Fonte: MSE)

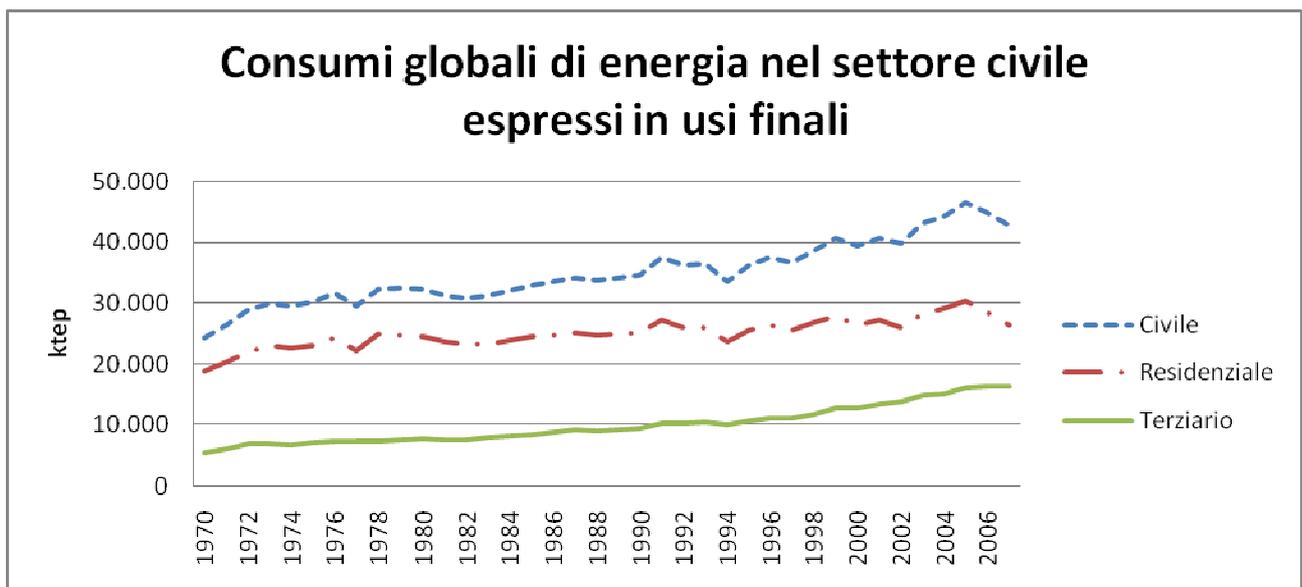


Figura 11: Usi finali globali (termico ed elettrico) nel settore civile e nei due sottosettori di competenza (Fonte: MSE)

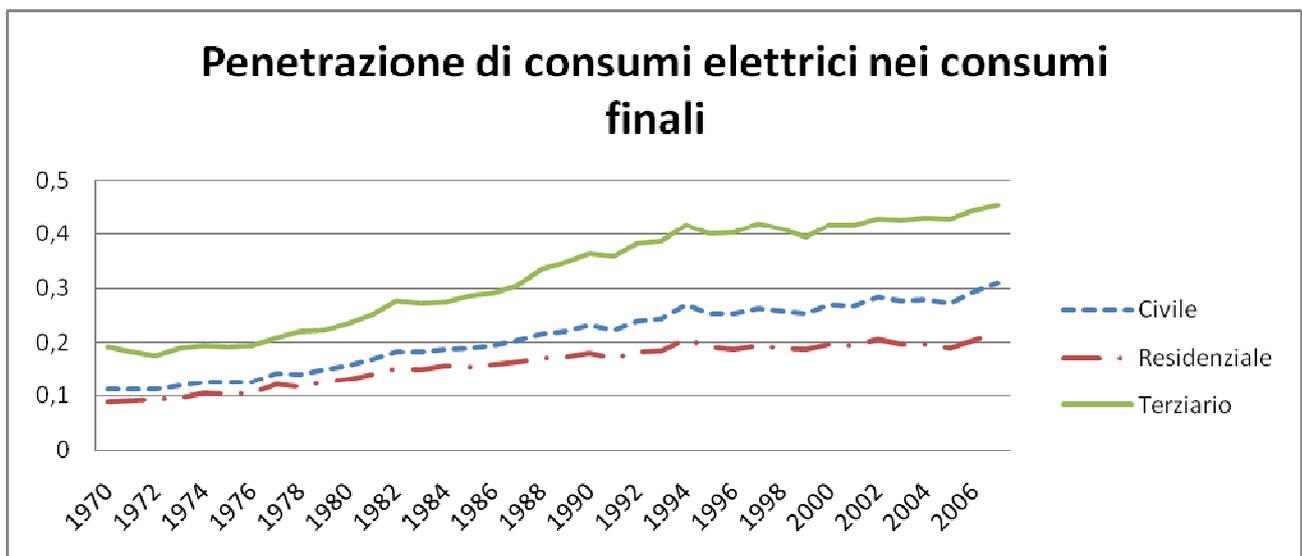


Figura 12: Penetrazione degli usi di elettricità nei consumi finali espressi come rapporto tep elettrico/tep globale (Fonte: MSE).

1.2. Le motivazioni della penetrazione dei consumi di elettricità

La penetrazione elettrica ha marciato sulla base della forza delle tecnologie e delle analisi economico – gestionali effettuate dai responsabili energetici delle imprese, come per effetto delle scelte di utilità ed opportunità delle famiglie, spesso senza bisogno di attività di ricerca e di dimostrazione, è naturalmente governata dalle attività di marketing delle imprese energetiche,

ormai spesso multiservizi (fornitrici ai loro clienti sia di gas che di elettricità) e dalle scelte della fiscalità sui vari vettori energetici prese dai governi. Infatti il carico fiscale è, per ora, molto più basso sui combustibili usati nelle centrali elettriche rispetto a combustibili usati direttamente dagli utenti e questo aumenta la competitività dell'elettricità negli usi finali. Non è ancora chiaro quale sarà il peso della tassazione nelle emissioni di CO₂, prevista solo per i grandi impianti di generazione e non per i consumi distribuiti.

Il confronto dei costi all'utente fra il kWh elettrico ed il kWh termico va effettuato settore d'utenza per settore, considerando anche l'entità del consumo globale; volendo tentare una valutazione globale si può indicare un valore, oggi, attorno a due, sia nel settore delle piccole utenze civili (0,18 € il kWh elettrico e 0,08 € quello termico), sia in quello delle grandi utenze (0,09 € il kWh elettrico e 0,04 € quello termico). L'innovazione tecnologica, la crescita della taglia dei grandi impianti di generazione ed infine la spinta della politica, prima con la nazionalizzazione poi con l'apertura di una certa concorrenza, hanno prodotto una diminuzione del costo relativo dell'elettricità, basti ricordare che al momento della nazionalizzazione, nel 1973, il prezzo unificato del kWh per il settore domestico fu fissato a 25 lire (costava anche 50 lire nei piccoli centri), mentre la nafta da riscaldamento costava attorno a 25-30 lire/litro e la benzina attorno a 100 lire al litro. Il costo del kWh_e è aumentato di 15 volte, il costo del gasolio da riscaldamento di 40-50 volte, quello della benzina di 22 volte (ricordando che all'epoca la potenza delle lampadine si misurava in candele, la tensione per le utenze domestiche era di 125 Volt, i cavi elettrici erano spesso rivestiti di tela gommata ed inchiodati ai muri con isolatori in ceramica, la nafta era nera e col 3% di zolfo e la benzina aveva solo 80 ottani!).

Conseguentemente, dal punto di vista puramente economico, considerando i bassissimi costi sia di approvvigionamento dalla rete nazionale, sia di conduzione, gestione e manutenzione delle apparecchiature elettriche rispetto alla complessità ed onerosità delle gestione e conduzione delle apparecchiature termiche, oltre che alle incertezze dell'approvvigionamento, vi è stata una spinta ad usare elettricità al posto dei combustibili; è sufficiente raggiungere un rapporto di sostituzione attorno a due.

Dal punto di vista dell'evoluzione delle tecnologie di utilizzo si deve tener conto sia dell'introduzione di nuove tecnologie specificamente elettriche sia di tecnologie che hanno sostituito consumi termici grazie all'uso di elettricità.

Con riferimento alle nuove tecnologie elettriche basta accennare, per le utenze civili, alla diffusione dagli anni '60-'70 degli elettrodomestici e dell'elettronica di consumo, dagli anni '80 della illuminazione con faretto e spot e dei telecomandi, con relativi stand-by, e più recentemente, dall'informatica diffusa e dal condizionamento estivo. Nel settore delle utenze industriali un ruolo paragonabile è stato svolto dalla diffusione della meccanizzazione dei processi produttivi, premessa alla automazione che, grazie all'informatica distribuita, ha trovato amplissima

applicazione anche nelle PMI dei tradizionali distretti manifatturieri (non energy-intensive) italiani. Ugualmente rilevanti sono stati gli interventi per la depurazione degli effluenti, sia liquidi che gassosi, nelle industrie medio-grandi.

Con riferimento invece alla sostituzione di consumi di calore queste tecnologie hanno riguardato prevalentemente il settore industriale con la diffusione degli impianti di recupero di calore, quasi sempre associati al trattamento di scarichi ed effluenti; questi impianti richiedono pompe e ventilatori per vincere le perdite di carico di scambiatori e di filtri e per il trasferimento del calore ad accumuli o ad utenze termiche con buona contemporaneità; la valorizzazione del calore recuperato richiede una strumentazione complessa ed una supervisione informatizzata per l'ottimizzazione dell'insieme dei processi, tutti meccanizzati.

1.3. Motivazione per la promozione, oggi in Italia, degli usi efficienti innovativi dell'elettricità

Da un punto di vista generale vi è un chiaro interesse a promuovere una ulteriore penetrazione dell'elettricità negli usi finali per i seguenti motivi:

- la crescita di efficienza del parco termoelettrico (già citata) continuerà ancora per un certo numero di anni, con sempre maggiori capacità di sostituire usi termici e ridurre il consumo di fonti primarie;
- la possibilità di diversificare le fonti primarie, utilizzando per generare elettricità carbone, nucleare, rifiuti urbani, frazioni petrolifere pesanti, tutte fonti non impiegabili da consumatori piccoli e medi;
- il miglior controllo delle emissioni nelle grandi centrali di generazione elettrica, sostituendo le emissioni localizzate, nella fase di utilizzo dei combustibili;
- la necessità di diffondere sempre più capillarmente il trattamento degli effluenti liquidi e gassosi anche nelle PMI e nel settore civile (impianti di taglia ridotta richiedono automazione sempre più spinta);
- la necessità di far evolvere i processi di depurazione da interventi end-of-pipe ad interventi selettivi di valorizzazione di quanto recuperato.

Tutti questi motivi giustificano, oltre ad una attività di marketing delle imprese elettriche, una attività di supporto tecnico scientifico per individuare e promuovere usi dell'elettricità innovativi che si dimostrino economicamente validi per il Paese e per i consumatori. In questo quadro l'utilizzo dei fondi della Ricerca di Sistema che, per le applicazioni già note, è ammesso solo per la promozione di miglioramento dell'efficienza degli apparati o per una migliore integrazione nella rete fra

generazione e consumo, per le applicazioni innovative è giustificato anche per azioni dimostrative di apertura di nuovi spazi di mercato.

Il termine innovazione va inteso in senso lato, sia riferito alle tecnologie di base (ad esempio i nuovi processi per produrre ozono), sia alla applicazione in un certo settore di utenza (ad esempio l'uso dell'ozono per depurazione di acque di scarico), sia infine per lo sviluppo di sistemi integrati in specifici processi (ad esempio l'impiego di ozono per il riciclaggio delle acque di lavaggio in impianti di lavanderia industriale).

Abbiamo quindi motivazioni di tipo tecnologico e motivazioni di tipo economico-organizzativo.

Dal punto di vista tecnologico interessano sia quelle applicazioni che risolvono i problemi non affrontabili in altro modo (ad esempio il rimescolamento del vetro fuso nei forni da vetro), che quelle applicazioni ove è maggiore il risparmio di energia primaria rispetto ai processi termici (ad esempio l'essiccazione interna a microonde di corpi di un certo spessore, quali le rocche di filato dopo la tintura).

Dal punto di vista tecnico – organizzativo interessano sia i settori con maggiori potenzialità di applicazione, sia settori di forte rilevanza per l'Italia, per i quali le tecnologie elettriche possono costituire un elemento di particolare utilità. Parallelamente, interessano tecnologie per le quali esistano in Italia imprese manifatturiere o società di ingegneria o istituti universitari o stazioni sperimentali che possano ricevere un rilevante contributo alla loro competitività sui mercati.

E' da ricordare che, rispetto ad altri paesi della UE, l'Italia, da una parte, ha sempre avuto sia consumi elettrici unitari più bassi, sia una rete con minore capillarità ed una minore portata a livello dei singoli utenti residenziali (negli altri paesi della U.E. non esiste il vincolo dei 3,3 kW nelle abitazioni), mentre dall'altra non sono mai stati attivati efficaci contratti di DSM verso il settore civile, contratti operativi nel centro-nord Europa ben prima dell'arrivo dei contatori elettronici. La Francia già circa trenta anni fa, insieme al programma di costruzione delle centrali nucleari, per aumentare il loro fattore di carico ha avviato sia attività di marketing per impieghi elettrici diffusi quali il riscaldamento elettrico di edifici a basso costo, con cavi inglobati nel pavimento associati a tariffe agevolate (ma vincolate al distacco nelle 400 ore annuali di picco della richiesta), sia attività sperimentali e di diffusione delle informazioni sulle "applicazioni dell'elettricità ad alte prestazioni" nelle industrie non energy-intensive, come fattore di efficienza energetica e soprattutto di innovazione verso un migliore controllo della qualità. In un diverso contesto, a seguito di una epidemia sanitaria legata all'inquinamento dell'aria per polveri ed anidride solforosa, il Regno Unito avviò, negli anni '50, la promozione del riscaldamento elettrico istantaneo localizzato nelle residenze, (ad infrarosso e con coperte elettriche), come strumento per ridurre l'inquinamento dei caminetti domestici tradizionali che bruciavano carbone, spostando la combustione nelle centrali elettriche, meglio controllate, con sistemi di filtrazione di qualità crescente, con camini più alti e situate in aree meno critiche e con migliore possibilità di dispersione. Recentemente in Francia è

stato avviato un programma per il calore da fonti rinnovabili che prevede lo sviluppo di impianti solari, geotermici, a biomassa, ma soprattutto l'installazione nei prossimi dieci anni di almeno 2 milioni di pompe di calore nel residenziale.

Purtroppo l'Italia ha una limitata strutturazione dei settori produttivi per attività sperimentali e di messa a punto di tecnologie specifiche, così come ormai mancano grandi industrie capaci di portare al successo una tecnologia innovativa; in queste condizioni le innovazioni nascono piuttosto dal basso, dagli utenti piuttosto che dai laboratori, trovando poi grandi difficoltà per affermarsi sul mercato. Questa linea di attività della Ricerca di Sistema può costituire un utile strumento di stimolazione delle imprese e di strutturazione delle loro richieste al mondo della ricerca e della sperimentazione.

1.4. Confronto tra consumi di elettricità e consumi di calore

Nel confronto delle varie tecnologie elettriche che possono sostituire usi finali di calore si pone la definizione di quale sia il consumo di calore per la produzione del kWh sostituito o consumato, definizione particolarmente complessa in Italia ove il parco di generazione è fortemente misto, anche se gli impianti alimentati a gas sono prevalenti; occorre poi tener conto delle perdite della rete.

Osservando la Figura 13 relativa a come i vari tipi di impianti partecipano alla generazione elettrica, si individua una prima fascia di energia generata da idro fluente, da geotermia, da eolico e importata, che ovviamente non partecipa alla regolazione. Per questa elettricità si pone nelle statistiche del Bilancio Energetico Nazionale (BEN) un consumo standard di 2.200 kcal/kWh corrispondente ad un rendimento del 39%, valore storico non più modificato per comodità statistica. Nel BEN queste energie sono considerate entrate nel sistema come fonte energetica primaria. Al contrario nelle procedure Eurostat, con le quali si confrontano i dati in Europa, eolico ed idraulica sono messi in ingresso come energia meccanica finale, quindi a 860 kcal/kWh, mentre energia geotermica ed energia nucleare sono considerate entranti come energia termica e poi trasformata in elettricità con i loro rendimenti.

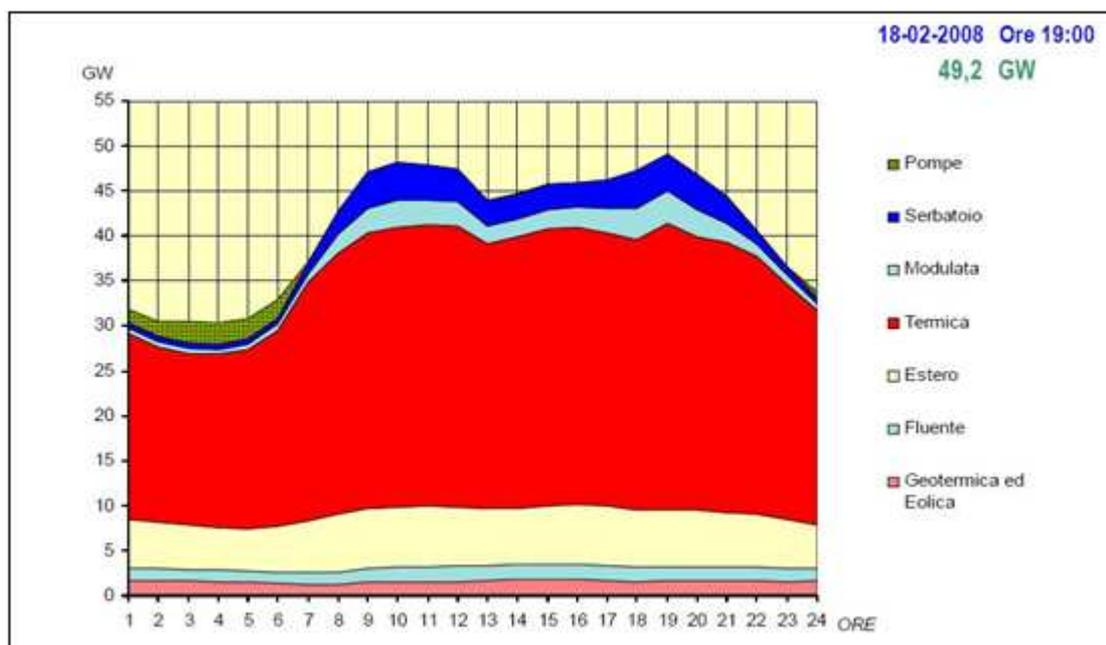


Figura 13: Diagramma del fabbisogno del giorno di punta nel mese di Febbraio 2008 (Fonte: Terna)

Viene poi la fascia di energia termoelettrica, di cui una parte (per 50-60 TWh all'anno quindi 6-8.000 MW in media) è prodotta nel quadro del CIP 6, un'altra ha il riconoscimento come impianto di cogenerazione, entrambi questi due blocchi hanno priorità a dispacciamento e quindi non partecipano alla regolazione. Di questa energia non regolata è noto il valore globale mensile, ma non come si distribuisce fra ore diurne e ore notturne e fra i giorni della settimana. Una larga parte di questi impianti, dalla gassificazione dei catrami, all'utilizzo dei gas di alto forno, alla cogenerazione delle industrie cartarie e chimiche, operano a carico pressoché costante. Invece la cogenerazione in altri settori industriali, così come il teleriscaldamento, varia la produzione nel corso della giornata e anche nel corso della settimana (teleriscaldamento escluso).

Sono quindi gli impianti termoelettrici non cogenerativi che variano il loro carico a seconda della domanda ed è a questi impianti che è affidato il compito di rispondere alle variazioni marginali della domanda. Per questo motivo, in prima approssimazione, è il rendimento medio annuale di questo tipo di impianti che si è scelto come riferimento per valutare la sostituzione tra l'elettricità e i combustibili.

Dal consuntivo 2007 di Terna il rendimento netto medio del parco termoelettrico è risultato di 1961 kcal/kWh, pari al 44%, mentre quello del solo parco termoelettrico non cogenerativo è di 2110 kcal/kWh, corrispondente ad un rendimento del 41%.

Volendo analizzare con maggior dettaglio il parco termoelettrico non cogenerativo si vede che esso è costituito da tre tipi di impianti. Ci sono gli impianti a vapore che bruciano carbone, combustibile particolarmente economico, che dovrebbero quindi operare a regime costante, anche se il loro rendimento netto medio, prima che entrino in esercizio gli impianti supercritici di Civitavecchia, è solo del 33%. Ci sono poi impianti a ciclo combinato alimentato a gas, che hanno

un rendimento più elevato a potenza nominale. Questo rendimento però diminuisce a carico parziale e quindi questi impianti sono poco adatti a seguire il carico e tendenzialmente sono accesi o spenti; nel 2007 essi hanno avuto un rendimento medio netto del 53%. Ci sono infine gli impianti a vapore alimentati a gas o a olio combustibile il cui rendimento non è elevato ma rimane abbastanza costante al variare del carico e perciò sono fondamentali per coprire le fasi mattutine e serali dei transitori del parco termoelettrico dal basso carico notturno a quello diurno.

La parte alta della Figura 13 presenta il ruolo dell'idroelettrico regolabile, a cui è affidata in Italia la regolazione della copertura del carico sia durante il giorno (lavoro svolto in altri paesi dai turbogas da ciclo semplice, che invece in Italia operano mediamente per sole 170 ore l'anno), sia durante la notte, trasferendo con il pompaggio più di 10 TWh di energia notturna alla ore di picco giornaliera; la funzione del parco idroelettrico è dunque fondamentale, anche se concentrata in poco più di 1.000 ore all'anno.

Volendo approfondire la scelta sembrerebbe opportuno usare, in alternativa al rendimento medio del parco termoelettrico non cogenerativo, un rendimento ottenuto eliminando gli impianti a combustibile solido, che sono quelli a più basso rendimento e buona parte di quelli che regolano il carico perché obbligati alla funzione e perché buona parte idroelettrici. Dalla sintesi statistica di Terna 2007 questo rendimento potrebbe essere valutato attorno a 1797 kcal/kWh, pari al 48%. Per poter approfondire il tema bisognerebbe però disporre di maggiori dati su come opera e si gestisce il parco di centrali, integrando i rendimenti marginali con quelli di alcuni gruppi di impianti.

Passando poi alla questione delle perdite della rete, il loro valore globale è indicato nel 2007 in 20 TWh su 337 TWh immessi in rete. Si valuta che il 24% dell'energia sia prelevato da utenti collegati in alta tensione, mentre il 76% dell'energia venga immesso nella media e poi nella bassa tensione (sommando ai consumi del settore residenziale, 67 TWh, i 2/3 dei consumi del terziario più ¼ dei consumi industriali, si ha che circa il 51% dei consumi è in bassa tensione). Secondo le indicazioni delibera 348/07 dell'AEEG, prendendo a riferimento il punto di consegna nel trasformatore di scambio, per gli utenti in alta tensione le perdite di rete sono da considerare pari al 2%, per gli utenti in media sono pari al 4,2% e per gli utenti in bassa sono pari al 9,9% (nel caso di lunghe linee di bassa tensione sono da considerare anche le perdite relative). Con questi dati si può assumere, per un utente in bassa tensione per consumi marginali, un rendimento del parco di generazione pari a 1994 kcal/kWh, corrispondente al 43%.

2. PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE

2.1. Classificazione di interesse generale delle tecnologie

Ogni classificazione ha margini di discrezionalità, la classifica proposta si basa su una omogeneità delle applicazioni e non delle tecniche.

Nella presentazione delle varie tecnologie si è scelto di dare maggior enfasi a quelle meno note o di più recente sviluppo, piuttosto che a quelle tecnicamente più assodate. Sono state anche presentate tecnologie di nicchia, purché già verificate a livello di impianti pilota, perché esse possono dare un'idea più ampia di quali possono essere le tecnologie e le applicazioni che si affacciano verso il mercato, interessando così sia le tecnologie in cerca di applicazioni sia le applicazioni in cerca di tecnologie. Sono di interesse anche le innovazioni di rilevanza scientifica limitata, ma di forte contenuto tecnico (ad esempio l'utilizzo del calore del terreno per le pompe di calore).

Non sono stati considerati invece il tema dello sviluppo delle apparecchiature di stand-by più efficienti di quelle attualmente in uso, perché considerate più congruenti con il tema dell'efficienza dei prodotti già maturi.

Le tecnologie di interesse sono schematizzabili in tre grandi famiglie:

A) Tecnologie meccano-elettriche. Queste tecnologie sfruttano la capacità dell'elettricità di trasformarsi in energia meccanica per applicazioni innovative di per sé o innovative per il settore nel quale si opera. Rientrano fra queste tecnologie esempi molto distanti tra di loro, come ad esempio:

- 1) la pompa di calore e la ricompressione meccanica del vapore;
- 2) la pompa elettromagnetica;
- 3) le tecniche separative;
- 4) la cottura a secco delle farine alimentari;
- 5) i processi ad alta pressione;
- 6) gli impieghi della CO₂ supercritica;
- 7) il taglio a getto d'acqua ad alta pressione;
- 8) la liofilizzazione;
- 9) l'accumulo di frigoriferie.

B) Tecnologie di riscaldamento senza combustione e/o trasferimento di energia a distanza. Questo gruppo comprende tecnologie molto differenti tra loro come ad esempio:

- 1) il riscaldamento resistivo ad effetto joule;
- 2) le tecnologie di riscaldamento ad induzione;
- 3) la torcia al plasma;
- 4) l'irraggiamento con particelle ionizzanti;
- 5) le tecnologie basate sull'impiego delle radiofrequenze e delle microonde;
- 6) gli ultravioletti;
- 7) l'impiego di infrarosso per riscaldamento radiante;
- 8) i campi elettrici pulsati;
- 9) i ricoprimenti superficiali o riporti superficiali;
- 10) il LASER.

C) Tecnologie elettrochimiche. Si tratta di tecnologie per la produzione localizzata di sostanze molto reattive, ad esempio:

- 1) la produzione di ozono per il trattamento di riciclo di acque di scarico;
- 2) l'elettrolisi dell'acqua;
- 3) l'elettrolisi dell'acqua;
- 4) i LED;
- 5) il controllo della trasparenza delle vetrate.

D) Tecnologie interne alle attività di sviluppo del settore elettrico

- 1) l'informatica diffusa;
- 2) le apparecchiature portatili;
- 3) le nanotecnologie.

2.2. Le tecnologie di tipo meccanico

L'uso più comune dell'elettricità è quello di azionare motori per produzione di energia meccanica, funzione nella quale l'elettricità è estremamente più comoda ed efficiente che, ad esempio, l'uso sul posto di combustibili per generazione di energia meccanica; solo in rari casi sono ancora impiegati motori ad aria compressa, oleodinamici o a vapore (turbopompe).

Ormai solo in un museo industriale si può vedere come era organizzata un'officina della fine dell'ottocento. Una caldaia a vapore posta al centro dello stabilimento, con il motore a stantuffi, fa girare una grande ruota dalla quale partono cinghie che fanno girare alberi in ogni edificio, da questi alberi ogni macchina prende il moto con una cinghia.

All'inizio del '900 un motore elettrico sostituisce il motore a vapore, poi piano piano spariscono alberi e cinghie ed ogni macchina ha il suo motore.

Rispetto a questa situazione standard sono presenti altri contesti nei quali, con tecnologie diverse è possibile impiegare energia meccanica, prodotta da elettricità, per specifiche applicazioni riducendo i consumi di fonti primarie rispetto alle tecnologie termiche convenzionali. Sono riportate nove tecnologie di diversissima potenzialità che danno un'idea sulla diffondibilità dei vari approcci.

2.2.1. Le pompe di calore e la ricompressione meccanica del vapore

Un primo gruppo è quello nel quale si può usare l'energia meccanica per trasportare calore da una sorgente "fredda" ad un'utenza più calda, sostituendo il calore di una combustione; a parità di effetto finale il consumo di fonti primarie può essere minore.

Il rendimento teorico di questo pompaggio di calore è dato dal rapporto $T1/(T1 - T2)$ dove $T2$ è la temperatura della sorgente fredda e $T1$ è quella della utenza calda (temperature espresse in K); quando questo rapporto supera l'inverso del rendimento medio del parco termoelettrico nazionale e della rete di trasporto e di distribuzione dell'elettricità, la pompa di calore fornisce all'utenza più energia di quella assorbita nella fonte primaria e quindi c'è un utilizzo netto di energia rinnovabile prelevato dall'ambiente.

Nelle applicazioni per il riscaldamento degli ambienti del settore terziario, l'impiego delle pompe di calore è ampiamente diffuso con sistemi spesso reversibili per l'uso estivo per il condizionamento; la fonte a bassa temperatura è generalmente l'aria esterna mentre il calore utile è messo a disposizione a bassa temperatura, 35-40°C, adeguata per impianti con tubi nei pavimenti e nelle pareti o con armadietti ventilati (fan coil).

Per valutare questa convenienza si utilizza la formulazione scelta dalla U.E. nella proposta di direttiva europea sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, che indica un computo della quota di energia rinnovabile legata all'uso delle pompe di calore.

Una pompa di calore assorbe energia elettrica Q_e che ha richiesto per la sua generazione una quantità di combustibile di Q_c funzione del rendimento di generazione η , essa produrrà una quantità di energia termica Q_{usable} legata al suo coefficiente di prestazione COP o SPF, stagionale medio.

Si pone allora la questione di definire la quantità di energia rinnovabile utile prelevata dall'ambiente. (EERS)

$$EERS = Q_{usable} - Q_c = Q_e \times SPF - Q_e / \eta \quad \text{con il vincolo } SPF > 1,15 / \eta$$

volendo riferire il tutto al calore reso dalla pompa di calore si ha

$$EERS = Q_{usable} \left(1 - \frac{Q_c}{Q_{usable}} \right) = Q_{usable} \left(1 - \frac{1 - Q_e / \eta}{Q_e \times SPF} \right) = Q_{usable} \left(1 - \frac{1}{\eta \times SPF} \right)$$

Dall'analisi svolta alla fine del capitolo 1.4 il valore di η da utilizzare per utenze in bassa tensione può essere preso, per l'Italia, pari al 43%. Con questi dati abbiamo:

$$EERS = Q_{usable} \left(1 - \frac{1}{0,43 \times SPF} \right) = Q_{usable} \left(1 - 2,32 / SPF \right) \quad \text{col vincolo di } SPF > 2,67$$

Un impianto con COP stagionale di 2,7 (tipo per l'utilizzo dell'aria esterna) darebbe allora $EERS = 0,15 Q_{usable}$ mentre un impianto con utilizzo di acqua di falda o nel terreno darebbe un COP pari a 4 con un valore di $EERS = 0,42 Q_{usable}$.

A questa quota di energia da fonte rinnovabile va aggiunta una quota di media $0,15 Q_{usable}$ corrispondente alle mancate perdite della caldaia, avendo rendimento stagionale dell'85%. Globalmente si avrebbe così una riduzione dei consumi dal 30% al 57% secondo la fonte esterna utilizzata.

Le innovazioni nel settore civile riguardano, oltre al miglioramento delle prestazioni termodinamiche delle pompe, anche l'utilizzo come fonte termica del calore del terreno o di acque urbane di scarico o di falda.

L'obiettivo del primo gruppo di interventi è di aumentare la convenienza nelle applicazioni tipiche o di produrre acqua a 70-85°C, attraverso cicli funzionanti ad anidride carbonica o a due stadi, permettendone l'impiego sia in edifici con impianti tradizionali che in reti di teleriscaldamento. La AEM milanese, oggi A2A, ha avviato un programma di impianti di teleriscaldamento basato su pompe di calore a due stadi collegate all'acqua della falda. Le pompe sono alimentate da motori a gas (5-20 MW) operanti in cogenerazione.

L'obiettivo del secondo gruppo di interventi è l'aumento del coefficiente di prestazione COP garantendo la disponibilità di una fonte di calore esterno ad una temperatura costante e più elevata di quella dell'aria; si possono utilizzare tubazioni orizzontali alla profondità di 1 o 2 metri nel terreno o invece pozzi verticali di profondità adeguata. Ancor più efficace è l'utilizzo delle acque emunte da falde superficiali, da canali o fognature.

Un programma di applicazione su larga scala, come quello francese che prevede 2 milioni di appartamenti equipaggiati da pompe di calore geotermiche entro il 2020, avrebbe forti aspetti innovativi per l'Italia almeno a livello di sistema, per le ricadute sulle reti elettriche e le prevedibili sinergie di valorizzazione delle reti del gas esistenti attraverso impianti distribuiti di cogenerazione, per azionare le pompe di calore o con accoppiamento diretto o mediante albero elettrico; questi aspetti sono analizzati in dettaglio nel capitolo 3.2.

L'unica tecnologia, dal lato del gas, che permette di ottenere risultati simili è costituita dalle pompe di calore ad assorbimento alimentate a gas, distribuiti sul mercato mondiale solo dalla società italiana Robur e per una sola taglia, di potenza termica pari a 24 kW.

Presenta invece aspetti innovativi puramente tecnologici l'applicazione per quei processi industriali che richiedono temperature attorno a 100÷120 °C.

In questi casi il fluido di lavoro non è più un fluido ad hoc, ma è costituito dallo stesso fluido che si vuole scaldare, il vapore d'acqua, e la tecnologia si chiama termocompressione del vapore; questo è aspirato da una sorgente a bassa temperatura e fatto poi condensare, dopo compressione ad una temperatura più alta (i salti termici sugli scambiatori che ci sarebbero usando un fluido intermedio nel ciclo della pompa di calore, sono così evitati).

Questa tecnologia vede delle applicazioni anche in Italia, per impianti di dissalazione di acqua di mare di media – piccola taglia, ad esempio nell'isola di Lipari.

Appariva interessante valutarne l'applicazione per processi termici a bassa temperatura, con regime di esercizio costante, quali ad esempio le birrerie e gli zuccherifici, nei quali si debbono concentrare soluzioni diluite mediante evaporazione dell'acqua senza che sia necessario raggiungere temperature più elevate di quelle di ingresso. Questi settori furono studiati negli anni '85-'90 senza che si passasse a realizzazioni. Sembra opportuno riesaminare il problema alle condizioni tecnologiche di oggi, considerando però che alcuni settori, quali gli zuccherifici, sono in forte contrazione.

2.2.2. Pompe elettromagnetiche

Un secondo gruppo di applicazioni è quello della movimentazione di fluidi che si trovano ad altissima temperatura e che sono fortemente aggressivi.

Un caso tipico è quello della movimentazione di metalli fusi, per i quali si possono usare pompe elettromagnetiche nelle quali si fa passare corrente continua trasversalmente ad un tubo posto fra le due espansioni polari di un campo magnetico. Tutti i piccoli impianti a sodio degli anni 1960 – 70 avevano pompe in corrente continua che funzionavano in questo modo.

Un altro caso tipico è quello dei forni di fusione di vetro, materiale che ha una certa conducibilità elettrica ad alta temperatura > acqua 1200°C. I forni di vetro sono delle grandi vasche, scaldate a riverbero a 1500÷1600°C; il forno è caricato inizialmente a rottami di vetro poi, nel bagno si aggiungono la sabbia silicea e gli altri componenti. Il vetro è pastoso, poco fluido, l'omogeneizzazione del bagno è molto lenta, con forti consumi di combustibile nonostante gli enormi ed ingombranti scambiatori rigenerativi per il preriscaldamento dell'aria di combustione.

A temperatura elevata il vetro ha una certa conducibilità elettrica per cui è stata sviluppata una tecnologia basata sulla immersione di due elettrodi nel bagno, la corrente elettrica che passa nel bagno, sotto un campo magnetico, induce una circolazione del bagno, riducendo così i tempi e quindi i consumi e migliorando la qualità del vetro. Questo processo è applicato nei grandi impianti mentre può essere interessante studiarne l'applicabilità nei più piccoli forni delle PMI.

2.2.3. Tecniche separative

Le tecniche separative permettono di separare da liquidi o concentrare particelle e corpuscoli, fino a molecole ed a sali in soluzione, mediante il pompaggio attraverso filtri e membrane o, in alternativa, di recuperare il liquido, in genere acqua.

La Figura 14 mostra l'intero spettro delle attività di filtrazione, dalle particelle fino agli atomi.

La pressione da fornire al fluido cresce passando dalla filtrazione delle particelle all'ultrafiltrazione, fino all'osmosi inversa. Il processo di filtrazione delle particelle ha un carattere puramente fisico-meccanico, sia che si impieghino filtri elettrostatici o filtri a tessuto con o senza strato filtrante. Invece, al diminuire delle dimensioni delle particelle ed in funzione della composizione delle membrane, prendono importanza fenomeni di carattere chimico-fisico. La permeabilità diventa funzione del materiale delle membrane e dei legami chimici con le sostanze da separare; da questi parametri dipende anche l'intasamento e la modalità di ripristino delle caratteristiche utili iniziali.

Le applicazioni sono le più diverse, da quelle classiche della filtrazione con filtri elettrostatici, con filtri a maniche e con le varie tipologie di filtri pressa alle applicazioni più innovative per le dimensioni più ridotte delle sostanze di interesse. Queste applicazioni basate sull'uso di membrane di vario tipo e materiali, vanno dalla dissalazione dell'acqua marina, o salmastra, al riciclo delle acque nelle industrie, alla riduzione della carica batterica del latte fresco, al recupero da acque di scarico di prodotti ad alto valore aggiunto, valorizzabili come integratori alimentari, prodotti medicali, cosmetica, etc.

In Italia ci sono numerose applicazioni in vari settori di utenza così come ci sono imprese con rilevanti capacità tecnologiche, specie per gli aspetti impiantistici. L'ENEA negli anni '80 ha

promosso un rilevante programma di ricerca, sperimentazione ed applicazione con numerosi brevetti. I problemi di intasamento/sporcamento dei filtri e delle membrane richiedono una messa a punto, caso per caso, sia del materiale delle membrane sia dei cicli di operazione e di rigenerazione.

Gli ostacoli sono di vario tipo, compresi quelli legate alle norme di qualità, tagliate per le tecnologie già affermate e che spesso ostacolano la circolazione di prodotti realizzati con tecnologie differenti. Un caso che ha suscitato molto clamore è stato lo scontro fra il latte pastorizzato, scaldato a 60 °C e con spore ed i residui dei batteri inertizzati ed il latte crudo a lunga conservazione, filtrato con membrane, cui è stato proibito l'uso dell'aggettivo "fresco", in quanto per legge riservato al latte pastorizzato.

Maggiori dettagli sulle esperienze ENEA su queste tecnologie sono presentati sul rapporto "Le tecnologie separative mediante membrana", redatto nell'ambito dell'Accordo di Programma MSE-ENEA.

Spettro della filtrazione

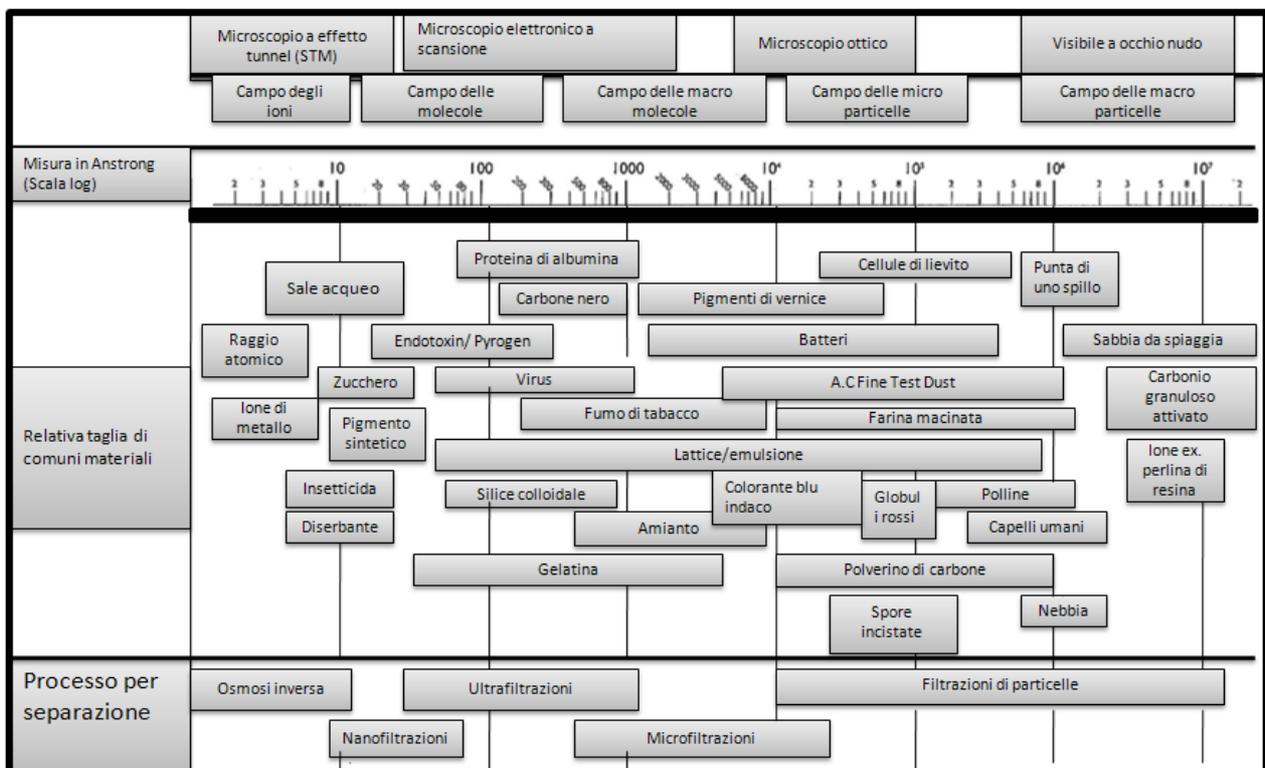


Figura 14: Spettro della filtrazione

2.2.4.Cottura a secco delle farine alimentari

Per la produzione di particolari tipi di biscotti non lievitati è possibile utilizzare una pressa a vite nella quale immettere le farine, lo zucchero e gli aromi direttamente a secco senza aggiunta di acqua. La compressione e l'attrito fra le particelle delle farine scaldano la miscela facendo evaporare l'umidità residua, che viene inglobata dall'amido delle farine, e realizzano la cottura senza la necessità di far evaporare l'acqua di impasto, mentre la vaporizzazione improvvisa dell'acqua surriscaldata fornisce il necessario rigonfiamento e la friabilità del prodotto.

Sarebbe interessante studiare la possibilità di produrre per questa via biscotti con basso tenore di grassi insaturi (idrogenati o olio di palma o simili).

2.2.5.Processi ad alta pressione

Sono stati sperimentati varie applicazioni a pressione elevata, si segnalano tre tecnologie che richiedono elettricità per comprimere liquidi a pressioni elevate.

La prima tecnologia riguarda la capacità di sterilizzazione sia di alimenti liquidi, quali i succhi di frutta, sia di alimenti confezionati come i piatti pronti, sottoposti a pressione di 5.000 atmosfere. I cibi conservano l'apparenza di fresco, i sapori, la struttura dei tessuti e le caratteristiche nutrizionali, mentre i microorganismi pericolosi sono resi inattivi e si rallenta il deterioramento.

La seconda tecnologia, l'ossidazione idrotermale, si basa sull'impiego di miscele di acqua in condizioni supercritiche (più di 221 bar e più di 374°C) con ossigeno o aria, per ossidare sostanze organiche tossiche; in queste condizioni di temperatura e pressione i gas e le sostanze organiche sono solubilizzate, per cui, in tempi inferiori al minuto, si ha la distruzione totale delle sostanze organiche, senza formazione di residui pericolosi post trattamento (né NO_x né gas acidi). Il processo si presta sia per soluzioni troppo diluite per essere incenerite, sia per soluzioni troppo concentrate per subire trattamenti biologici.

Una terza tecnologia che impiega la pressione per realizzare un processo di trasformazione è quella dell'esplosione a vapore o "steam explosion", che facilita la separazione delle fibre di cellulosa in biomasse di varia tipologia dalla lignina che le tiene unite. In alternativa ai processi basati sull'attacco con soda è possibile impregnare di vapore in pressione la biomassa tritata; successivamente la materia viene depressurizzata e si ha la separazione delle fibre per effetto meccanico. A seconda della severità del processo la cellulosa può essere utilizzata per la preparazione di carta o per essere sottoposta a fermentazione per la produzione di bioetanolo.

2.2.6. Impieghi della CO₂ supercritica

L'anidride carbonica può essere liquefatta per compressione, (a 31°C occorrono 73 bar). Questo liquido ha ottime qualità di solvente per i grassi e quindi è potenzialmente impiegabile in molti processi dell'industria farmaceutica ed alimentare, per la pulizia dopo lavorazione di particolari metalli o ceramiche. I vantaggi sono legati sia al fatto di lavorare a temperatura ambiente, quindi senza distruggere aromi ed altre sostanze termolabili, sia alla bassa viscosità ed all'alta diffusione (con rapidità dei processi), sia all'assenza di rischi sanitari ed alla mancanza di residui sui materiali trattati, sia infine alla forte diminuzione dei rifiuti prodotti.

Numerosi trattamenti sono stati sviluppati in passato sia a scala di laboratorio, sia di impianti pilota. Finora sono state scarse le applicazioni industriali; una delle principali è nella produzione del caffè decaffeinato. L'Enea ha sviluppato un rilevante sforzo nel settore con impianti sperimentali e con un impianto pilota a disposizione delle industrie.

Nella situazione attuale c'è un forte ritorno di interesse sugli usi della CO₂, sia nei cicli frigoriferi e delle pompe di calore, ove permette di raggiungere temperature attorno ai 60°C adatte agli impianti tradizionali di riscaldamento, sia come sostanza intermediaria nei processi chimici.

Nel quadro degli interventi sui cambiamenti climatici questi interventi potranno essere promossi sia dalla penalizzare normativa fiscale sull'impiego di solventi organici, purtroppo poi spesso scaricati nell'ambiente, sia dalla necessità di trovare impieghi utili alle grandi quantità di CO₂, anche a buon grado di purezza, che saranno messe a disposizione dai processi di sequestrazione nei grandi impianti di combustione.

2.2.7. Taglio con getto d'acqua ad alta pressione

Questa tecnologia si basa su un getto d'acqua ad alta pressione, con portate limitate a pochi litri al minuto; essa permette sia il taglio a freddo di metalli, nonché di cemento (getto caricato di abrasivo, pressione 4000 bar, portata 4,5 litri al minuto), sia l'asportazione selettiva di materiali accoppiati (pressione 2500 bar e portata 17 litri al minuto), quali ad esempio la disgregazione della gomma di un pneumatico d'auto, lasciando perfettamente pulite le matasse d'acciaio. Questa tecnologia può giocare un forte ruolo per sviluppare un recupero sempre più spinto ed efficace dai prodotti a fine vita. Prodotti quasi mai costituiti da un solo materiale, ma da accoppiamento di un metallo con polimeri, compresi quelli col cloro, vernici, gomme vulcanizzate, etc. (basti pensare alle auto). Attualmente questi prodotti sono spesso gettati, una volta compressi per via meccanica, nei forni elettrici, ove si recupera il metallo, ma tutte le parti organiche bruciano in carenza d'aria

perciò male, costituendo le fumate nere che escono dal quarto foro del forno e che raramente sono filtrate e depurate secondo norma.

2.2.8. Liofilizzazione

La liofilizzazione è un processo basato sull'estrazione dell'acqua da un materiale alimentare animale o vegetale, a temperature inferiori agli zero gradi centigradi, attraverso l'impiego di pompe da vuoto.

Il materiale viene posto su vassoi, allo stato liquido o dopo precottura (sminuzzato se possibile) e messo in autoclave a temperature attorno a meno 20°C. In queste condizioni solo l'acqua evapora, senza danneggiare minimamente le caratteristiche nutrizionali dell'alimento nei suoi sapori. Il risultato finale è una sostanza secca con perdita di peso e di volume che può essere conservata a temperatura ambiente in sacchetti impermeabili all'umidità e che può essere reidratato lentamente a temperatura ambiente o rapidamente a caldo, riprendendo la sua forma e consistenza, se nel trasporto non si è sbriciolata la sostanza.

La tecnologia ha avuto un'applicazione abbastanza ampia per le minestre pronte e poi per la preparazione di porzioni per la distribuzione in occasione di emergenze umanitarie o catastrofi naturali.

La fase di liofilizzazione è forte consumatrice di energia, mentre la fase di conservazione è a risparmio di spazio e di energia. Questa tecnologia è la versione più "fredda" delle tecniche di essiccazione, così come quelle a spruzzo contro gas caldo ne è la versione più "calda": in mezzo ci sono i tunnel di essiccazione per ottenere una essiccazione meno spinta.

Ormai, nel nostro contesto, la linea della conservazione a freddo ha preso il sopravvento e lascia molto poco spazio per diverse scelte potenzialmente più adatte a paesi con elettrificazione meno diffusa. In Cina qualche anno fa erano molto diffusi i prodotti liofilizzati; essi però finiscono di essere percepiti come prodotti per contesti di povertà.

2.2.9. Accumulo di frigoriferi

I consumi degli impianti di condizionamento costituiscono una causa rilevante dei picchi di richiesta alla rete elettrica nel periodo estivo. Questi consumi non solo hanno una forte stagionalità in quanto si concentrano in tre mesi (giugno, luglio ed agosto) salvo gli impieghi di pompa di calore reversibili, che operano anche nei 4 ÷ 6 mesi (da sud a nord) invernali, ma si presentano nelle ore

diurne di maggior carico. (nel settore dei servizi in molti casi gli impianti sono disattivati nel fine settimana).

La forte stagionalità della domanda non si riflette solo nella richiesta di energia, ma anche nella richiesta di potenza; richiesta che si evidenzia nelle aree urbane che manifestano fenomeni di terziarizzazione con uffici e negozi che sostituiscono le residenze, con conseguenti sovraccarichi dei cavi e delle cabine di distribuzione e difficoltà per la rete di distribuzione nell'accettare richieste di aumento di potenza. L'accumulo di frigoriferie prodotte con impianti operanti nelle ore notturne è una, delle possibili risposte a questa domanda (insieme allo schermaggio delle vetrate, alla ventilazione meccanica e allo spruzzo d'acqua sui tetti).

L'impianto d'accumulo può essere dimensionato sul fabbisogno di frigoriferie in due modi: o tale da disattivare l'impianto frigorifero nelle ore di picco, appiattendosi così il diagramma di richiesta di potenza, o per lavorare in parallelo con l'impianto frigorifero. Nel primo caso le potenze dell'impianto frigorifero non cambiano di molto (deve raggiungere temperature più basse per produrre ghiaccio, ma di notte l'aria ambiente di scambio è meno calda) nel secondo caso si può invece ridurre, fino a quasi dimezzare, la potenza necessaria per l'impianto di condizionamento.

Condizioni di particolare interesse si hanno in edifici esistenti con richiesta crescente di elettricità, ove può essere possibile azionare il condizionamento senza dover rifare la cabina elettrica, operazione costosa non tanto per gli impianti di trasformazione quanto per vincoli di spazio, di normativa e di tempi di autorizzazione e di realizzazione.

Le tecnologie di accumulo di frigoriferie si basano su due diversi modi di sfruttare il calore latente per il cambiamento di stato; la prima famiglia di impianti utilizza la formazione di ghiaccio di acqua, la seconda invece sfrutta sostanze particolari, il cui calore latente per il cambiamento di stato è più elevato che per l'acqua e può avvenire a temperature diverse dallo zero centigrado.

Gli accumuli di ghiaccio in acqua possono utilizzare vasche esistenti, per esempio quelle dell'antincendio, e prevedere la formazione del ghiaccio attorno a tubi immersi o invece la produzione di cubetti che poi cadono nella vasca.

I sistemi a cambiamento di stato (solido-liquido) di sostanze particolari utilizzano in genere sali di calcio a diverso livello di idratazione, racchiusi in sfere di plastica attorno alle quali circola l'acqua glicolata dell'impianto frigorifero.

Dal punto di vista economico, considerando sia i costi dell'accumulo che la possibilità di impiegare un impianto di condizionamento di potenza ridotta, i costi di realizzazione possono essere paragonabili a quelli di un impianto tradizionale di piena potenza. I principali problemi negli edifici esistenti sono legati alla necessità di spazio per serbatoi ed impianto.

Queste tecnologie hanno una loro applicabilità immediata sia nel settore terziario che in industrie con forte carico di freddo (farmaceutico ed alimentari). Occorre però collegare questi interventi ad un generale piano di gestione dell'energia elettrica dal lato della domanda o DSM. Attualmente

solo grandi utenze possono accedere ai benefici della interrompibilità programmata delle forniture elettriche, mentre i piccoli utenti non ne beneficiano.

Indagini effettuate da FIRE nel 2007 hanno individuato più di un centinaio di impianti operanti: fra i principali si segnalano quello presso la nuova fiera di Rimini, del tipo a sali di calcio, e quello presso la direzione Alitalia a Roma, del tipo con congelamento di acqua.

2.3. Tecnologie di riscaldamento senza combustione e/o con trasferimento di energia a distanza

L'elettricità permette di riscaldare materiali senza che ci sia contatto con fiamme ed ossigeno, questo può avvenire sia mediante effetto Joule all'interno del materiale, sia per scarica nei gas, sia infine per emissione che per onde di varia lunghezza (induzione a 50 Hz, microonde, infrarossi, ultravioletti, fino all'emissione di elettroni). Questi processi possono essere alternativi a quelli basati sulla combustione o essere del tutto esclusivi per l'uso dell'elettricità.

Mediante l'impiego di tecnologie elettriche è possibile trasmettere energia a distanza, interagendo con i corpi, senza contatto diretto con la sorgente di energia elettrica.

Questa sezione comprende tecnologie e soluzioni molto diverse, con continui scavalcamenti e sovrapposizioni; si parte infatti da corrente continua, passando a corrente alternata a frequenza di rete (50 Hz in Europa, 60 Hz negli USA), poi a frequenze sempre più elevate, dalle radiofrequenze fino alle microonde (radar), si arriva poi all'infrarosso, poi alla luce visibile (laser e LED) passando poi all'ultravioletto finendo poi alle radiazioni ionizzanti, dalle particelle alfa alle particelle beta o elettroni per finire con i raggi gamma.

In seguito si daranno brevissimi accenni ad applicazioni già note di tecnologie, senza alcun obiettivo di completezza, soprattutto per fornire un quadro ampio nel quale scegliere e focalizzare i temi da affrontare temi che potranno essere approfonditi negli anni successivi.

2.3.1. Riscaldamento ad effetto Joule

E' una tecnologia che impiega corrente continua o alternata a frequenza di rete; mediante opportuna sagomatura del conduttore i terminali di attacco del cavo elettrico possono essere freddi mentre nella zona voluta la fornitura di calore può essere molto elevata, direttamente a contatto con il materiale da scaldare, senza richiedere, per lo scambio di calore, contatto con l'aria, coi prodotti della combustione o altra atmosfera gassosa.

Il riscaldamento resistivo è stato visto tradizionalmente come uno spreco di energia, rispetto all'uso diretto del riscaldamento con scambio di calore con i prodotti della combustione.

Vi sono però delle situazioni nelle quali la possibilità di generare il calore all'interno dei corpi, con facile controllo delle temperature raggiunte, diventa tecnologicamente ed energeticamente interessante, anche per i bassi costi delle apparecchiature.

Un applicazione tradizionale è quella di riscaldamento dei metalli sia in billette che in fili, prima della lavorazione di trafilatura, quando si voglia avere garanzia della omogeneità di temperatura in tempi rapidi.

Non si tratta quindi di sviluppare nuovi aspetti scientifici, ma di sviluppare nuove applicazioni nelle quali occorra fornire quantità controllate di calore. Si segnalano due applicazioni:

1) un cavo scaldante isolato con materiale con conducibilità elettrica funzione inversa della temperatura, da applicare per le tubazioni di mandata dell'acqua sanitaria negli impianti di grandi dimensioni, esempio alberghi, per evitare il tubo di ritorno ed il sistema di riciclo continuo con relative dispersioni di calore. L'isolante diventa progressivamente conduttore al di sotto di una certa temperatura così si scalda il tubo solo quando e dove si sta raffreddando.

2) sono state sviluppate, da Electricité de France, applicazioni nella norcineria per scaldare la carne macinata facendola passare dentro un tubo riscaldato per effetto Joule: si tratta di un'alternativa ai sistemi con scambiatore con vapore nel mantello, soluzione che presenta difficoltà nell'impostare temperature differenti da quella di condensazione del vapore e forte dispersioni nei transitori di esercizio.

2.3.2. Tecnologie di riscaldamento a induzione

I campi elettromagnetici generati da apposite bobine inducono correnti elettriche all'interno dei corpi buoni conduttori di elettricità. La penetrazione delle correnti indotte dipende fondamentalmente dalla frequenza oltre che dalla forma delle bobine. Secondo le applicazioni le frequenze vanno dai kHz ai MHz, con valori vincolati per garantire la non interferenza elettromagnetica con le telecomunicazioni (12, 27 o 40 MHz); le penetrazioni decrescono con la frequenza.

Si passa così da forni per fusione, specie per leghe leggere e per piccole quantità, a forni di riscaldamento di billette e tondi, dai forni preparatori per lavorazioni di deformazione a caldo, ad esempio stampaggio o laminazione, ad applicazioni di riscaldamento localizzato, come: processi di tempra dei denti di ruote dentate o di superficie, (trattamento degli alberi). Questi processi possono essere

preceduti da trattamenti di nitrurazione o carburazione superficiale per ottenere la composizione più adatta alla lavorazione della zona voluta.

La tecnologia della tempra ad induzione è del tutto stabilizzata e subisce la concorrenza delle varie tecnologie dei riporti superficiali, da quelli a spruzzo di polveri a quelli per deposizione da vapori. Sempre più si cerca di integrare i processi di finitura nel processo di produzione del componente, progettando materiali, forme e lavorazioni sulla base delle funzioni e delle prestazioni globali. Queste evoluzioni possono produrre il lento abbandono di una tecnologia o un suo repentino rilancio, basti vedere come l'eolico ha ridato importanza alle tecnologie di produzione di ingranaggi di grandi dimensioni ed in ambienti ostili, quali l'offshore.

Un settore in lancio è quello della cucina ad induzione, con uso di pentole adatte, sul cui fondo si genera calore per induzione; si hanno i vantaggi del mancato inquinamento prodotto dalla combustione nei piccoli ambienti delle cucine e di poter usare le tradizionali procedure e tecniche di cucina, con consumi minori, o comparabili a quelli dei fornelli a gas, ma più elevati di quelli delle cucine a microonde. Un esempio dimostrativo di promozione di questa tecnologia si è avuto recentemente in un quartiere di edilizia popolare a Brescia; sono stati installati pannelli fotovoltaici per 1,5 kW, gli impianti di riscaldamento e per l'acqua sanitaria sono collegati al teleriscaldamento, alimentato prioritariamente da rifiuti, non è stata installata la rete di distribuzione del metano, sostituita, per la cucina, da piastre ad induzione.

Un altro ambito di applicazione ottimale della cucina a induzione è quello delle case a basso consumo energetico, come nello schema CasaClima, dove si attua la ventilazione forzata con scambiatore di recupero dell'aria ambiente; essendo sconsigliate tutte le fiamme libere e quindi anche le cucine a gas, la cucina ad induzione appare anche qui la scelta più razionale.

In molte applicazioni specie nella metallurgia, le correnti sono elevatissime, per cui nascono problemi sanitari per l'effetto dei campi elettrici e dei campi magnetici sugli operatori addetti, che spesso operano molto vicino ai conduttori elettrici e ai generatori.

2.3.3.Torcia al plasma

Si tratta di un dispositivo che opera attraverso una scarica elettrica fra due elettrodi con alta differenza di potenziale, in ambiente gassoso, tale da provocare una ionizzazione spinta del gas e la formazione di un plasma di elettroni ed un flusso ad alta velocità a temperatura molto elevata, anche superiore a 10.000 gradi Kelvin.

Questo flusso di elettroni può essere utilizzato in vari modi, può essere utilizzato per tecniche analitiche, per taglio di materiali, per riporti a spruzzo o infine per scomposizione di sostanze tossiche e/o rifiuti pericolosi.

Una delle applicazioni di maggior valore aggiunto riguarda l'impiego per la ricopertura a spruzzo di oggetti metallici con leghe speciali per avere superfici particolarmente resistenti all'usura ed alla corrosione. L'alta temperatura del getto garantisce che le polveri da spruzzare arrivino sul corpo da coprire allo stato fuso ed aderiscano completamente al substrato, senza porosità e senza ossidazioni.

Nel 2006 - 2007 molta enfasi è stata messa su un impianto realizzato in Islanda per trattamento di rifiuti urbani e produzione di gas sintetico, mediante torcia al plasma, tecnologia presentata come "dissociazione molecolare". Varie esperienze sarebbero in corso anche in Italia, ma non sembrano essere disponibili bilanci di energia, verificabili, dei vari processi.

Negli anni '90 c'erano stati tentativi di applicazione nella siderurgia e nel trattamento dei rifiuti presso il C.S.M. di Castel Romano, con sviluppo di un'apposita apparecchiatura.

2.3.4. Irraggiamento con particelle ionizzanti

Le radiazioni ionizzanti hanno l'effetto di rompere alcuni legami a livello molecolare e di creare radicali liberi, con il risultato finale di frammentazione delle molecole e di ricombinazione dei radicali formati. Nel primo caso si può ottenere o la sterilizzazione di prodotti grazie alla distruzione di batteri e spore, o una demolizione di grossi complessi molecolari, trasformandoli in strutture più semplici e più aggredibili dai batteri degli impianti di depurazione, nel secondo caso si favoriscono reticolazioni trasversali fra catene molecolari di polimeri (cross-linking) con effetto di indurimento ed aumento della rigidità delle aree irraggiate.

Le radiazioni ionizzanti possono essere generate in vari modi: da isotopi radioattivi, da reattori nucleari o infine da acceleratori di elettroni. Secondo la fonte possiamo avere particelle diverse, da quelle alfa, non ionizzanti, agli elettroni o particelle Beta, di varia energia, per poi passare ai raggi X, ai raggi gamma, fino ai neutroni. Gli effetti sono legati all'energia delle particelle ed alla quantità delle stesse.

Gli isotopi radioattivi, ad esempio il cobalto 60, che emettono raggi gamma hanno forti capacità di demolizione delle molecole ma hanno tre grandi inconvenienti. Il primo è legato agli schermaggi necessari ed alla complessità delle apparecchiature richieste per operare in sicurezza per gli addetti, specie nella fase di messa a punto del programma di irraggiamento, il secondo è legato alla difficoltà di poter disporre di radiazioni di diversa energia, mentre il terzo è legato al fatto che

gli isotopi non possono essere spenti e decadono in un certo tempo; conseguentemente vanno smaltiti con procedure complesse e costose.

Al contrario gli elettroni possono essere prodotti con macchine elettriche, dette acceleratori, che possono essere accese o spente in tempi brevi, senza radioattività residua e senza rifiuti radioattivi da smaltire gli schermaggi sono necessari solo quando la macchina è in funzione.

E' quindi possibile impiegare queste macchine anche in impianti industriali o negli impianti di depurazione, modificando l'energia degli elettroni emessi in funzione delle applicazioni che sono le più varie, dalla sterilizzazione, anche di prodotti già imballati nella loro confezione di vendita (ad esempio prodotti medicali), al trattamento di prodotti agricoli per aumentarne la conservabilità, alla modifica di proprietà di polimeri in diversissime applicazioni manifatturiere quali indurimento, incollaggi e vulcanizzazione.

Apparecchiature a bombardamento elettronico sono anche usate per la saldatura, in camera a vuoto, di metalli refrattari anche di spessori elevati mentre per spessori sottili sono utilizzabili anche apparecchiature con sorgenti luminose laser caratterizzate da una minore capacità di penetrazione.

Per grandi impianti di trattamento delle acque di scarico sia civile che industriale, specie per la decolorazione di scarichi tessili ed in un periodo di piena accettazione sociale dell'energia nucleare, venivano utilizzati in URSS impianti ad isotopi radioattivi, mentre oggi in Corea si impiegano acceleratori.

Nel settore dell'irraggiamento è disponibile in ENEA un rilevante know how, attorno ad un importante impianto sperimentale, di rilevanza in Europa, che permette di verificare l'applicabilità della tecnologia a varie esigenze.

2.3.5. Tecnologie basate sull'impiego delle radiofrequenze e delle microonde

E' questo un settore intermedio fra quello dell'induzione elettromagnetica nei corpi conduttori elettrici e quello delle radiazioni ionizzanti, riguardando gli effetti dielettrici nei materiali non conduttori elettrici.

Operando a frequenze più elevate (radiofrequenze), è possibile utilizzare anche l'effetto termico prodotto dalle perdite di tipo capacitivo nei materiali non conduttori (perdite nel dielettrico). Applicazioni molto diffuse sono quelle della saldatura dei film sottili di materiale plastico, quella dell'accelerazione dell'indurimento delle colle per legno e infine, in medicina, la marconiterapia per il trattamento del dolore e delle infiammazioni post-traumatiche delle articolazioni e delle giunture.

La tecnologia delle microonde deriva dai Radar; si utilizzano frequenze del range dei GHz che vengono riflesse dai corpi metallici (funzionamento dei radar), mentre penetrano nei corpi non conduttori elettrici (alcuni sono però trasparenti come ad esempio il polietilene). L'effetto realizzato nei materiali dielettrici è di provocare l'agitazione termica delle sostanze con forte momento di dipolo, tipicamente nelle molecole di acqua. E' possibile individuare la frequenza che produce il maggior accoppiamento fra il campo elettrico generato e le molecole che si vogliono scaldare.

E' così possibile essiccare, per così dire dal di dentro, materiali quali ceramiche, fibre tessili o prodotti alimentari, scaldando l'acqua dove essa si trova; la tecnologia è di particolare interesse quando occorre trattare grossi spessori (ad esempio i 2-3 cm di filato avvolto su una rocca dopo il bagno di tintura o i 6 cm di un mattone refrattario crudo). La principale caratteristica di qualità del riscaldamento dall'interno, a microonde, rispetto al tradizionale riscaldamento dall'esterno, con aria calda e secca, è di garantire contro il rischio di formarsi di un "cuore nero". Infatti mentre il contenuto di acqua di imbibizione o di legame nei laterizi crudi, nelle fibre, nelle paste alimentari, nel legno, ecc supera il 10-20%, la densità del vapor d'acqua alla temperatura ambiente è di poche decine di grammi al metro cubo; occorre quindi evitare nella essiccazione ad aria che si formi, sulla superficie dei corpi, un primo strato di materiale secco, una "crosta", che riducendo sia la permeabilità al vapore che la conducibilità termica (legata al tenore d'acqua), da una parte produca crepe e fessurazioni, dall'altra impedisca o rallenti l'uscita dell'acqua dall'interno dei corpi, danneggiando poi la cottura finale.

Il riscaldamento a microonde può essere spinto fino a produrre la sinterizzazione di polveri ceramiche, ad es. superconduttori a temperatura ambiente oppure la fusione e vetrificazione di rifiuti, tipicamente la inertizzazione delle fibre di amianto. In queste applicazioni con polveri anche metalliche o multifasiche, oltre all'effetto di riscaldamento interno alle particelle, si ha anche la ionizzazione dell'aria con formazione di micro scariche elettriche nei punti di contatto, con aumento molto localizzato delle temperature che produce una presinterizzazione, a temperatura media del corpo molto più bassa di quella necessaria nel processo classico di sinterizzazione.

Le microonde possono essere utilizzate anche per accelerare reazioni chimiche in sostanze organiche, agendo però con meccanismi diversi rispetto alle radiazioni ionizzanti. Infatti i livelli di energia dei "fotoni" prodotti hanno energie minori di un ordine di grandezza rispetto a quelle necessarie per dissociare i legami chimici covalenti; le microonde operano attraverso il riscaldamento accelerando le reazioni chimiche di polimeri, come nell'incollaggio del legno, nella vulcanizzazione delle gomme o anche nella rigenerazione dei carboni attivi.

Nei gas le microonde possono produrre la formazioni di plasmi gassosi da impiegare per lavorazioni sulle ceramiche o nei processi di deposizioni da vapori.

Le microonde pongono problemi sanitari di tipo diverso rispetto all'induzione: non è un effetto dei campi elettromagnetici, quanto di riscaldamento interno delle parti del corpo esposte. Le

microonde non si evidenziano senza apposita strumentazione per cui si richiede che gli operatori siano “esperti ed avvertiti” su questi problemi.

Le microonde sono uno strumento potenzialmente molto flessibile, nella pratica i fenomeni di accoppiamento tra sorgente e corpo da scaldare sono molto complessi, sia per fattori geometrici (cui si cerca di porre rimedio nei fornelli domestici con piatto rotante), che per differenti comportamenti dei materiali (l'acqua libera, l'acqua legata, ed il ghiaccio hanno differenti fattori di accoppiamento, così come l'acqua calda si scalda meno bene di quella fredda), con risultato che lo scale-up è molto difficile con limitata replicabilità. Anche lo schermaggio delle microonde è difficilmente modellabile, per cui occorre un'attenta messa a punto sperimentale che non può essere effettuata sull'impianto, ma richiede un'attività di laboratorio o di stazione di prova. La mancanza di stazioni di prova è una carenza tipica del mondo industriale italiano che limita la flessibilità dell'uso della tecnologia, o utilizzando prodotti già standardizzati e non ottimizzati volta a volta per lo specifico processo, oppure si assemblano sorgenti ed apparati senza un'adeguata sperimentazione, realizzando sistemi che “funzionano” ma che sono lontani dall'ottimale e soprattutto possono essere pericolosi per gli addetti.

2.3.6.Ultravioletti

I raggi ultravioletti rappresentano la transizione delle radiazioni elettromagnetiche dal visibile ai raggi X, oltre i quali nelle radiazioni prevalgono gli aspetti corpuscolari su quelli ondulatori. Le lunghezze d'onda degli ultravioletti vanno da 400 nanometri a 10 nm.

Gli ultravioletti emessi dal sole sono filtrati al 98,7% dall'atmosfera terrestre, quelli che arrivano al suolo hanno lunghezza d'onda superiore a 300 nm e sono chiamati luce nera, quelli di lunghezza d'onda minore di 200 nm sono totalmente assorbiti dall'ossigeno dell'aria.

Gli ultravioletti sono fortemente dannosi per gli esseri viventi, le scottature solari estive ne sono la testimonianza meno grave, i danneggiamenti del DNA che producono i melanoma della pelle ne sono la forma più macroscopicamente evidente, con quella crescita di cellule, disordinate nella forma e nel colore, che, nella nostra immaginazione, diventano l'emblema del MALE. Nella natura il male è sempre legato alla dose, così una dose minima di ultravioletti è necessaria perché produce nella pelle la vitamina D, la cui assenza, se non corretta dalla dieta, provoca decalcificazione delle ossa e alcuni altri tipi di cancro.

L'interesse degli ultravioletti è legato alla facilità di controllarli, di schermarli facilmente, un normale vetro da finestra fa passare il 90% della radiazione con lunghezza d'onda superiore a 350 nm ma blocca il 90% delle lunghezze d'onda minori. Sostanzialmente con gli ultravioletti si riesce ad avere

effetti vicini a quelli delle radiazioni ionizzanti con molti meno problemi di schermaggio e minori rischi sanitari.

Gli ultravioletti sono prodotti industrialmente mediante la ionizzazione di vapori di mercurio in lampade a scarica o da altre lampade riempite con xenon o miscele mercurio-xenon.

Numerosissime sono le tecnologie che impiegano i raggi ultravioletti.

La più diffusa è quella delle lampade fluorescenti sia tubolari che compatte che ad ampolla: all'interno della lampada una scarica in un'atmosfera di vapori di mercurio genera ultravioletti, il vetro delle lampade è rivestito all'interno di uno strato fosforescente che assorbe gli ultravioletti e riemette radiazioni nello spettro visibile.

Una seconda tecnologia di interesse è quella della disinfezione dell'acqua potabile, in genere a valle degli stadi di trattamento meccanico, con effetti battericida e viricida. Ci sono impianti in California che accoppiano filtrazione, acqua ossigenata ed ultravioletti per portare a potabilità ed a buon sapore acqua riciclata da immettere negli acquedotti urbani. In Italia l'acqua immessa negli acquedotti è in genere di qualità; purtroppo non lo sono le tubazioni di distribuzione anche per illegalità diffusa oltre che per vetustà; la risposta è basata sulla clorazione con ipoclorito che agisce fino ai rubinetti, viene però così distrutta la qualità del sapore per cui l'Italia è il regno delle acque minerali in bottiglia. C'è un evidente spazio per impianti miniaturizzati a bocca di rubinetto.

Una terza tecnologia è quella dell'indurimento rapido di inchiostri, adesivi e soprattutto vernici, anche su oggetti in movimento.

Vi è poi una vasta categoria di applicazioni al rivelamento di tracce, dall'analitica chimica alle indagini di polizia per ricerca di sangue o orina, fino all'inchiostro su papiri bruciati.

Infine un'ultima categoria è quella dei trattamenti medici ed estetici sulla pelle.

2.3.7. Impieghi delle radiazioni infrarosse

Le radiazioni elettromagnetiche infrarosse sono intermedie fra le microonde e lo spettro di onde visibili, da circa 750nm a circa 1nm. La radiazione che arriva dal sole sulla terra è costituita per il 47% da infrarosso, per il 46% da luce visibile e per il 7% da ultravioletto. Le radiazioni infrarosse non vengono assorbite dall'aria, mentre sono assorbite dai corpi opachi con una penetrazione funzione della lunghezza d'onda, con finestre di trasparenza o di assorbimento per certe frequenze.

Le sorgenti di emissione degli infrarossi operano da temperature ambiente a temperature di centinaia di gradi; quindi è possibile realizzare sorgenti anche grandi senza eccessive complicazioni e senza rischi sanitari.

Si possono considerare tre diverse famiglie di applicazioni: quelle per il riscaldamento, quelle per le comunicazioni ed infine quelle per la visione.

La prima famiglia riguarda il riscaldamento a distanza delle persone o di particolari oggetti. Esempi del primo caso sono quello delle chiese o di saloni di edifici storici, con occupazione saltuaria e quello dei grandi magazzini o fabbriche a forte altezza, con pochissime persone all'interno. In entrambe le situazioni non si vuole o non si può scaldare tutto l'edificio e tutta l'aria interna fortemente stratificata verso l'alto, ma si indirizzano gli infrarossi verso le aree dove saranno le persone. Le applicazioni del secondo caso riguardano il riscaldamento in superficie di oggetti di forma non definita ed attorno ai quali ci deve essere spazio libero, quindi serve un riscaldamento a distanza; esempi di queste applicazioni sono i tunnel di essiccazione delle vernici nelle carrozzerie artigianali, la cottura delle plastiche termo-restringenti usate per nastrare e impaccare merci anche sfuse, formatura e saldature di materie plastiche, infine le applicazioni mediche per sollievo di traumi o artrite.

La seconda famiglia riguarda, da una parte i milioni di telecomandi per televisori, registratori e cancelli dove gli infrarossi sono scelti perché i loro raggi non interferiscono né con l'illuminazione né con gli altri sistemi di comunicazione, dall'altra parte ci sono le sorgenti laser all'infrarosso utilizzate per le telecomunicazioni mediante fibra ottica.

La terza famiglia di applicazione copre campi diversissimi, dalla spettroscopia (la maggior parte delle molecole organiche vibrano nel range dell'infrarosso), alla meteorologia, alla termografia con mille applicazioni fino alle applicazioni militari (dalla visione notturna alla guida dei missili verso i loro obiettivi).

2.3.8.Campi elettrici pulsati

Questa tecnologia si basa sulla creazione di campi elettrici con fortissimo gradiente (da 10 a 50 kVolt/cm), applicati per tempi molto brevi (frequenza dei kHz e durata di qualche microsecondo), in modo che non si inneschi una scarica distruttiva. Questa tecnologia si distingue dalle altre tecnologie di campo elettrico per il valore molto elevato del gradiente. Per valori più bassi, non sufficienti per causare la rottura totale del dielettrico e creare l'arco, si ha l'effetto corona e fra l'altro la produzione di ozono. Per valori ancora più bassi si hanno le condizioni tipiche dei filtri elettrostatici dove le particelle vengono caricate elettricamente e si muovono verso le piastre elettriche.

Un campo elettrico così elevato ha degli effetti distruttivi sulle sostanze presenti, quindi permette di affrontare difficili problemi di trattamento degli effluenti inquinati, liquidi e gassosi, con il vantaggio di una affidabilità ineguagliata dalle altre tecnologie.

Un primo esempio di applicazione da laboratorio in fase liquida, riguarda il trattamento di acque di scarico urbane; il gradiente elettrico provoca la rottura della membrana dei batteri presenti producendo una sterilizzazione a freddo del liquido.

Un'altra possibilità studiata riguarda l'impiego di campi elettrici più deboli tali da produrre la perforazione temporanea delle membrane dei micro-organismi facendone uscire in parte il contenuto: nel caso del trattamento di acque di fognatura l'obiettivo è di ridurre la quantità di fanghi prodotti; nel caso dell'estrazione dei succhi di frutta si facilita il rilascio del liquido dalle fibre. Infine una terza utilizzazione riguarda la capacità di ionizzare grosse molecole organiche quali composti clorurati, composti aromatici, olefine, frammentandoli in radicali più reattivi. Sono stati sviluppati impianti per l'abbattimento dei solventi organici di impianti petrolchimici, di verniciatura o di stampa, caratterizzati da forti diluizioni del solvente nell'aria scaricata. In un impianto tradizionale la combustione richiederebbe costosi catalizzatori ed un rilevante aggiunta di metano per raggiungere la temperatura di accensione attorno ai 350 °C, facendo passare l'aria scaricata in un sistema a campi pulsati si ha l'effetto sinergico della frammentazione delle grosse molecole e della formazione di ozono altamente reattivo, per cui un semplice catalizzatore ossidante riesce ad ossidare quasi completamente i residui di solvente senza aggiunta di combustibile.

2.3.9. Ricoprimenti delle superfici o riporti superficiali

Le tecnologie per i riporti superficiali sono in forte sviluppo e l'elettricità gioca un ruolo fondamentale.

Le motivazioni per l'adozione di un riporto superficiale possono essere raggruppate in quattro classi:

- 1) nobilitazione di materiali poveri o leggeri, per conferire funzioni di maggior prestigio, ad esempio l'alluminatura, mediante l'evaporazione di questo metallo in camere a vuoto, di palle di plastica per arredi natalizi, la cromatura di maniglie di plastica nelle auto per alleggerimento del peso, manopole di rubinetti etc;
- 2) protezione dalla corrosione di metalli a basso costo e più facile lavorabilità mediante riporto di leghe con alto tenore di cromo e nichel;

3) modifica delle caratteristiche ottiche delle superfici, per la riflessione o l'assorbimento su determinate lunghezze d'onda;

4) produrre particolari componenti meccanici con differenti caratteristiche in differenti zone; in genere il materiale base deve essere tenace e capace di sopportare gli urti e le sollecitazioni a fatica, mentre in specifiche aree del pezzo interessa la durezza e la capacità di resistere alle varie forme di usura, sia abrasiva che adesiva, ad es. le gole dei cuscinetti a sfere, il bordo delle fasce elastiche nei pistoni di motori e compressori o infine il filo degli utensili per asportazione di truciolo. Escludendo la zincatura e la stagnatura a caldo, effettuata con l'immersione dei pezzi di acciaio nel bagno fuso di stagno o di zinco, tutte le altre tecnologie di ricoprimenti protettivi si basano sull'uso dell'elettricità.

I riporti di ioni metallici in fase liquida quali la nichelatura o la cromatura, più correntemente detti galvanici, hanno in Italia un loro mercato tradizionale, anche per la semplicità delle apparecchiature elettriche richieste che hanno messo questo tipo di tecnologie a disposizione di piccole e medie imprese localizzate per la maggior parte all'interno dei tradizionali distretti produttivi della meccanica e che lavoravano anche per clienti esteri.

Negli ultimi decenni queste imprese trovano il loro maggiore ostacolo nei pesanti vincoli ambientali per lo scarico dei bagni esausti, questi infatti contengono sali solubili di metalli pesanti, sali che senza adeguati controlli ed organizzazione logistica rischiano di finire nel terreno con inquinamento delle falde. Non si tratta, in genere, di difficoltà tecniche quanto di difficoltà organizzative tipiche di molte delle PMI di molti distretti industriali; la flessibilità di molte imprese terziste rispetto alle richieste del mercato, si basa troppo spesso, in assenza di adeguata cultura tecnica e propria strumentazione, sulle ricette dei fornitori e in assenza di impianti consortili su un brutale sfruttamento del territorio, come è avvenuto in molte aree del Piemonte fornitrici come terzisti dell'industria dell'automobile.

I riporti in fase gassosa o sotto vuoto hanno meno rilevanti problemi ambientali, essi richiedono però approfondite conoscenze di struttura della materia, complesse procedure di preparazione delle superfici e di ottenimento del vuoto nelle apparecchiature, essi non sono più una attività quasi artigianale, ma appartengono ad imprese della grande scienza che hanno sviluppato le tecniche e le macchine, mettono a punto con i clienti le applicazioni per cui alla fine offrono un servizio di produzione e manutenzione periodica a vari clienti; questi evitano di imbarcarsi in investimenti e preparazione del personale lunga e costosa, ma rischiano di diventare sempre più dipendenti dal loro fornitore di tecnologie. Un settore tipico è quello dei riporti duri sugli utensili da taglio o, meglio ancora sulle placchette dure degli utensili; i depositari delle tecnologie effettuano anche il servizio di riaffilatura degli inserti per i loro clienti.

Le tecnologie impiegate sono schematizzabili solo per grandi linee, dato che vi sono diversi percorsi per ottimizzare il raggiungimento delle prestazioni volute, ci sono una molteplicità di

metalli e di loro leghe e composti con prestazioni finali comparabili, ma legate alla applicazione prevista e alla forma e caratteristiche del pezzo da coprire.

Ad esempio per grandi superfici (molti metri quadri) quali i cilindri delle cartiere, si usano ricoprimenti superficiali fatti a spruzzo, in aria, con polveri della lega voluta proiettate fuse mediante torcia a plasma.

Per pezzi più piccoli e/o richiedenti maggiore precisione sono state sviluppate tecniche sotto vuoto spinto, attorno a 10^{-6} tor; nella camera viene creata una "nube" di atomi del metallo o della lega da depositare, mediate campi elettrici questi atomi ionizzati sono accelerati verso la superficie da coprire, la nube è creata con varie tecniche (ad esempio crogioli riscaldati a microonde o con laser o per bombardamento ionico), il vuoto evita la dispersione del flusso di ioni e l'ossidazione, i tempi sono lunghi ed i depositi hanno spessori, ben controllati, dell'ordine delle decine di angstrom [10^{-7} mm] fino al micrometro. Questo tipo di tecnologie sono denominate PVD o Physical Vapour Deposition. Una applicazione di PVD è costituita dai riporti sui tubi riceventi per il solare termodinamico; strati di ossidi metallici di specifico spessore hanno lo scopo di aumentare l'assorbimento dell'energia luminosa concentrata e nello stesso tempo, di ridurre l'emissività del tubo alla temperatura di 550°C ; l'ENEA ha sviluppato con Angelantoni una specifica apparecchiatura per i tubi da 4 metri per il progetto Archimede.

Per superare le difficoltà dei tempi e degli spessori è stata sviluppata una altra famiglia di tecnologie di ricoprimento la CVD o Chemical Vapour Deposition. Si parte da un composto metallorganico per creare più facilmente la vaporizzazione del materiale da deporre, il pezzo da ricoprire è portato a temperatura ($300-400^{\circ}\text{C}$) in modo che si abbia una reazione chimica di decomposizione sulla superficie o di reazione, durante il volo o alla superficie, con altro materiale vaporizzato (es. composti dell'azoto, ottenendo così depositi di nitruri in spessori di millimetri). Il processo può essere attivato anche attraverso un plasma e si ha un PA-CVD (plasma attivato CVD) o, in inglese PE-CVD (plasma enhanced CVD).

I parametri dei processi sono tantissimi con molte varianti, con vuoto più spinto, 10^{-8} tor ed accelerazioni più elevate, fino a 200 KV, si fanno penetrare ioni azoto nel metallo, questa tecnologia di impiantazione ionica è usata anche per il drogaggio dei semiconduttori e delle celle fotovoltaiche.

I tempi per ottenere il vuoto dopo il caricamento del materiale nella camera e per realizzare la necessaria pulizia delle superfici, per scarica o per sputtering (ioni di argon accelerati fanno espellere atomi e ioni dalla superficie), sono molto lunghi e le pompe da vuoto sono la ragione principale dei consumi di elettricità.

2.3.10.Utilizzo delle radiazioni luminose mediante LASER

Laser è un acronimo per “light amplification by stimulated emission of radiation” dove per radiation si intende un'emissione elettromagnetica anche se non visibile, quindi anche nell'infrarosso o nell'ultravioletto.

I laser sono caratterizzati dal fatto di avere una emissione di luce coerente monocromatica ed estremamente collimata. Coerente indica che si fa un solo treno d'onda, non un sovrapporsi di vari treni di onde emesse, monocromatico indica una precisa lunghezza d'onda e quindi colore, collimato indica un raggio, con un angolo solido di apertura con limitatissima dispersione e molto poco scattering luminoso. Ne deriva una brillantezza molto più elevata di quella delle lampade convenzionali che emettono in modo incoerente, su un largo spettro di colore e con l'emissione distribuita almeno in metà emisfero.

Il laser è un prodotto dell'elettronica applicata all'ottica di precisione, è un prodotto del dopoguerra, il primo impiego commerciale è stato per la lettura dei codici a barre nelle casse dei mercati è attivo dal 1962; il primo lettore commerciale di compact disc (CD) è dell'82.

Il funzionamento del laser è basato su un mezzo otticamente attivo compreso tra due specchi fra i quali oscilla la radiazione voluta, immettendo energia dall'esterno si rafforza il fenomeno e si alimenta l'emissione di energia da uno specchio semitrasparente.

Il mezzo ottico può essere nella maggioranza dei casi gassoso, solido o ad eccimeri. Questi ultimi usano come iniezione di energia una reazione chimica innescata da molecole con due specie atomiche diverse una delle quali (almeno) abbia uno stato elettronico eccitato. Essi emettono nell'ultravioletto. Molti LED funzionano come laser.

L'elevatissima brillantezza dei laser permette di concentrare molta energia in un'area molto piccola, mentre la forte collimazione permette di illuminare zone molto ristrette.

Partendo da queste caratteristiche le numerosissime applicazioni sono raggruppabili in almeno 7 categorie:

- elettronica di consumo, dai lettori di codici a barre ai lettori di CD, DVD e BD
- tecnologia dell'informazione, per la trasmissione con fibre ottiche
- analisi diagnostica e scienza: olografia, spettroscopia
- medicina, specie oculistica e dermatologia
- industria per taglio e saldatura dei corpi e non
- divertimento
- militari

Queste sono le potenze tipiche

- 1 mW puntatore laser

- 5 mW lettore CD – stampanti laser
- 5 ÷ 10 mW lettore DVD
- 250 mW incisione di DVD
- 1 W laser verde per olografia
- 1 – 20 W microlavorazioni
- 10 – 300 W chirurgia
- 100 ÷ 300 W lavorazioni di taglio o saldature
- 100 kW per sistemi pulsanti

I laser pongono problemi sanitari in funzione della potenza:

Classe I (1 mW) completamente innocui

Classe II (4 mW) non fanno danni evidenti

Classe III a (<5 mW) possono danneggiare la vista se guardati tramite ottiche

Classe III b (<500 mW) danni pericolosi per la vista, potenziali per la pelle

Classe IV (>500 mW) è pericoloso anche il raggio diffuso

Una stima del 2004 valutava nel mondo 131.000 laser per 2 G\$ e 733 milioni di diodi laser per 3,2 G\$.

Le lavorazioni meccaniche, con esclusione di alcune applicazioni scientifiche e militari sono quelle che utilizzano i laser di maggiore potenza. Il meccanismo è quello di un riscaldamento rapido e localizzato che fa evaporare il materiale (metallo, vetro, ceramiche o plastiche) che può essere sottratto per aspirazione o viene proiettato via. Il fenomeno non è stazionario ma transitorio; all'inizio si ha una forte riflessione dalla superficie, poi come comincia a formarsi il vapore di materiale aumenta l'assorbimento e l'apporto di calore.

Per taglio e saldatura si usano densità di potenza sul materiale dell'ordine di decine di MW/cm², con potenza del laser fino a 6 ÷ 30 KW.

L'interesse industriale a taglio o saldatura a laser è doppio.

Da una parte si fanno bordi lisci e netti, zona termicamente alterata molto ridotta, nessuna distorsione del pezzo, nessuna importanza della durezza del materiale, alta velocità di taglio.

Dall'altra parte ci sono delle prestazioni di carattere organizzativo, si possono seguire profili complessi o curve strette e soprattutto è facile l'integrazione con sistemi automatici e di comando da lettura di disegno. Da queste prestazioni ne deriva che il taglio via laser non si adotta solo a grandi complessi per lavorazioni di serie, ma che è un ottimo lavoro per terzi; per piccole officine diventa così conveniente ricorrere ad un impianto di terzi che può accontentare rapidamente il cliente anche per pezzi ogni volta diversi. Questa possibilità permette ad una PMI di usare il terzista nella fase di messa a punto del progetto con continui aggiustamenti delle dimensioni e degli spessori, poi una volta avviata la produzione valuterà se è il caso o meno di pagare il costo di farsi fare gli stampi per le tracciature secondo le ottimizzazioni geometriche finali.

Il laser può essere usato anche per sverniciare materiali delicati, per esempio gli aerei per poter procedere ai controlli periodici.

2.4. Tecnologie elettrochimiche

2.4.1. Applicazione dell'ozono per demolizione di inquinanti

L'ozono è una forma allotropica dell'ossigeno costituita da una molecola triatomica, forma molto meno stabile della molecola biatomica. L'ozono decade producendo oltre ad ossigeno radicali molto aggressivi quali l'ossigeno monoatomico O^{\cdot} e l'ossidrile OH^{\cdot} , entrambi dannosi per gli esseri viventi, sia animali che vegetali.

A livello del suolo l'ozono è prodotto dalla reazione dei raggi solari su inquinanti gassosi quali idrocarburi ed ossidi di azoto (fenomeno dello smog fotochimico); Il tempo di decadimento dell'ozono troposferico è dell'ordine di 22 giorni, esso è considerato un inquinante a tutti gli effetti.

A livello della stratosfera invece l'ozono è prodotto direttamente dall'azione degli ultravioletti sull'ossigeno e costituisce un filtro per i raggi ultravioletti stessi, proteggendo così la vita al livello del suolo; le molecole contenenti cloro e bromo, tipicamente i fluidi frigoriferi storici, che si disperdono verso la stratosfera reagiscono con l'ozono eliminandolo; da qui il tema del buco dell'ozono sopra i poli.

Le caratteristiche dell'ozono di capacità di decomposizione-ossidazione di molecole complesse ne hanno fatto uno strumento ideale, dagli anni '80, per interventi puntuali che controbilanciano il costo della produzione dell'ozono e le attenzioni richieste per la sua gestione, con il raggiungimento di prestazioni non ottenibili altrimenti.

Una prima tipologia di applicazioni ha riguardato il trattamento di reflui industriali liquidi di medie-piccole aziende, tipicamente di finissaggio tessile, in alternativa dei tradizionali impianti biologici con la loro rilevante produzione di fanghi (i batteri cresciuti mangiando gli inquinanti) difficili da smaltire, con le necessità di spazio introvabile nelle aziende localizzate nelle aree urbanizzate; l'ozono disgrega ed ossida limitando al minimo la quantità di fanghi, agisce in tempi brevi, quindi senza bisogno di grandi accumuli, soprattutto agisce su tutte le sostanze scaricate, sostanze che spesso l'impresa neanche conosce perché messe da terzi, e si riduce il rischio che all'improvviso i batteri muoiano e si debba bloccare tutto per un mese, con gravi responsabilità penali. I rischi sanitari dell'ozono stesso rimangono la principale controindicazione.

Una seconda tipologia di applicazioni ha avuto motivazioni meno di contesto e più strategiche, di validità sempre più attuale. A valle del tradizionale impianto di depurazione di reflui liquidi, coi suoi stadi primario e secondario, un trattamento con ozono permette di abbattere sostanze quali i residui di colore o di tensioattivi e di riutilizzare le acque nel processo di tintura. Un esempio rilevante si ha a Prato: l'impianto di Baciacavallo tratta reflui civili ed industriali, producendo acqua industriale per le aziende tessili dell'area Macrolotto; l'acqua trattata con ozono è adatta per i processi di tintura. Un altro settore di applicazione è quello delle lavanderie industriali ove, in aggiunta ai ricicli interni per il primo risciacquo, è possibile depurare gli scarichi e riciclare l'acqua per intero processo.

Negli impianti industriali l'ozono è prodotto con la scarica ad effetto corona, direttamente dall'aria; essiccando l'aria, raffreddandola o arricchendola in ossigeno si evita la formazione di ossidi di azoto. L'ozono non è stabile per cui non può essere immagazzinato né trasportato ma va prodotto sul posto. L'aggressività dell'ozono richiede di usare materiali particolari per serbatoi e tubazioni mentre infragilisce e produce rotture in molti elastomeri.

2.4.2. L'elettrolisi dell'acqua

Il passaggio di una corrente elettrica in acqua non perfettamente pura produce idrogeno all'elettrodo negativo ed ossigeno a quello positivo. La caduta di tensione agli elettrodi dipende dal tipo di elettrolita, dalla temperatura dell'acqua e dalla natura dell'elettrodo. In ogni caso essa richiede un consumo di energia ben superiore a quello restituita dalla combustione dell'idrogeno. Se si considera anche il rendimento della centrale di generazione dell'elettricità, l'efficienza energetica dell'elettrolisi dell'acqua è compreso fra il 30 ed il 45%; conseguentemente non è la via più efficiente per ottenere idrogeno per usi energetici.

Si tratta quindi di una vecchia tecnologia della quale non è previsto un rilancio a breve, salvo innovazioni drastiche sugli elettrodi che ne permettano un impiego efficiente per produrre ossigeno o idrogeno a piccola scala.

In passato si è provato ad utilizzare l'elettrolisi nelle lavatrici domestiche, nell'ipotesi che l'ossigeno nascente o gli ossidrilici producessero un effetto sbiancante che sostituisse l'ossigeno liberato dal perborato contenuto nel detersivo, operazione che richiede di riscaldare acqua e lavanderia fino agli 80 °C.

Se, nel futuro, le celle a combustibile polimeriche per trazione, raggiungeranno i costi e l'affidabilità necessaria, è possibile che si affermi una produzione di idrogeno a domicilio, dall'elettrolisi

dell'acqua, in alternativa alla creazione di una rete di distribuzione di idrogeno prodotto centralmente da combustibili fossili.

Nel contesto italiano, che vede già oggi attivi impianti di pompaggio idroelettrico per circa 6000 MW, appare poco interessante la proposta dell'uso dell'elettrolisi per l'accumulo di elettricità, da fonte rinnovabile (PV fotovoltaico o termodinamico), di supero rispetto alla domanda.

2.4.3. Diodi con emissione di luce – LED

Questa tecnologia è entrata in applicazioni pratiche da una trentina di anni, essa è basata su diodi semiconduttori, drogati per creare una giunzione p-n; sotto tensione si ha passaggio di corrente, in un solo verso, con moto degli elettroni e delle cavità verso la giunzione. In alcuni materiali, ad esempio l'arseniuro di gallio, quando una cavità ed un elettrone si incontrano questo passa ad un livello di energia più basso emettendo un fotone.

La luce emessa ha un preciso colore dipendente dal materiale del chip; è possibile ottenere luce bianca in vari modi o combinando assieme nello stessa lampade diodi dei tre colori fondamentali o impiegando LED capaci di emettere tre diversi colori o, infine, ricorrere allo stesso meccanismo delle lampade fluorescenti, usare cioè un LED che emette nell'ultravioletto e schermarlo con uno strato di fosfori di differenti colori che convertano l'emissione monocromatica in un largo spettro di luce bianca. Ultimamente sono in sviluppo sperimentale soluzioni basate sul deposito, su LED blu, di "macchie quantiche", dei nanocristalli semiconduttori le cui emissioni di colore possono essere regolate nell'intero spettro, si riesce così a produrre una calda luce bianco-gialla simile a quella delle lampade ad incandescenza.

Sono state sviluppate famiglie di LED basati su cristalli o polimeri organici, OLED di bassissimo costo, la cui applicazione tipica è costituita dai display dell'elettronica portatile.

I LED sono ancora in una fase di forte evoluzione per cui la potenza di emissione, l'efficienza energetica e l'affidabilità sono in continua evoluzione, anche per effetto del parallelo sviluppo nei semiconduttori, nell'ottica e nella scienza dei materiali.

L'efficienza energetica, indicata come lumen/W, così come la potenza del singolo diodo e la durata sono di funzionamento, sono i parametri prestazionali di maggior interesse.

I primi LED disponibili avevano potenze dell'ordine di 30-40 mW, già nel 2002 erano disponibili diodi di potenza 5 W ed efficienza 18-22 lumen/W, superiore ai 15 lm/W delle lampade ad incandescenza, già nel 2003 era sul mercato un diodo da 24 mW con 65 lm/W, nel 2006 si raggiungono i 130 lm/W e nel 2008 i 150 lm/W; anche le potenze evolvono e nel 2008 la Philips rivendica un diodo da 350 mA con 115 lm/W.

Le durate di funzionamento oggi ottenibili sono comprese tra 35.000 e 50.000 ore, ben più elevate delle 10-15.000 ore delle lampade fluorescenti e delle 1000-1500 delle lampade ad incandescenza.

I LED di potenza debbono essere montati su appositi dissipatori di calore senza i quali sarebbero distrutti in brevissimo tempo. Salvo particolari soluzioni i LED sono alimentati in corrente continua, sono stati sviluppati specifici sistemi per il collegamento alle reti in corrente alternata.

I principali vantaggi dei LED sono:

- efficienza elevata, importantissima per le alimentazioni da batteria,
- emissione diretta di luce colorata;
- dimensioni ridotte attorno ai 2 mm;
- accensione e spegnimento in microsecondi e nessun danno dal ciclaggio frequente;
- luce fredda senza infrarossi, il calore è dissipato alla base;
- lunga vita, come sopra indicato e morte per decadimento delle prestazioni e non per rottura improvvisa;
- resistenza agli urti e nessuna tossicità poiché non c'è mercurio.

Fra gli svantaggi dei LED occorre considerare:

- alti prezzi di acquisto rispetto alle altre lampade, ma l'analisi del costo nel ciclo di vita risulta positiva;
- danneggiamento per sovratemperatura;
- forte sensibilità alla qualità del collegamento, per tensioni sopra la soglia e corrente sotto la soglia;
- spettro luminoso diverso da quello solare, resa dei colori difficile come per le lampade fluorescenti;
- rischi sanitari per la quota di ultravioletto ed inquinamento luminoso per lo scattering dello stesso.

Le applicazioni dei LED sono ad uno stadio iniziale, non è facile prevedere quale sarà lo sviluppo nel prossimo decennio; oggi si possono indicare tre categorie di applicazioni, la prima riguardante la segnaletica, la seconda riguardante le sorgenti luminose per sistemi a visione di immagine, sono già affermate, mentre la terza, l'illuminazione, è ancora in una nicchia iniziale.

Le applicazioni per le segnalazioni, dai semafori stradali e ferroviari a tutta la messaggeria degli edifici e dei locali di grande frequentazione, sono subito apparsi ottimali sia perché danno direttamente la luce del colore desiderato, sia per la lunga vita (queste lampade lavorano 8760 ore all'anno) che riduce il costo del personale per gli interventi di sostituzione (occorre intervenire con piattaforme aeree con arresto del traffico), sia infine per la maggior efficienza rispetto alle lampade con incandescenza con filtro per il colore (le lampade fluorescenti non si possono usare perché sono lente nell'accensione e soffrono il ciclaggio), tale da ridurre drasticamente il consumo.

In Italia la penetrazione è ancora vincolata da questioni burocratiche di omologazione, mentre già nel 2005 sia a Pechino che a New York tutti i semafori, almeno in centro, erano a LED.

Le applicazioni per la visione sono un mercato enorme anche se per potenze elettriche minime, basti pensare ai simboli dei telefonini e dei calcolatori; in realtà è solo la disponibilità dei LED, con il loro bassissimo consumo, insieme allo sviluppo degli accumulatori ricaricabili al litio che ha permesso la realizzazione di tutta l'elettronica portatile che ha invaso il mercato negli ultimi 10 anni.

Le applicazioni alla illuminazione sono invece ancora in una fase di verifica delle prestazioni, le prestazioni di confronto sono invece quelle delle lampade fluorescenti compatte nelle applicazioni residenziali e le lampade di sodio per l'illuminazione stradale.

Il primo mercato per i LED è stato quello delle lampade portatili a lunga vita. In Italia ci sono, questa volta in piena avanguardia rispetto ad altri paesi, applicazioni di illuminazione pubblica nel comune di Torraca nel salernitano; sulla base dei risultati si potranno valutare i futuri sviluppi. Recentemente anche Enel Sole ha avviato esperienze pilota in tre città prevedendo risparmi del 40% rispetto alle lampade a sodio ad alta pressione ed è il 60% rispetto alle lampade a vapori di mercurio. Interessa sia la qualità cromatica che la lunga vita (circa 4000 ore di accensione all'anno) per ridurre i costi di sostituzione.

Un mercato che sembrava ottimale era quello dell'auto per tutte le luci sia di illuminazione, bianche, che di segnalazione colorate; i vantaggi ipotizzati erano da una parte la resistenza agli urti e vibrazioni, e la rapidità di accensione, dall'altra il minor consumo permetterebbe di ridurre le dimensioni dei cavi e quindi il peso relativo, con benefici generali sui consumi delle auto. Finora le applicazioni sono ancora limitate.

Un'applicazione specifica di grande interesse è nell'illuminazione per sale chirurgiche con sorgenti di grandi superficie in modo da evitare abbagliamenti e ombre e con la possibilità di cambiare il colore anche solo per alcune zone per evidenziare specifici tessuti (ad esempio vasi sanguinei).

2.4.4. Controllo della trasparenza delle vetrate

Si tratta di una tecnologia elettrica ancora in fase di sviluppo e dai consumi energetici del tutto trascurabili ma di una enorme potenzialità di applicazione.

L'obiettivo delle ricerche in corso, concentrate sulla possibilità di realizzare grandi superfici e di riduzione dei costi di produzione, ancora troppo elevati, è di arrivare a vetrate che, a comando, possano essere trasparenti d'inverno lasciando entrare il calore del sole e divenire riflettenti d'estate in modo da ridurre drasticamente il carico degli impianti di condizionamento e da

permettere lo sviluppo di un'edilizia bioclimatica adatta alle condizioni di insolazione dei paesi come l'Italia che hanno richieste di condizionamento ambientale sia d'inverno che d'estate.

Il controllo della trasparenza può avvenire con sistemi foto-cromici e termo-cromici autoregolati o invece con sistemi attivati elettricamente dall'utente, i dispositivi a cristalli liquidi ed i dispositivi elettrocromici.

I primi sistemi sono basati sull'uso di un film di cristalli liquidi, sostanze organiche con struttura molecolare a barre, che si trovano in una fase intermedia fra quella liquida e quella solida: nella prima condizione le molecole sono disordinate e quindi la luce viene diffusa ed assorbita con colorazione latte, mentre sotto un campo elettrico le molecole si orientano ed il film diviene trasparente. Il film è depositato sulla faccia interna di un sistema a doppio vetro; l'effetto di trasparenza è immediato. Questo tipo di vetrate è tipicamente adatto per l'interno degli edifici mentre l'uso all'esterno ha controindicazioni per il riscaldamento del film quando, opaco, assorbe la luce del sole.

I sistemi elettrocromici sono invece basati sul passaggio di una corrente elettrica attraverso un materiale in modo da produrre un cambiamento persistente ma reversibile della sua caratteristica chimica. Essi sono costituiti da un deposito multistrato sulla faccia interna di un pannello vetrato sandwich; l'effetto di trasparenza o di oscuramento è piuttosto lento e graduale, ma debbono essere alimentati elettricamente solo per la fase necessaria ad attivare il cambiamento di trasparenza.

2.4.5. Tecnologie interne alle attività di sviluppo del settore elettrico

Si possono attribuire a questo gruppo tecnologie ed applicazioni di carattere molto trasversale, di larga diffusione, che è molto difficile classificare in altro modo e la cui ricaduta sui consumi elettrici è in genere di piccola entità per il singolo apparecchio, ma è invece molto rilevante o per il loro valore globale (per i grandi numeri coinvolti) o perché permette di diffondere tecnologie elettriche, già note, in modo più capillare.

2.4.6. Informatica diffusa

Lo sviluppo dell'informatica diffusa è spinto dalla continua diminuzione dei prezzi, accoppiata all'incremento continuo delle prestazioni, alla miniaturizzazione delle dimensioni e alla diminuzione di consumi di energia.

È stato così possibile inglobare fortissime capacità di calcolo all'interno di strumenti e di dispositivi, in modo tale che sono diventati utilizzabili anche da operatori non totalmente dedicati e senza formazione specialistica, basti pensare a tutta la diagnostica per immagini della sanità ove gli operatori possono concentrarsi sugli aspetti medici senza preoccuparsi di tutte le catene strumentali.

Questa evoluzione produce una continua diffusione di tecnologie un tempo adatte solo a grandi imprese, verso piccole produzioni e progressivamente anche verso il settore dei servizi e poi verso il residenziale.

Questo processo è affiancato dalla diffusione dei computer portatili, dei modem, delle unità di continuità di alimentazione o UPS, delle stampanti, degli scanner, dei telefonini, dei registratori, delle consolle di videogiochi, dei sistemi di riproduzione dei suoni, dei televisori, dei decoder, dei terminali, degli orologi, delle radiosveglie, ecc, ciascuna con il suo stand-by i suoi tempi di riscaldamento, una molteplicità dei punti di consumo per cui ogni presa elettrica oggi porta una ciabatta di lucette rosse e verdi accese. Alcune stime indicano che circa il 10% dei consumi energetici delle abitazioni sono addebitabili alla apparecchiature in stand-by, misure effettuate anni fa in un ministero davano un consumo di elettricità, di notte, di domenica pari al 20% del consumo medio ed al 10% del picco estivo con i condizionatori accesi.

Si tratta di consumi costanti tutto l'anno, quindi molto convenienti per la rete elettrica rispetto alla usuale fortissima variabilità dei carichi elettrici delle abitazioni.

Gli apparecchi più recenti hanno ridotto i loro consumi sia quando sono accesi che da spenti, ma il loro numero è in continua crescita e spesso i vecchi apparecchi rimangono connessi alla rete, oltre ai consumi occorrerà tener conto anche dello sfasamento indotto sulla rete.

Anche le lampade a scarica compatte inducono rilevanti sfasamenti sulla rete elettrica, per ora non misurati e quindi non oggetto di attenzione nelle utenze residenziali; anche i LED hanno gli stessi problemi.

2.4.7.Apparecchi portatili

La miniaturizzazione dell'elettronica ha portato ad uno sviluppo enorme delle apparecchiature portatili, dai videogiochi, ai telefonini, alle fotocamere digitali, ai riproduttori di suono, ai calcolatori ed ai loro collegamenti ad internet senza fili.

Questo sviluppo è reso possibile dalla miniaturizzazione dei componenti e dai ridotti consumi e soprattutto dall'evoluzione degli accumulatori al litio, più leggeri e più potenti, in sostituzione delle

batterie al nichel cadmio, che a loro volta avevano sostituito sia gli accumulatori al piombo sia le pile non ricaricabili a grafite e a biossido di manganese o a mercurio.

Per anni tutti questi accumulatori sono stati temuti per il rilascio nell'ambiente di metalli pesanti, piombo, cadmio e soprattutto mercurio, in forme chimiche piuttosto solubili.

Ci sono proposte per sostituire gli accumulatori con un serbatoio di gas liquefatto, come negli accendini dei fumatori, collegati ad una cella a combustibile; sarebbe un primo caso di un consumo elettrico soppresso da un consumo di combustibile.

Il tema dell'accumulo "portatile" di elettricità è il passaggio fondamentale per rendere competitiva l'auto elettrica e quella ibrida; super capacitori, e super batterie, senza dimenticare i volani, sono i componenti elementari di questo tipo di soluzioni.

Anche l'auto elettrica potrà essere assimilata ad un portatile attaccato ad una presa elettrica? Le cose non saranno così semplici almeno in Italia, perché sarà difficile calare un cavo dalla finestra e bisognerebbe avere un posto macchina riservato così come vediamo nei film americani.

2.4.8. Nanotecnologie

Queste tecnologie si occupano di cosa accade con oggetti di dimensioni all'ordine di nanometri , cioè 10^{-9} metri o 10^{-6} mm o di 10^{-3} micron o di 10 angstrom, la distanza fra le file di atomi.

Un'efficace definizione presa via internet ricorda che un nanometro è di quanto cresce un pelo di barba nel tempo impiegato per prendere un rasoio e raderlo.

A distanze così ravvicinate la gravità non ha effetto e invece sono vincolanti le forze di Van der Waals, quelle legate all'inverso della quarta potenza della distanza. Sostanzialmente valgono altre regole da quelle che si applicano agli oggetti che hanno una dimensione più visibile e tangibile.

Le nanotecnologie hanno uno stretto collegamento con la biologia perché è a questi passi dimensionali che crescono le cose viventi.

Le nanotecnologie hanno visto un inizio di sviluppo applicativo nell'ultimo decennio con tentativi in tantissimi settori da quello medico a quello manifatturiero.

Nel campo energetico le nanotecnologie avevano fatto sperare contributi sostanziali allo sviluppo delle celle a combustibile e dell'immagazzinamento dell'idrogeno; contributi non ancora pienamente raggiunti.

Si tratta di un campo di attività del tutto nuovo, del quale occorre imparare le regole, conoscere quali sono i comportamenti dei materiali, poter costruire le strutture atomo per atomo, prima di poter cercare di applicarle a problemi alla nostra scala.

Una prima possibilità è di copiare cosa già fatto dalla biologia: ad esempio osservando le foglie di piante acquatiche tipo il loto, come l'acqua scivolava su di esse senza bagnarle si è capito come è fatta la superficie delle stesse e si è potuto cercare di riprodurre il meccanismo su altre superfici. Abbiamo così tegole con superficie con finitura a nanotecnologia che non si sporcano e non fanno crescere la muffa, mentre la Wilo annuncia che le giranti delle sue pompe producono meno vortici perché la finitura delle loro superfici riproduce quella delle foglie di loto.

3. LIMITI E BARRIERE DELLE TECNOLOGIE

Questo capitolo presenta una valutazione delle principali barriere all' applicazione di alcune delle tecnologie presentate come interessanti.

A causa dei ritardi nell'avviamento della parte aperta agli operatori del Programma di Ricerca sul Sistema Elettrico, queste barriere non sono state esaminate né con le Associazioni di Categoria né con gli operatori leader nei vari settori di utenza, così come era stato ipotizzato, confronto che poi si è ritenuto opportuno sospendere e rinviare.

Le valutazioni si basano così sia sull'esperienze personali degli autori, che sui contatti pluriennali con gli operatori esterni, con i colleghi dell'ENEA più impegnati nelle varie tecnologie, con i colleghi ENEA coinvolti nelle attività di Agenzia e sui temi dei Titoli di Efficienza Energetica, ed infine con alcuni pochi operatori esterni con i quali si è ritenuto possibile, nell'attuale contesto, approfondire le questioni.

Un lavoro più approfondito avrebbe richiesto d'altra parte risorse superiori di un ordine di grandezza in tempo e fondi; basti pensare alle opportunità di poter accedere alle analisi settoriali di organizzazioni quali Data Bank.

Su queste basi l'analisi raramente scende nei dettagli ma punta invece ad individuare i grandi fattori esterni ed interni di ostacolo, così come le forze economiche, istituzionali, politiche che, sentendosi danneggiate nel ruolo e nel mercato possono efficacemente opporsi alla diffusione di tecnologie innovative ed energeticamente di migliori prestazioni.

3.1. Pompe di calore e ricompressione meccanica del vapore

3.1.1. Aspetti tecnici ed istituzionali

Le principali barriere alle applicazioni della termocompressione emerse dagli studi effettuati negli anni '90 erano costituite, oltre che dal prezzo dei compressori, forniti come prodotti speciali su ordinazione, dalla necessità di modificare le reti di alimentazione del calore.

Un'applicazione specifica esaminata negli anni '80 fu l'applicazione negli zuccherifici, azione rimasta senza risposte positive oltre che per causa dei costi elevati dei compressori (prodotti ad hoc), per il basso prezzo del calore utilizzato, poiché prodotto generalmente in cogenerazione; la situazione è peggiorata per la chiusura di molti impianti nel quadro dell'evoluzione della Politica Agricola Comunitaria, (P.A.C) di apertura dei mercati europei non più protetti.

La modifica delle reti di distribuzione del calore all'interno degli stabilimenti è necessaria per avvicinare il più possibile le temperature a quelle minime necessarie per il processo. Il principio della cascata delle temperature, base di tutti i processi petroliferi e chimici è poco applicato in altri settori ove invece i vari processi di stabilimento prelevano calore dalla stessa linea di vapore, tenuta perciò ad una temperatura più elevata del necessario per molte utenze, mescolando poi tutti gli scarichi a diverse temperature in un unico collettore.

Si tratta della stessa barriera che frena la diffusione della condensazione nelle caldaie industriali a gas metano ed il recupero di calore dagli effluenti liquidi e gassosi scaricati dai processi.

Non sono neanche presenti grandi impianti di desalinizzazione per via termocompressione.

Passando invece alle pompe di calore per il riscaldamento degli edifici, con utilizzo del calore del terreno, si hanno barriere sia istituzionali, sia tecniche relative al singolo impianto, sia di forze del mercato che invece riguardano l'insieme delle applicazioni.

Come barriere istituzionali/normative ci sono tutte le incertezze sulle modalità di accesso alle acque di falda, dei fiumi e degli scarichi dei depuratori, tutti i divieti, le penalità e le incertezze sulle possibilità di reimmissione delle acque prelevate sia nella falda che nelle acque di superficie.

Le barriere tecnologiche sono legate alla possibilità di utilizzare direttamente gli impianti di riscaldamento degli edifici esistenti, con i loro caloriferi e le loro regolazioni previste per operare a temperatura di 70°-80°. Non si tratta tanto di temperature massime di mandata, ormai compatibili specie con l'accoppiata pompa di calore comandata in cogenerazione (il calore recuperato dai motori si aggiunge a quello delle pompe di calore), quanto di avere una temperatura di ritorno abbastanza bassa da poter ricevere il calore della pompa di calore. Gli interventi riguardano fondamentalmente la regolazione della portata ai radiatori, in modo da aumentare il salto termico fra entrata ed uscita, intervento che può riguardare o la regolazione dei detentori di ogni singolo radiatore o, in modo meno complicato anche se con investimento, ponendo un comando con inverter nella pompa di circolazione dell'edificio, in modo da garantire, non una portata costante, (come oggi è prassi), ma una differenza di temperatura costante.

3.1.2. Competizione col mercato del gas

Molto più complessa è invece l'analisi delle barriere legate alle forze del mercato e del potere. Occorre considerare sia il mercato del gas che il mercato dell'elettricità.

Spostare il riscaldamento degli edifici dal gas naturale, oggi prioritario, verso l'elettricità (ove è ugualmente predominante l'uso gas) non cambia molto il mercato dei produttori, prevalentemente ENI e degli importatori, (ugualmente dominato dall' ENI), finché non si diffonderanno terminali per

il ricevimento del gas liquefatto o GNL. Quello che rischia di cambiare drasticamente è il mercato dei distributori. Infatti il gas è venduto alle centrali direttamente da SNAM, mentre agli edifici è venduto da una pluralità di imprese, un tempo dominate da ITALGAS e dalle grandi municipalizzate.

Si tratta di operatori molto potenti, sia istituzionalmente per il forte ruolo pubblico di ENI e delle ex aziende municipali, capaci ad esempio di mantenere una accisa diversa per il gas (meno di 0,12 €/m³) rispetto al gasolio (0,40 €/litro) e di presentare come infrastruttura pubblica (ad es. verso i fondi FIO) la realizzazione delle reti nelle città del sud.

Questi operatori hanno gestito in passato forti campagne di marketing nel passaggio dal gasolio al gas e dagli impianti di riscaldamento centralizzati e quelli autonomi individuali. Nel primo caso si è promosso il metano come più "ecologico" più "blu" senza preoccuparsi di migliorare la qualità del gasolio i cui consumi sono stati spostati verso il trasporto, con la dieselizzazione del parco delle auto.

Le aziende gas hanno guadagnato il business della rete di distribuzione nelle città; i grandi petrolieri hanno avuto protette le raffinerie; chi è stato cacciato dal mercato è stata la rete dei distributori-venditori di gasolio da riscaldamento; lo Stato ha rinunciato, mettendo assieme la minore accisa e la minore IVA, a circa 400 € per ogni tep di metano che sostituiva un tep di gasolio, con un importo globale (23 Mtep consumati nel 2007 di metano nel settore civile) di circa 8 miliardi di Euro l'anno. È da osservare che se questo gas fosse tutto utilizzato per produrre elettricità, l'accisa pagata su gas per uso civile, verrebbe peraltro praticamente azzerata con perdita, per le Finanze, di altri 2,6 miliardi.

Nel marketing del metano per il riscaldamento ha avuto una parte molto rilevante la possibilità di staccarsi dall'impianto centralizzato e sostituirlo con un impianto autonomo, eliminando così le estenuanti e spesso allucinanti discussioni sulla gestione degli impianti condominiali. La normativa si è adeguata a queste campagne ed invece di raggiungere l'obiettivo del controllo individuale delle spese attraverso l'impiego di sistemi di contabilizzazione e di ripartizione, come fatto nel resto dell'Europa (conciliando così la fine delle discussioni condominiali e l'efficienza energetica), ha nell'82 (legge 308) semplificato le modalità per passare all'individuale e solo più tardi (DPR 412 del 93 e soprattutto DPR 551/9) si è preoccupata di vincolare lo scarico dei gas combustibili, vietando a buoi già scappati, la facile ed economica soluzione delle caldaie sul terrazzo.

Sostanzialmente il marketing del gas, tenendo anche conto della bassa qualificazione di molti installatori (mancati controlli della 46/90) non ha promosso la migliore tecnologia ma ha cavalcato le inefficienze del paese (abbasso le discussioni nei condomini!); sostanzialmente è stata un'occasione sprecata per promuovere le industrie nazionali più qualificate (alle fiere gli stand ENI-ITALGAS promuovevano le caldaie di una società francese, oggi peraltro appartenente al gruppo Merloni). Sulla base di questi numeri è prevedibile che il settore gas reagirà con forza ad un

attacco a questo suo mercato finora senza concorrenza. D'altra parte se, in Italia, ci si lamenta delle mancanze di grandi imprese, capaci di guardare e di imporsi sul mercato e di promuovere le tecnologie, non ci si può poi sorprendere degli effetti di questo potere quando incide su una Pubblica Amministrazione debole.

Altrettanto complessa è l'analisi del possibile impatto sul mercato dell'elettricità. Prima si considerano gli effetti sulla generazione e poi gli effetti sulla distribuzione in media e bassa tensione.

Oggi gli utenti del riscaldamento con il gas di rete utilizzano caldaie molto sovradimensionate, sia per motivi tecnici (negli impianti individuali, dimensionati per la produzione istantanea di acqua calda, la potenza è almeno doppia di quanto servirebbe per il solo riscaldamento), sia perché in pratica si paga solo il consumo e non si paga la potenza richiesta, come invece avviene per l'elettricità. Volendo schematizzare gli effetti sulla richiesta di elettricità occorre valutare non solo come si configura oggi la domanda di calore ma anche come si configurerebbe una volta cambiata tecnologia di generazione del calore, dalla preesistente caldaia a pompa di calore elettrica. Oggi molti utenti del gas, specie quelli individuali, specie nel Centro-Sud, regolano la caldaia non in base a misure on-line di temperature esterne ed interne, ma accendendola per un certo numero di ore numero di ore al mattino, ed alla sera. Per impianti condominiali e nel terziario si usano caldaie con bruciatori modulanti o caldaie modulari, con un'accensione prolungata anche a tutta la giornata. Il periodo di accensione è mediamente da metà ottobre a metà aprile, un mese in meno nel Centro.

Confrontando questo diagramma di carico con quello delle domanda elettrica (Figura 15) sia per giorno lavorativo sia per giorno festivo si evidenziano tre primi risultati, con effetto positivo sulla regolarità della richiesta:

- aumenterebbero i consumi di sabato e domenica e durante le feste natalizie (circa 10 giorni di bassa richiesta);
- gli impianti condominiali hanno il picco della domanda di calore fra le 6 e le 7 del mattino (dato confermato dagli impianti di teleriscaldamento, (vedi Figura 16), periodo ancora di bassa richiesta elettrica (funzionano ancora gli impianti di pompaggio). Si avrebbe anche un aumento della richiesta in corrispondenza al picco pomeridiano dalle 16 alle 20 nei mesi invernali, nei quali però c'è forte disponibilità di generazione.
- introducendo l'uso delle acque di falda o superficiali, per impianti di calore reversibili, si avrebbe un miglioramento dell'efficienza nel condizionamento estivo con riduzione delle domande nelle ore più calde delle giornate estive.

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

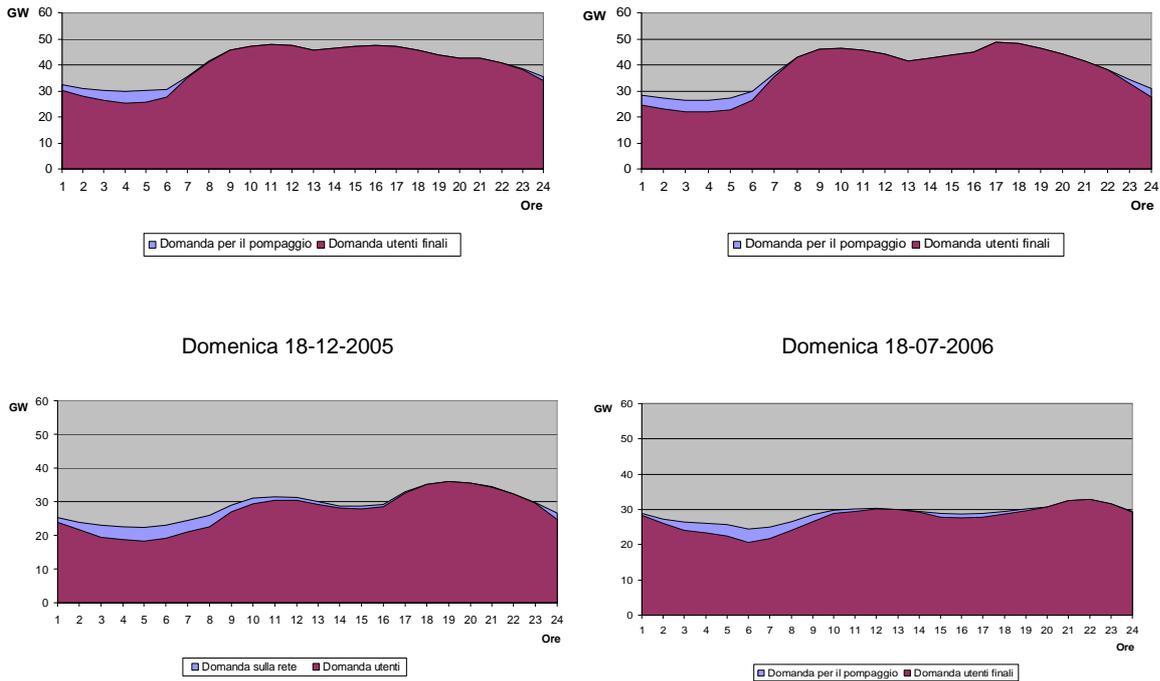


Figura 15: Diagrammi di carico della rete elettrica nei giorni estivi ed invernali relativi ad un mercoledì, (picco della domanda), e ad una domenica (minimo della domanda).

La curva superiore rappresenta la disponibilità di energia elettrica sulla rete, la curva inferiore rappresenta la domanda degli utenti. La differenza fra le due indica l'energia assorbita dal pompaggio ed evidenzia il suo effetto positivo di regolarizzazione della domanda globale alla rete.

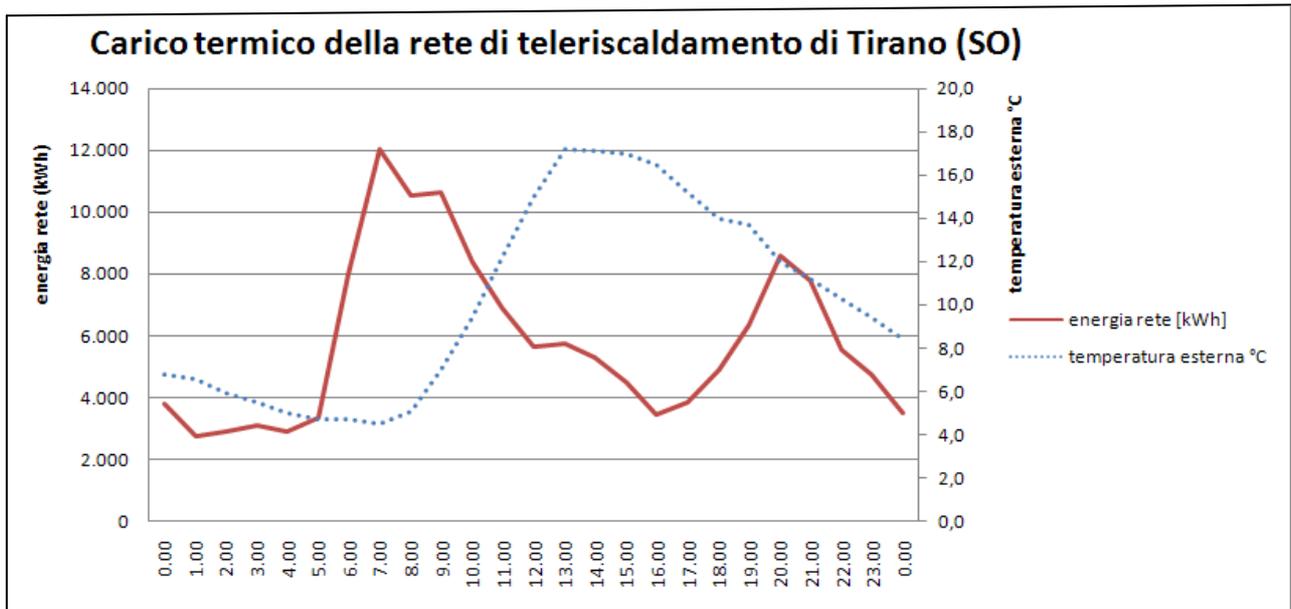


Figura 16: Carico termico rete di teleriscaldamento.

Contrariamente all'uso di una caldaia a gas, una pompa di calore elettrica ha un costo rilevante in funzione della potenza e nella fornitura di elettricità: si paga non solo l'energia ma anche l'impegno di potenza. Conseguentemente si deve limitare la potenza e considerare di lavorare possibilmente nelle ore a tariffa bassa (operando di notte e nei fine settimana le ore vuote superano quelle piene). La diffusione delle pompe di calore richiederà quindi una forte attività di gestione della domanda, con disegno di apposite tariffe e con effetti sia nella generazione che sulla distribuzione. Un impianto a pompa di calore invernale, specie se di grande potenza è dimensionato per i carichi prevedibili, con una caldaia di integrazione a gas o gasolio (secondo le tariffe e la disponibilità) per eventi climatici eccezionali o guasti delle apparecchiature. Inoltre si cercherà di sfruttare la massa degli edifici (massa necessaria anche per limitare le temperature estive) per accumulare calore con funzionamento anche nelle ore notturne.

Da questa prima analisi la diffusione della pompa di calore per il riscaldamento invernale risulterebbe avere un effetto positivo sul parco di generazione elettrica, chiedendo solo limitati investimenti per nuovi impianti, perché verrebbe aumentata fortemente la richiesta nelle ore di basso carico.

3.1.3. Interazioni con la rete di distribuzione elettrica

Molto più complessa è l'interazione con la rete di distribuzione elettrica, gli utenti residenziali usualmente hanno un contratto con fornitura limitata a 3,3 kW e consumi globali ai quali corrispondono richieste medie nell'ordine di 0,3 kW, quindi con un diagramma molto irregolare anche se con una certa contemporaneità di richiesta nei condomini legate a certi eventi fissi (ritorno a casa, illuminazione, programmi televisivi, lavapiatti, lavabiancheria ecc). Nei grandi edifici del terziario invece c'è maggiore correlazione fra consumi e potenza contrattuale.

Le esigenze di potenza per un riscaldamento a pompa di calore possono essere schematizzate in prima approssimazione come segue:

- piccole abitazioni, senza caldaia di integrazione, con superfici di $100 \div 120 \text{ m}^2$, richiederanno 5 - 6 kW se la sorgente esterna è l'aria, 4,5 - 5 kW se la sorgente esterna è l'acqua;
- grandi edifici, con caldaia di integrazione, per ogni 100 m^2 , richiederanno 3 kW aggiuntivi se la sorgente esterna è l'aria, solo 2,5 kW se la sorgente esterna è l'acqua.

In entrambi i casi si ha una crescita forte della domanda di potenza di allaccio, un po' più del raddoppio per le abitazioni monofamiliari, mentre per l'energia assorbita su base giornaliera si arriverebbe a moltiplicarla per 6 - 8 volte ipotizzando il funzionamento per 14 - 20 ore giorno.

Su queste basi le reti attuali potrebbero supportare applicazioni sparse in modo casuale, ma non una riconversione di zone cittadine o di grossi edifici; sarebbe necessario installare nuove cabine e rinforzare i cavi lungo le strade con rilevanti costi e con tempi lunghi. L'aspetto più grave di questa domanda di risorse per potenziare la rete di distribuzione elettrica è che sarebbe destinata non a soddisfare nuovi bisogni, ma solo a sostituire il vettore energetico e rendere obsolete le reti gas; questa rete introducendo piastre ad induzione per la cucina, resterebbe inutilizzata. Quindi si avrebbe non una distruzione creativa, ma una pura distruzione dissipativa che rafforzerebbe l'opposizione del mondo del gas alla penetrazione delle pompe di calore.

3.1.4. Confronti ed integrazioni fra rete elettrica e rete gas

L'ottimizzazione delle risorse obbliga a ricercare soluzioni che producano un effetto sinergico fra le innovazioni e la valorizzazione degli investimenti pregressi. Una prima proposta di questo tipo era stata presentata al congresso mondiale del gas a San Diego alla fine degli anni '90. Essa si basava sull'idea che le società del gas potevano usare la propria rete per promuovere l'installazione operando come Esco (Energy Service Company), presso i propri clienti, di micro impianti di cogenerazione. Si realizzava così un potenziamento della capacità della rete elettrica di accettare numerose nuove pompe di calore elettriche nello stesso quartiere, operanti nello stesso tempo, senza dover installare nuovi cavi e nuove cabine. La proposta (della Gasunie) si contestualizzava sull'impiego di un motore Stirling, di potenza 500 ÷ 600 watt elettrici; l'elettricità andava immessa nella rete elettrica, mentre il calore, circa 2000 watt, era previsto fosse ceduto all'abitazione; considerando clima ed abitudini olandesi, case dotate di serbatoio per l'acqua calda, si ipotizzava un esercizio di circa 4000 ore anno.

In Italia, considerando il nostro clima e la mancanza di serbato negli edifici non si potrebbe puntare a più 1500 - 2000 ore di funzionamento all'anno solo invernali, con motori di potenza elettrica attorno a 1200 watt e termica attorno a 4kWt, quindi più elevate della proposta olandese. Tenendo conto delle tariffe del gas più elevate e della defiscalizzazione legata alla cogenerazione il bilancio economico non dovrebbe essere molto diverso. In ogni caso un programma di questo tipo potrebbe prevedere, di poter caricare sulla rete elettrica esistente, una pompa di calore elettrica ogni 3 impianti di micro cogenerazione.

La FIRE ha analizzato un'altra proposta, istituzionalmente meno complessa, basata sull'impiego di pompe di calore mosse non da motori elettrici ma da motori a gas, con il recupero del calore in cogenerazione, ottenendo così dei valori di COP, riferiti al combustibile di ingresso, attorno ad 1,5. A Milano A2A sta realizzando impianti di questo tipo alla taglia di alcuni MWe. Logica vorrebbe che

il comando delle pompe fosse diretto, con albero meccanico, senza passare attraverso il percorso: motore a gas, generatore elettrico, cavi di collegamento, motore elettrico, pompa di calore; l'albero meccanico darebbe tre vantaggi:

- riduzione del costo dell'impianto eliminando l'alternatore ed il motore, sostituiti da un giunto a frizione
- avere un rendimento meccanico più elevato eliminando le perdite delle due macchine elettriche; motori a gas di alcune decine di kW passerebbero dal 20÷30% al 30÷36%;
- variando il numero di giri si avrebbe un rendimento elevato anche a carico parziale.
- Questa soluzione richiede di modificare le procedure degli Uffici di Finanza che vincolano la defiscalizzazione del gas alla lettura dei kWh elettrici; D.lgs.20/07 di recepimento della Direttiva Comunitaria include anche l'energia meccanica nella definizione di cogenerazione. La realtà è stata purtroppo finora molto negativa e l'unico fornitore italiano di pompe di calore a comando meccanico, con componenti di origine giapponese, ha finito per ritirarsi dal mercato.

Se si volesse avere anche la possibilità di generare elettricità per autoconsumo o riversare in rete nelle ore di picco, si dovrebbero costruire sistemi aventi collegamento meccanico fra motore a gas, motore/generatore elettrico asincrono, compressore della pompa di calore; per avere anche le prestazioni di emergenza occorrerebbe un generatore/motore elettrico del tipo sincro più costoso.

3.1.5. Competizione ed integrazione fra cogenerazione distribuita e pompe di calore elettriche alimentate dalla rete

Con la disponibilità attuale di cogeneratori di piccola taglia, limitata a motori a gas e microturbine, con rendimento attorno al 30%, l'utilità della cogenerazione per le applicazioni nel settore civile in particolar modo residenziale, specie per i nuovi edifici con riscaldamento a bassa temperatura viene messa drasticamente in discussione rispetto ad una pompa di calore alimentata da rete che utilizzi acqua di falda.

Considerando infatti che l'elettricità generata dal parco di impianti italiani abbia un'efficienza, per un utente in bassa tensione (vedi cap 1.4) attorno al 43%, mentre il cogeneratore genera netto (tolti gli ausiliari) attorno al 28% di elettricità e 50% di calore; la rete genera circa 15 punti percentuali di più del motore, basta allora un COP medio della pompa di calore attorno a 3,5 - 4, possibile usando acqua di falda, per mettere a disposizione lo stesso calore (anche se a temperatura più bassa) recuperata dalla cogenerazione.

Solo l'arrivo sul mercato di celle a combustibile con garanzia di affidabilità, a prezzi di mercato, potrà ridare alla micro cogenerazione una sua definita maggiore prestazione, altrimenti occorre accoppiare cogenerazione e pompa di calore, come indicato nel paragrafo precedente.

Questa analisi sugli aspetti energetici, del tutto preliminare, indica che si è in un periodo di transizione delle tecnologie e di evoluzione degli schemi istituzionali; le soluzioni di riferimento evolvono con continuità, i parametri da monitorare sono molti e le soluzioni ottimali possono essere diverse fra di loro passando da un contesto geografico o temporale ad un altro.

Altrettanto complessa risulta l'analisi negli aspetti ambientali – sanitari. Per il tema gas ad effetto serra è preferibile sviluppare la cogenerazione vicino agli utenti, riducendo i consumi di fonte primaria; per gli aspetti sanitari può sembrare conveniente invece, specie in un paese spesso poco efficiente come l'Italia, portare la generazione fuori dalla città, mentre invece le logiche dello sviluppo sostenibile portano a scegliere che i bisogni delle città vanno affrontati nelle città, sfruttando tutte le sinergie possibili (ad esempio combustione dei rifiuti non facilmente riciclabili, sia per teleriscaldamento che come attrezzature del territorio) ed imparando a gestire e controllare i processi in modo da ottenere la qualità necessaria per garantire i cittadini. Da qui la scelta europea di far evolvere il sistema attuale delle reti verso un sistema più intelligente o "smart grid".

La soluzione di portare fuori città l'inquinamento legato ai bisogni energetici ed ambientali delle città è ormai datata e produce relazioni di rigetto nella filiera del NIMBY. In ogni caso vanno sviluppati apparecchiature ausiliari e per il motore a ciclo Otto alimentati a gas, per ridurre per via catalitica gli ossidi di azoto, così come sistemi per riduzione delle polveri emesse da motori Stirling alimentati a biomassa.

Anche le normative delle emissioni, basate sulla B.A.T e non sul confronto delle soluzioni, spesso favoriscono, in modo formalmente non previsto, una tecnologia rispetto ad un'altra: andrebbero riviste in maniera più sistemica.

3.2. Tecniche separative

A livello mondiale le tecnologie separative hanno avuto la principale utilizzazione nella desalinizzazione. Successivamente si sono imposte anche applicazioni per la depurazione degli scarichi con recupero dell'acqua o per filtrazione spinta in vari processi produttivi.

In Italia non esistono fabbricanti di membrane, perché non c'è mai stato un mercato rilevante per esse; infatti:

- l'acqua è ancora disponibile in abbondanza; i nostri acquedotti ne perdono una buona parte per rotture e furti; si spreca acqua potabile per usi per cui andrebbe bene acqua grezza di recupero;

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

- la depurazione degli scarichi vede il paese, in grave ritardo; la regione più ricca, la Lombardia, solo da poco tempo ha iniziato a depurare i propri scarichi urbani; molte fabbriche della regione ancora non pagano alcun pedaggio per prelevare acqua dalla falda né per depurarla dopo l'uso.
- i responsabili degli acquedotti non effettuano controlli sulla rete e sugli utenti, così, per garantirsi da epidemie dei cittadini/clienti, distruggono la qualità dell'acqua di sorgente clorandola eccessivamente, creando il più importante mercato mondiale dell'acqua minerale;
- con la legge n. 36/1994, nota come "Legge Galli", che ha affrontato per la prima volta in modo organico l'intero ciclo delle acque, dai prelievi dalle falde, la distribuzione, la depurazione, la separazione delle acque chiare dalle luride, etc, non viene applicata; in molti ATO (Ambiti Territoriali Ottimali, organismi organizzati di gestire il ciclo lungo un'asta fluviale) le azioni intraprese sono spesso tali da sembrare finalizzate a favorire nei cittadini e loro comitati proposte demagogiche sull'acqua vista come un bene "naturale", "pubblico" e a disposizione a "basso costo";
- la burocrazia e le normative sanitarie rendono difficilissimo l'uso plurimo industriale ed agricolo delle acque usate e/o riciclate.

Con queste premesse, dopo la realizzazione dell'impianto di Gela, realizzato da ENI decenni fa a servizio della città con riuso dell'acqua nell'industria, dopo depurazione, non si sono avute altre grandi realizzazioni.

I forti investimenti ENEA non hanno avuto né seguito né risonanza, la stazione di prova di Trisaia non ha clienti in lista di attesa.

Meno problematiche sono quelle applicazioni ove è necessario effettuare una separazione ed una filtrazione, ed allora le membrane possono trovare un'applicazione crescente perché hanno prestazioni globali di maggior interesse, più semplici e meno costose da usare delle tradizionali filtrazioni basate su un deposito o coating filtrante.

Approfondimenti sul tema sono disponibili nel documento "Le tecnologie separative mediante membrana".

4. PROSPETTIVE E SVILUPPO DELLE APPLICAZIONI

Nel valutare la potenzialità di penetrazione delle varie innovazioni occorre basarsi su tre considerazioni:

- il grado di innovazione della tecnologia rispetto a quella tradizionale sostituita, innovazione che ha aspetti sia economici che energetici che prestazionali;
- la dinamica di sviluppo del settore di utenza, riferendosi alla sua crescita sia quantitativa che qualitativa, per valutare sia la potenzialità di penetrazione, che le dimensioni globali degli impieghi potenziali;
- le barriere sia dirette (normative ed economiche) che indirette (disponibilità di competenze, capacità organizzativa, supporti tecnologici) nella fase di adattamento al contesto sociale ed economico.

Queste analisi si basano su valutazioni dirette dalla FIRE sia pur con supporto di inchieste fra esperti e sono quindi soggette a forte rischio di errori. Infatti per il mancato avviamento della sezione di attività sulla ricerca del settore elettrico destinata a coinvolgere le imprese attraverso bandi, non si è ritenuto opportuno estendere fuori dal contesto FIRE e del contesto Enea questa indagine sulle tecnologie, effettuando solamente un'indagine molto generale e molto preliminare all'interno della rete dei tecnici nominati responsabili per l'uso razionale dell'energia e fra i soci della FIRE.

Una verifica dettagliata con le aziende produttrici è necessariamente rinviata a quando anch'esse saranno coinvolte nel programma di ricerca.

4.1. Valutazioni sul grado di innovazione

L'innovazione tecnologica quasi mai è basata sulla diretta sostituzione di un apparato con uno più efficiente, quale può essere ad esempio l'uso di un motore elettrico ad alta efficienza in sostituzione di quelli esistenti. In genere l'impiego di una nuova tecnologia implica anche una modifica del modo di gestione ed un allargamento della piattaforma degli utenti potenziali, consideriamo ad esempio l'impiego di inverter per il comando di una pompa; l'inverter implica una misura on-line della portata, la misura on-line implica una maggiore conoscenza da parte dell'utente-gestore di come sta andando il processo; conseguentemente la sostituzione di un componente è probabile che finisca col produrre il passaggio da un sistema gestito on-off ad un asservimento della portata ad un processo ottimizzato, quindi ad un'innovazione di software e di sistema d'utenza.

Un altro caso esemplare è quello dei LED. Per una prima fase i LED sostituiranno le vecchie lampade allo stesso posto, con le stesse funzioni. È però molto probabile che ad un certo punto arriveranno sul mercato lampadari concepiti apposta per i LED e si svilupperanno dei nuovi modi di illuminazione, con nuovi modi di disporre i punti luce.

In linea generale le innovazioni più rilevanti dal punto di vista tecnologico appaiono quelle che coinvolgono una conoscenza più approfondita dei materiali, siano essi metalli o polimeri.

Ugualmente rilevanti sono quelle tecnologie che agiscono selettivamente su uno specifico aspetto voluto e non in modo indiscriminato su ogni materiale, ad esempio le microonde che scaldano solo l'acqua e non tutto il corpo, o le membrane che hanno un effetto diffusivo/selettivo verso certi tipi di particelle che quindi non filtrano tutto in modo indiscriminato.

Anche a livello delle innovazioni nelle applicazioni si possono trarre valutazioni simili, almeno con riferimento al contesto di prima della crisi della fine del 2008, nella speranza che se ne esca in un anno circa, tutti più seri, rivalutando la manifattura rispetto alla finanza. Certo che se l'economia sarà in recessione per troppo tempo allora vincerebbero gli arroccamenti e le chiusure difensive a riccio, in questo caso tutta la scala delle valutazioni e delle priorità ne verrebbe sconvolta rivalutando le tecnologie più auto consistenti, più autarchiche, meno dipendenti da sinergie trasversali.

Un altro campo di innovazione, che appartiene sia agli aspetti scientifici che a quelli applicativi, è quello legato alla caduta dei prezzi delle catene di strumentazione e dei sensori con l'applicazione diffusa dell'informatica e del calcolo digitale; il processo di miniaturizzazione dimensionale, ed economica ha permesso di automatizzare quasi tutte le elaborazioni dei segnali, ad esempio attraverso il confronto con librerie di dati, così da ridurre moltissimo i tempi delle analisi e delle misure, ridurre le probabilità di errore e richiedere minori qualificazioni del personale.

Certe misure che richiedevano un tempo un laboratorio dedicato, con specialisti a tempo pieno, sono oggi a disposizione di operatori che ricorrono ad essi solo quando ne hanno bisogno, senza lunghi tempi di preparazioni; molte misure che qualche decennio fa erano complesse azioni di laboratori sono oggi diventati strumentazioni on-line di processo.

Si possono allora individuare come applicazioni più innovative sia quelle nelle quali si ha un'integrazione di impieghi on-line di informatica diffusa per il comando e la regolazione dei processi, sia quelle nelle quali si è avuto una drastica diminuzione della scala degli interventi nei quali è possibile utilizzare soluzioni tecnologiche un tempo convenienti solo per grandi impianti.

Basti citare due esempi, il primo riguarda la gestione dell'energia e dell'ambiente negli edifici del terziario, fino alla domotica, il secondo riguarda la gestione degli effluenti dal singolo impianto produttivo o di servizio, con ricicli e recuperi, in alternativa al tradizionale impianto centralizzato gestito come "end of pipe", oggi evoluto in sistemi di gestione integrata tramite il recupero, di

specifiche sostanze di interesse dalle acque, di calore dagli scarichi caldi per il preriscaldamento dell'acqua di ingresso, fino al riciclo dell'acqua almeno per alcune fasi del processo.

Riguardo infine gli aspetti organizzativi occorre valutare se la tecnologia è facilmente a disposizione di tutti gli interessati o se invece, per l'entità dell'investimento minimo, la professionalità delle competenze richieste, la necessità di messa a punto per ogni specifico processo o prodotto mediante una fase preliminare di ricerca e sviluppo, essa sia disponibile solo per grandi imprese o per strutture con personale di competenze specifiche o addirittura solo dell'impresa che ha sviluppato la tecnologia.

La valutazione non può essere astratta dal contesto sociale, sia delle persone che delle imprese, perché possono realizzarsi condizioni che limitano o riducono le barriere all'utilizzo allargato di una certa tecnologia. Due sono tipicamente le soluzioni adottate, nella prima modalità chi ha sviluppato la tecnologia o un'impresa di adeguate capacità può gestire i propri impianti offrendo un servizio per terzi che così non debbono sviluppare investimenti e competenze che sfrutterebbero solo in parte; è questo il caso delle imprese che effettuano riporti superficiali sugli utensili da taglio. La seconda modalità si esplica nella realizzazione di stazioni sperimentali, situate presso laboratori di ricerca settoriali o organizzazioni di categoria, dotate di impianti flessibili e di risorse sia di personale che di analitica di supporto, ove sia possibile effettuare prove sulla funzionalità delle tecnologie per una specifica applicazione. In Italia si segnalano le apparecchiature Enea in Casaccia per l'irraggiamento con sorgenti gamma e per le attività sulle nano tecnologie, gli impianti di Trisaia per la messa a punto di saldature con laser, quelli per l'impiego della CO₂ supercritica, quelle per le membrane per filtrazione e recupero materiali, quello per la liofilizzazione e per i processi fermentativi, infine il laboratorio ENEA di Ispra per la qualificazione delle lampade e alcune tipologie di elettrodomestici.

4.2. Indagine sulla valutazione delle tecnologie innovative fra gli Energy manager nominati nel 2008

Pur nei limiti dovuti al mancato avvio della sezione del programma di Ricerca di Sistema aperta alle imprese, è stata svolta una prima indagine ricognitiva fra gli energy manager nominati nel 2008 ed i soci FIRE, che ha riguardato la valutazione e l'esperienza su quattro tecnologie elettriche innovative. Il questionario è stato somministrato 3000 operatori, le risposte sono state 124, concentrate però fra gli operatori del settore industriale, circa 800 dell'intera popolazione, con una partecipazione specifica attorno al 15%.

Le quattro tecnologie sottoposte ad indagine sono:

- concentrazione e/o separazione con membrane selettive

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

- essiccazione mediante microonde
- trattamento con ozono per il riciclo delle acque industriali
- abbattimento di inquinamento con radiazioni per il riciclaggio delle acque

Queste quattro tecnologie sono state scelte tenendo conto del loro stadio di relativa maturità, di affermata applicazione, almeno in una applicazione specifica, e per le ultime due di un'ampia applicabilità e trasversalità rispetto a più settori.

La prima domanda riguardava il grado di conoscenza e ha dato i seguenti risultati:

	poco	abbastanza	molto
membrane	73	30	6
microonde	94	13	2
ozono	77	32	2
radiazioni	91	19	-

Le risposte contenenti giudizi legati all'esperienza sono state 36, provenienti in larghissima parte da operatori che dichiarano una conoscenza almeno sufficiente, le esperienze esclusivamente negative sono state solo 2 mentre per 9 risposte ci sono state esperienze sia positive che negative; le esperienze esclusivamente positive sono state 26. Le risposte sono così suddivise fra le varie tecnologie:

	esperienze positive	esperienze negative	totale delle esperienze complessive
membrane	22	5	27
microonde	6	4	10
ozono	13	5	18
radiazioni	7	4	11
totale	48	18	66

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

Gli aspetti positivi nella valutazione delle esperienze si sono suddivisi come segue:

	membrane	microonde	ozono	radiazioni	totale delle esperienze complessive
prestazioni di qualità	14	3	8	5	30
gestione più automatizzata	8	4	8	4	24
valorizzazione dei residui	1	2	5	2	10
minori spese per l'energia	6	2	3	3	14
minori spese per l'acqua	6	-	4	5	15
totale	35	11	28	19	93

Mentre aspetti negativi si sono suddivisi come segue:

	membrane	microonde	ozono	radiazioni	totale delle esperienze complessive
normativa	-	1	2	-	3
costi	1	-	2	-	3
progettazione	1	1	2	-	4
gestione	2	2	2	2	8
manca di stazioni di prova	1	2	3	3	9
qualificazione del personale	2	2	2	3	9
totale	7	8	13	8	36

I risultati dell'indagine si prestano ad alcune valutazioni globali: le due tecnologie con maggiore esperienze membrane ed ozono; sono entrambe applicate alla gestione dell'acqua, gestione che comincia ad avere la sua adeguata attenzione, almeno in alcune aree, e che prevedibilmente sarà accoppiata in futuro all'energia, come aree gestionali cui dedicare attenzione per la riduzione dei costi.

Nei parametri valutativi positivi prevalgono le prestazioni di qualità e le possibilità di automazioni di processo, indice che in questa fase di penetrazione di queste tecnologie esse si stanno affermando ove costituiscono una novità prestazionale assoluta, valutata per la sua applicazione principale; è prevedibile che con l'espansione delle applicazioni prenderanno importanza anche la

qualità dei sottoprodotti e la loro valorizzazione, così come le possibilità di sinergia con altri processi all'interno dell'impresa.

Piuttosto rilevante risulta la conoscenza delle tecnologie basate sull'impiego delle radiazioni, indice che oramai, nonostante le difficoltà di immagine, queste tecnologie trovano il loro spazio, sia pure in applicazioni specialistiche.

Le microonde ricevono poche risposte: bisogna però ricordare che i settori tipici di applicazione erano negli anni scorsi il tessile, mentre attualmente sono diventati di interesse il settore alimentare, quello della ristorazione collettiva e quello del legno arredo, tutti i settori con poche aziende di grandi dimensioni e perciò poco rappresentate nella rete degli Energy manager.

Passando alla segnalazione degli aspetti negativi, le risposte danno un quadro tipico della situazione delle nostre industrie, le normative ed i costi non sono una barriera insuperabile se si è convinti dell'utilità dell'iniziativa, mentre emergono i problemi strutturali della nostra situazione tecnologica: manca il posto dove formare il personale, mancano le stazioni di prova ove sperimentare le soluzioni e metterle a punto per la propria esigenza (e dove ci sono, come quelle ENEA di Trisaia, sono messe in un contesto geografico che ne rende difficile la piena valorizzazione). Più sottile è il problema sulla progettazione, da una parte mancano i dati sperimentali su cui basare i progetti, dall'altro c'è una tradizionale diffidenza a pagare le spese di progettazione, la raccolta dei dati di esercizio, l'utilizzo delle stazioni di prova; c'è la tradizione di innovare anche con macchine costose, ma non c'è l'abitudine a spendere nelle noiose attività di monitoraggio e di messa a punto nei relativi laboratori.

4.3. Valutazione FIRE sugli usi innovativi dell'elettricità

Le pagine seguenti contengono una valutazione qualitativa delle tecnologie elettriche innovative individuate sia quanto riguarda il grado di innovazione, che il grado di rilevanza, che le necessità di ricerca o di dimostrazione, che infine le valutazioni di utilità di impiego e di opportunità di ricerca del settore elettrico.

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

	Valutazione delle necessità di impianti dimostrativi e stazioni sperimentali			Valutazione rilevanza barriere istituzionali-normative			Valutazione rilevanza barriere economiche			Valutazione rilevanza necessità impresa leader			Valutazione utilità per nicchie			Valutazione utilità per applicazioni diffuse			Valutazione opportunità di attività di ricerca nel settore elettrico			
	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	
la pompa di calore	x			x				x			x		x				x			x		
la pompa elettromagnetica		x			x				x		x			x				x			x	
le tecniche separative	x				x			x		x				x			x				x	
la cottura a secco delle farine alimentari	x					x			x	x				x			x					x
processi ad alta pressione	x				x		x			x				x				x				x
impieghi della CO2 supercritica	x				x			x			x			x				x				x
taglio a getto d'acqua ad alta pressione		x				x		x				x		x				x				x
liofilizzazione		x				x			x		x			x				x				x
accumulo di frigoriferi	x					x			x	x				x		x				x		
il riscaldamento resistivo ad effetto joule		x				x			x		x				x			x				x
tecnologie di riscaldamento ad induzione		x				x		x		x				x			x				x	
la torcia al plasma	x				x		x				x				x		x					x
l'irraggiamento con particelle ionizzanti	x				x			x			x				x		x					x
tecnologie basate sull'impiego delle radiofrequenze e delle microonde	x				x				x	x					x		x					x
gli ultravioletti		x			x				x	x				x			x					x
l'impiego di infrarosso per riscaldamento radiante			x			x			x		x				x			x				x
campi elettrici pulsati		x				x		x		x					x	x					x	
ricoprimenti superficiali o riporti superficiali	x				x			x		x				x			x					x
LASER	x					x		x			x			x				x				x
la produzione di ozono per trattamento e riciclo di acque di scarico		x			x			x			x			x			x					x
l'elettrolisi dell'acqua			x			x	x					x			x			x				x
LED		x			x			x			x			x			x					x
controllo della trasparenza delle vetrate	x					x		x			x			x				x				x
informatica diffusa			x			x			x		x				x	x						x
apparecchiature portatili			x			x			x		x				x		x					x
nanotecnologie	x				x			x		x				x			x					x

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

	Grado di innovazione scientifica			Grado di innovazione tecnologica			Grado di innovazione applicativa			Grado di rilevanza applicazioni industriali			Grado di rilevanza applicazioni nei servizi			Grado di rilevanza applicazioni residenziali			Grado di conoscenza			Valutazione delle necessità di ricerca		
	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso
la pompa di calore		X			X			X				X	X				X			X			X	
la pompa elettromagnetica			X	X				X			X				X			X		X			X	
le tecniche separative	X			X				X		X				X			X		X		X		X	
la cottura a secco delle farine alimentari		X			X			X			X			X			X			X		X		X
processi ad alta pressione		X			X			X				X	X				X			X		X		X
impieghi della CO2 supercritica		X		X					X		X				X			X		X			X	
taglio a getto d'acqua ad alta pressione			X	X				X			X				X			X			X		X	
liofilizzazione		X			X			X			X				X			X		X			X	
accumulo di frigoriferi		X		X				X		X			X				X			X		X		X
il riscaldamento resistivo ad effetto joule			X			X			X			X			X			X		X				X
tecnologie di riscaldamento ad induzione			X		X			X				X		X			X			X			X	
la torcia al plasma	X				X			X			X				X			X		X		X		X
l'irraggiamento con particelle ionizzanti		X			X			X				X	X				X		X		X		X	
tecnologie basate sull'impiego delle radiofrequenze e delle microonde		X			X			X		X				X			X			X		X		X
gli ultravioletti			X		X			X			X		X				X		X		X		X	
l'impiego di infrarosso per riscaldamento radiante			X		X				X		X				X			X		X			X	
campi elettrici pulsati		X		X				X			X				X			X		X		X		X
ricoprimenti superficiali o riporti superficiali	X				X			X		X				X			X			X		X		X
LASER	X				X			X			X				X			X		X		X		X
la produzione di ozono per trattamento e riciclo di acque di scarico			X		X			X			X		X				X		X		X		X	
l'elettrolisi dell'acqua			X		X			X			X		X				X	X					X	
LED	X				X			X			X		X			X				X		X		X
controllo della trasparenza delle vetrate		X			X			X				X		X			X			X			X	
informatica diffusa		X			X			X				X	X			X					X		X	
apparecchiature portatili		X			X			X				X	X			X					X		X	
nanotecnologie	X				X			X			X			X			X				X	X		

Figura 17: Valutazione qualitativa delle tecnologie elettriche.

5.INDIVIDUAZIONE DEI SETTORI DI MAGGIOR INTERESSE APPLICATIVO

Sulla base delle tendenze di espansione dei consumi di elettricità segnalati ne capitolo 1 e delle previsioni di potenzialità applicativa di cui nel capitolo 3 si valuta che le tecnologie con maggiore interesse di applicazione nei prossimi 15 / 20 anni siano:

- le lampade a LED per l'illuminazione all'interno degli edifici residenziali, industriali e dei servizi;
- le pompe di calore con utilizzo del calore del terreno nel settore residenziale e nel settore dei servizi;
- le tecnologie degli stand-by degli elettronica di consumo fissi e portatili;
- i riporti protettivi superficiali;
- i sistemi per depurazione d'acque industriali per permetterne il riciclo;
- i sistemi ad accumulo di ghiaccio nel settore dei servizi e nelle industrie;
- L'abbattimento delle emissioni di composti organici volatili nell'industria (COV);
- le cucine ad induzione nel settore residenziale.

5.1. Potenzialità dei nuovi sistemi di illuminazione a LED

Si ritiene che questa tecnologia sia quella di maggior interesse applicativo per tre motivi: la rilevanza dei consumi per l'illuminazione, la sostituibilità alle lampade classiche ed infine la ridottissima manutenzione.

I dati di consumo per l'illuminazione, sono stimati globalmente pari a circa 50TWh; questi consumi sono: in parte misurati contrattualmente, circa 6TWh per la sola illuminazione pubblica, in parte provengono da stima, prendendo a riferimento il Piano per l'Efficienza Energetica elaborato da Confindustria 2008, come segue:

stima dei consumi per illuminazione	settore	stima della quota	valore	totale complessivo
	industriale	9%	14TWh	
	terziario	18%	16TWh	
	residenziale	21%	14TWh	
totale		48%	44 TWh	44 TWh
valore misurato	illuminazione stradale	100%	6TWh	6 TWh
totale complessivo				50 TWh

Il dato sull'illuminazione domestica sconta l'effetto della diffusione delle lampade CFL, ma il confronto con il consumo misurato di 5 TWh per i soli contratti di fornitura per i servizi generali degli edifici condominiali (illuminazione degli spazi comuni interni ed esterni, ascensori, autoclavi, pompe e bruciatori degli impianti di riscaldamento) lascia alcuni dubbi.

Il secondo fattore di successo è legato alla possibilità di sostituire le nuove lampade alle vecchie, senza cambiare gli apparecchi di illuminazione; quindi si apre non solo il mercato del nuovo ma anche quello della sostituzione. Tutto questo senza limitare le possibilità che i LED sviluppino appositi sistemi di illuminazione.

La storia della penetrazione delle lampade fluorescenti compatte (CFL), è cominciata lentamente negli anni '90, ritardata sia dalle dimensioni, dal peso e dall'ingombro del tubo illuminante che impedivano la sostituzione in molti lampadari, sia dal ritardo nell'accensione; la penetrazione si è accelerata negli ultimi 5 anni, avendo superato anche se solo parzialmente quest'ultima difficoltà costitutiva (passando dal reattore magnetico al reattore elettronico l'accensione diventa più rapida), grazie ad una potente campagna di marketing che ne ha fatto calare il costo e portato sul mercato diversi prodotti in concorrenza fra loro. Peraltro tutto il design italiano dell'illuminazione residenziale, leader mondiale, non ha ancora accettato le CFL. Le lampade LED, per peso, dimensione e zero inerzia non sembrano avere problemi per la sostituzione alle lampade tradizionali o CFL, una volta dimostrata la loro affidabilità.

Il terzo fattore di successo è legato alla durata di vita più lunga che riduce la frequenza delle sostituzioni e dal fatto che la morte avviene per degradamento lento e non per rottura, con conseguente minor disagio dell'utente; sarà così sufficiente una manutenzione periodica programmata, senza più interventi a chiamata su guasto.

Considerando sia la sostituzione effettiva di tutte le lampade ad incandescenza, sia una forte penetrazione sulla base dei prevedibili sviluppi futuri, nella sostituzione delle CFL, si avrebbe il potenziale di dimezzare i consumi attuali, in una ventina di anni, considerando però che la domanda è e sarà in continua espansione, anche perché l'Italia risulta molto al buio rispetto ad altri paesi della U.E. Si può prevedere la riduzione di $\frac{1}{4}$ dei consumi attuali in un periodo di 10 anni dalla fine della dimostrazione tecnologica, fase nella quale oggi è entrata anche l'Enel attraverso le realizzazioni dimostrative di Enel Sole.

5.2. Le pompe di calore

Questa tecnologia ha due motivazioni del suo potenziale sviluppo, da una parte l'aumento del rendimento del parco elettrico rende efficienti e funzionali le pompe di calore per il riscaldamento a bassa temperatura anche usando il tradizionale prelievo di calore dall'aria esterna, dall'altra il

ricorso all'utilizzo del calore del terreno o delle acque superficiali rendono prestazionali questa tecnologia anche per gli edifici esistenti con il riscaldamento tradizionale.

L'utilizzo del calore del terreno o delle acque superficiali ha due possibili campi di applicazione, da una parte nelle case isolate (sia nuove con le tubazioni di captazione inglobate nelle fondazioni, che nelle più recenti, già progettate per bassi consumi, attraverso pozzi verticali), dall'altro nei sistemi di teleriscaldamento collegati all'uso di acqua di falda o all'uso delle acque superficiali tiepide quali quelle scaricate dai depuratori.

In quest'ultimo caso si tratta di interventi di rilevante entità quantitativa, replicabili in tutte le città lungo i mari e lungo i fiumi; le case costruite nell'ultimo decennio hanno in genere migliore coibentazione e migliori infissi, quindi accettano temperature più basse nei radiatori che gli 80°C tipici del passato. L'innovazione delle pompe di calore farà alzare le temperature di mandata alla rete; il comando delle pompe mediante motori endotermici in cogenerazione migliorerà l'efficienza e permetterà di alzare la temperatura di mandata alle abitazioni.

Sarà però necessaria un'azione di D.S.M (Demand Side Management o Gestione Energetica dal lato della Domanda), sia per sfruttare le sinergie con la rete gas, che per non essere bloccati dal mancato ripotenziamento della rete elettrica. Queste sinergie possono svilupparsi sia attraverso le integrazioni delle reti (vedi cap 3.1.4), sia attraverso interventi manutentivi all'interno delle abitazioni per ridurre le portate ai radiatori ed abbassare le temperature di ritorno.

Un altro punto di forza di questa tecnologia è costituito dal fatto che, in buona parte dell'Italia e specie dove fa più freddo, sono disponibili imprenditori interessati a svilupparla; infatti questi tipi di riscaldamento a rete (sono modulari), possono ridurre la richiesta di grandi scavi e relativo blocco di viali di grande comunicazione. Sono quindi meglio accettati dagli abitanti e costituiscono un campo ottimale per le imprenditorie degli Enti locali, le ex municipalizzate che vogliono continuare a crescere, trovando usi sempre più efficienti per il gas distribuito dalle loro reti ormai pienamente ammortizzate.

Queste aziende negli anni '60 e '70 hanno investito nelle reti per la metanizzazione delle grandi città, poi negli anni '90-2000, anche sulla scia degli interventi di Brescia degli anni '80 hanno cominciato ad investire sulle reti di teleriscaldamento per distribuire calore da cogenerazione (finanziato anche dalla defiscalizzazione del gas) mentre il metano veniva portato capillarmente nelle cittadine e finanche nelle campagne.

Nel prossimo decennio le reti di riscaldamento potranno acquisire un ruolo strategico, non solo tattico fiscale, diversificando le fonti primarie utilizzate così come avviene nell'Europa centrale, ma introducendo nella rete, oltre al calore degli inceneritori/valorizzatori dei rifiuti urbani, anche una quota di calore rinnovabile prelevato dal terreno o dalle acque superficiali, restando sempre legate al territorio e che rimanendo nelle loro attività una garanzia per il mondo politico locale. La storia

Italiana degli ultimi 20 anni ha mostrato il ruolo fondamentale delle imprenditorie locali a controllo pubblico nell'evoluzione dei servizi energetici offerti ai cittadini.

Un obiettivo di penetrazione di queste tecnologie, così come fatto nel programma calore rinnovabile francese con un finanziamento di un miliardo di Euro nel periodo 2009/2012 con previsione di impiego di appartamenti così riscaldati, può essere fissato solo o dal governo o dagli operatori.

5.3. Le tecnologie di stand-by per l'elettronica di consumo e per gli apparecchi portatili

Negli ultimi anni sono giunti allarmi dagli USA sul ruolo giocato dal consumo dei sistemi di stand-by per tutta l'elettronica di consumo domestico; alcune misurazioni, specie su vecchi apparati, hanno rilevato consumi globali fino al 10% di quelli della residenza .

Gli apparati moderni hanno consumi generalmente più ridotti, ma i consumi complessivi sono in continua crescita; spesso poi i vecchi televisori non sono smaltiti, ma passano ad un'altra stanza come i vecchi frigoriferi passano in cantina.

Parallelamente è in crescita il numero degli apparati portatili in genere telefonini ai computer a tutta l'elettronica di intrattenimento, ognuno col suo caricabatteria da gettare a fine vita dell'apparecchio che deve ricaricare.

C'è un continuo contrasto fra la tendenza sulla riduzione dei consumi, dovuta al miglioramento delle tecnologie e dalle direttive della U.E. e l'altrettanto continuo aumento dovuto all'incremento delle funzioni degli apparecchi.

L'importanza di questo settore è prevedibile che sfoci nella realizzazione di sistemi di monitoraggio/informazione agli utenti dei consumi dei vari apparecchi "accesi" nelle case.

5.4. Riporti protettivi superficiali

Si tratta di un' intera gamma di processi, differenti secondo il materiale di base che viene nobilitato e differenti fra loro secondo le funzioni da svolgere.

L'evoluzione riguarderà sia l'efficacia dei vari trattamenti, sia la maggiore sostenibilità ambientale (sostituzione dei processi galvanici), sia infine l'estensione a sempre nuove funzioni su nuovi materiali. Lo sviluppo di nuovi materiali, dai nuovi polimeri a materiali multifasici, riguarderà sempre più sia l'edilizia e tutta l'industria delle costruzioni, sia i materiali per i mezzi di trasporto; sarà

compito dei trattamenti superficiali protettivi rendere questi nuovi materiali compatibili con le prestazioni richieste.

Uguualmente il crescente uso di materiali riciclati, forzatamente sempre più eterogenei richiederà specifici trattamenti protettivi con necessità di finiture superficiali specifiche.

È anche prevedibile una ricaduta sulle tecnologie di finiture superficiali dallo sviluppo delle nanotecnologie, per migliorare la capacità di definire la struttura e le prestazioni delle superfici.

Tutte queste tecnologie si basano sull'utilizzo dell'elettricità sia per la preparazione delle superfici che per la creazione del deposito e riducono i consumi di energia per il minore consumo di materiali vergini ed il maggiore riciclaggio di materiali di recupero.

5.5. Sistemi per depurazione di acque industriali per permetterne il riciclo

Le industrie usano acqua sia per il trasporto di energia, che per il raffreddamento di pezzi, sia per la diluizione di bagni che per lavaggi.

La riduzione dei consumi passa, sia attraverso il riduzione delle quantità richieste per i singoli processi, sia attraverso il riciclo delle acque in alcune o in tutte le varie operazioni.

Le tecnologie disponibili per la rigenerazione dell'acqua, dalle filtrazioni meccaniche, alle tecniche separative con membrane, alla demolizione di sostanze indesiderate con radiazioni o con ozono, fino ai trattamenti biologici con batteri, tutti richiedono consumi di elettricità, ma diminuiscono i consumi di energia per l'emungimento dalle falde e permettono di recuperare calore sia pur a bassa temperatura.

Le tecnologie sono disponibili, sono costose e comportano consumi; soprattutto richiedono una riorganizzazione dei processi e dei servizi dello stabilimento; infatti è del tutto riduttivo ed inutilmente costoso impostare il riciclo delle acque industriali con un intervento finale "end of pipe" nell'insieme delle acque di scarico, tutte mescolate, calde e fredde, pulite e sporche.

Da una parte si richiede un rinforzo delle normative che controlli i prelievi dalla falda, obblighi al rispetto dei limiti di scarico e faccia pagare i costi scaricati nell'ambiente; dall'altra parte solo se l'acqua viene considerata un fluido di processo, come gli altri, e si organizzano gli utilizzi in cascata, si effettuano i trattamenti selettivi nei punti e nei momenti a maggior concentrazione, si possono ottenere i vantaggi sinergici del controllo puntuale del processo, e dei recuperi di energia, di reattivi e di acqua.

Queste tecnologie non possono essere presentate come adatte a salvare un settore con imprese in crisi, in un contesto normativo del tutto carente; esse invece sono il risultato possibile di una evoluzione positiva dell'accoppiata prodotto-processo di qualità, di un settore produttivo che vuole

evolvere in compatibilità ambientale ed in integrazione con il suo territorio e l'insieme delle sue vocazioni produttive di beni e di conoscenze, turistiche ed abitative.

5.6. Sistemi di accumulo di frigoriferie

I sistemi di accumulo di frigoriferie sono degli strumenti attraverso i quali l'utente e il suo progettista cercano di ottimizzare i propri bisogni di energia frigorifera e di potenza elettrica, invece di contare esclusivamente sulla rete pubblica come se questa fosse illimitata e non avesse colli di bottiglia, le cui difficoltà ed i cui costi non potranno che riverberarsi sul consumatore.

L'utilizzo di accumuli di frigoriferie ha due effetti positivi. Il primo effetto positivo è sul diagramma di carico degli impianti di generazione: spostando la domanda dalle ore di picco diurne alle ore notturne di basso carico, si diminuisce la richiesta di nuovi impianti si migliora il consumo specifico del parco esistente, aumentando il fattore di carico degli impianti più efficienti. Il secondo effetto positivo si ha sulla rete elettrica di distribuzione, della quale si riducono le congestioni e la domanda di potenziamento. Entrambi questi benefici sono molto importanti per l'Italia, specie il secondo riguardante la rete, che è piuttosto debole ed il cui rafforzamento graverebbe sia sulle tariffe di distribuzione che sulla congestione del traffico cittadino nella fase dei lavori.

Questi benefici sono ben evidenti se analizzati per le loro conseguenze per l'intero paese. Possono invece essere non così evidenti per le imprese per le quali può apparire conveniente (in un'ottica indubbiamente perdente e di corto raggio) promuovere la richiesta, anche se disordinata, dei potenziali clienti o addirittura cavalcarla per far crescere il proprio ruolo con lo slogan che il sistema elettrico è capace di rispondere a qualsiasi domanda dei consumatori. Da questo punto di vista la separazione tra produttori e distributori, se effettiva e non solo nominale, può rendere più chiari gli effetti delle varie scelte. Le analisi dei DSM negli USA mostrano che, anche per un produttore privato teso a massimizzare il suo utile e quindi il fattore di carico degli impianti esistenti, è suo interesse aiutare i clienti a razionalizzare le loro domande piuttosto che attrezzarsi per rispondere a domande scoordinate di breve durata; al limite è di suo interesse investire nella domanda del cliente piuttosto che nella sua offerta.

Nel parco di generazione elettrico italiano, ove le richieste di picco sono servite dagli impianti idraulici ad accumulo, può essere conveniente generare potenza di picco invece che di base? Entro che limiti? La tariffa oraria riguarda solo la generazione: è opportuno che riguardi anche la distribuzione (ora, a prezzi costanti, le congestioni sulla distribuzione sono pagate da tutti)?

Lo strumento più chiaro di dialogo tra consumatori e sistema elettrico è costituito dalle tariffe, esse debbono dare il giusto messaggio del valore del bene energia e del bene potenza, sia in generazione che in distribuzione. Nel monopolio il costo della potenza era bene evidenziato, poi

con le regole della AEEG, tese a favorire il mercato, il costo della potenza è stato inglobato in larga parte nel costo della fornitura, con le sue variazioni orarie, ben evidenti nella Borsa ma meno nei contratti, quasi di limitato peso per gli utenti domestici. Data l'importanza del tema sarebbe opportuno che la AEEG investisse attenzione su di esso.

5.7. Abbattimento dei COV

L'impiego dei solventi organici, come vettori di pigmenti per vernici, di inchiostri da stampa, per pulizia di pezzi dopo lavorazione, etc. è in continua riduzione da parecchi anni, sia perché sostituiti dal vettore/solvente acqua in molte applicazioni sia perché recuperati in altri casi; in ogni caso le stime dei consumi, in Italia, sono dell'ordine 1,3 milioni di tonnellate per tutti i vari tipi di solventi, per il 2004. L'emissione dei composti organici volativi o COV è dannoso, oltre per il consumo dell'energia richiesta per la loro produzione, perché essi costituiscono la base dello smog fotochimico essendo assorbiti dal pulviscolo atmosferico. La soluzione in alcuni casi passa per il recupero totale mediante condensazione frigorifera, come avviene nella maggior parte delle lavanderie a secco italiane che per prime hanno smesso di emanare cattivi odori impiegando macchine oggi esportate in tutto il mondo. In altri casi come nella verniciatura industriale si sono cambiati i processi sia utilizzando solventi a base acqua che con sistemi ad immersione; in altri casi invece le emissioni sono state ridotte ma non eliminate, tipico il caso degli inchiostri da stampa.

Oggi che le emissioni sono più ridotte, è più difficile eliminarle per combustione, perché la loro concentrazione non è sufficiente per la stabilità della fiamma; occorre aggiungere combustibile e scambiatori rigenerativi perché la combustione arrivi a temperatura almeno attorno ai 350°, sia stabile e si mantenga.

La qualità dell'aria è importante quanto quella dell'acqua; anche in questo caso occorre dosare il giusto mix di normative – controlli - incentivi per la promozione di tecnologie di trattamento quali filtrazione su letti adsorbenti, condensazione, attivazione della combustione con scariche elettriche, e/o con catalizzatori, tutte con consumo di elettricità e con eventuale recupero di calore.

5.8. Cucine ad induzione

La tecnologia delle cucine ad induzione si sta diffondendo, sia nei ristoranti, sia che nel domestico, per le sue intrinseche opportunità, da quelle energetiche a quelle economiche, oltre che alla comodità, specie per chi non ha il gas di rete ma usa le bombole del gpl.

La cottura è più veloce, non si hanno bruciature localizzate, per cui è più facile pulire; migliora l'ambiente nelle cucine, aspetto indispensabile nelle case a basso consumo energetico.

Ci sono tutti gli elementi per una rapida affermazione nel nuovo e una rilevante penetrazione nei ricambi con uno spostamento dal gas metano e dal gpl verso l'elettricità. Il gpl avrà un suo sfogo logico nel mercato della trazione automobilistica.

L'effetto sulla rete di distribuzione elettrica nelle città dovrebbe essere limitato per quanto riguarda la preparazione dei pranzi, situata in un'ora non di massima richiesta (salvo nel periodo estivo) del settore residenziale; la domanda serale invece coincide con un periodo di forte carico domestico e potrà richiedere un aumento della potenza a disposizione nell'appartamento, a meno dell'introduzione di strumenti per la gestione dei carichi; l'effetto sulla rete dovrebbe essere marginale in quanto distribuito su un intervallo di qualche ora.

6. L'ANALISI DEL COSTO DEL CICLO DI VITA (LCCA)

6.1. Premessa

Secondo i dettami del Protocollo di Kyoto, i prossimi decenni dovranno essere caratterizzati da una corsa alla riduzione delle emissioni di gas serra, corsa che dovrebbe portare all'attenuazione dei fenomeni dovuti ad un cambiamento climatico sempre più evidente.

In uno scenario in cui le fonti di energia "pulite" non sono ancora riuscite a raggiungere costi comparabili con quelli dei combustibili fossili, il risparmio energetico, tramite la riduzione dei consumi, si configura come l'unico intervento in grado di garantire vantaggi sia dal punto di vista ambientale (riduzione delle emissioni) che dal punto di vista economico (riduzione dei costi).

Questa sezione ambisce proprio a dimostrare la redditività economica di alcuni interventi di risparmio energetico, in ambito sia industriale che civile, tramite la Life Cycle Cost Analysis (LCCA): questo strumento puramente economico (che sarà illustrato nel dettaglio in questa presentazione) può assumere anche valenza ambientale se applicato a misure di risparmio energetico, soprattutto se utilizzato in parallelo con la LCA (Life Cycle Assessment), tecnica già molto diffusa che permette di analizzare gli impatti ambientali dei vari interventi.

In uno scenario in cui il prezzo dell'energia è destinato a crescere ancora per molti anni, è possibile dimostrare che molti interventi volti alla riduzione dei consumi, a fronte di un investimento iniziale più alto, portano nel medio-lungo termine a risparmi economici anche di notevole entità.

In realtà il concetto è abbastanza intuitivo e facile da verificare, ma si è sempre scontrato con problemi di carattere diverso: un primo ostacolo è l'inerzia mentale di progettisti ed acquirenti che, forti di procedure e pratiche ormai consolidate, hanno difficoltà ad adattarsi alle nuove situazioni, non riuscendo a cogliere le novità offerte dal mercato; un secondo ostacolo è dovuto alla miopia di certi amministratori i quali, spinti dalla necessità di risultati immediati, respingono progetti validi anche dal punto di vista economico, sulla base di restrizioni sui tempi di ritorno che, sebbene dettate da considerazioni finanziarie, risultano eccessive.

Questo discorso è poi ulteriormente complicato dagli assetti aziendali: spesso accade che l'entità che finanzia ed autorizza gli investimenti non sia la stessa che andrà poi a pagare i costi di gestione. Questa separazione a volte è fittizia (come quella che spinge l'ufficio acquisti di un'azienda a scegliere le apparecchiature meno costose, e quindi meno efficienti, perché i risparmi conseguiti non ricadono comunque nel suo bilancio), a volte è reale (si pensi ad esempio alla costruzione degli edifici, in cui sono poi coloro che acquistano gli appartamenti a pagare le bollette).

Questa tecnica sarà quindi utilizzata per la produzione di schede tecnico-economiche per alcune apparecchiature industriali e civili, che permettano agli uffici acquisti delle aziende di calcolare rapidamente gli effettivi vantaggi di un intervento volto al risparmio energetico. In questo modo i suddetti uffici potranno stabilire delle specifiche tecniche con le quali interfacciarsi con i fornitori, stimolando il mercato verso l'offerta di apparecchiature con standard energetici più elevati.

Come già detto, il primo passo deve essere però l'abbattimento degli ostacoli psicologici ed amministrativi che impediscono un approccio razionale al problema; se questi ultimi non saranno rimossi, tutti gli strumenti proposti rimarranno delle speculazioni teoriche su un pezzo di carta.

6.2. Introduzione alla LCCA

La Life Cycle Cost Analysis è uno strumento economico che permette di valutare tutti i costi relativi ad un determinato progetto. Prende infatti in considerazione i costi iniziali (investimenti, acquisizioni, installazioni), i costi futuri (manutenzione, sostituzioni, spese energetiche, oneri finanziari), fino ad arrivare ai costi di smaltimento o di recupero.

Questa tecnica è conosciuta nel settore tecnico-economico, sotto vari nomi: *Life Cycle Cost*, *Whole-Life Cost* o *Total Cost of Ownership*; può essere utilizzata per vari scopi [1]:

- Accettare o rifiutare un determinato progetto (ad esempio decidere se installare o meno un pannello solare termico).
- Scegliere tra più alternative, applicabili sullo stesso sistema, quella economicamente più vantaggiosa (ad esempio selezionare, per un dato edificio, il sistema di riscaldamento: caldaia vs. pompa di calore).
- Specificare il valore ottimale di un progetto che generi il maggior ritorno economico (ad esempio selezionare il valore ottimale di spessore per un isolante termico).
- Classificare vari progetti indipendenti, applicabili su sistemi diversi, quando si ha a disposizione un budget limitato (ad esempio scegliere tra vari progetti di risparmio energetico, relativi a diversi edifici).

Per raggiungere questi scopi è però necessario attualizzare tutti i flussi monetari previsti per il futuro; questo perché un investitore preferirà sempre ricevere un euro oggi che un euro domani, per due ragioni principali: un euro ricevuto oggi può essere investito prima e domani varrà già di più (potenziale di investimento del denaro); un euro ricevuto domani potrebbe avere un potere d'acquisto minore rispetto ad un euro ricevuto oggi, a causa dell'inflazione.

Utilizzando un tasso di sconto fisso [2] si riesce quindi a calcolare il valore che avrebbero oggi le entrate e le uscite future. Sommando i vari contributi anno per anno si ottiene il Life Cycle Cost

vero e proprio. Se si stanno confrontando varie alternative, quella con LCC minore sarà quella economicamente più vantaggiosa.

La LCCA è uno strumento molto versatile, con il quale si possono raggiungere vari gradi di approfondimento, a seconda delle necessità e delle risorse a disposizione. Oltre al Life Cycle Cost, è possibile calcolare altri indici utili alla caratterizzazione economica di un progetto, che saranno analizzati nel dettaglio nel seguito della relazione:

- NS (Net Savings)
- SIR (Savings to Investment)
- AIRR (Adjusted Internal Rate of Return)
- DPB (Discounted Payback)

Aumentando ancora la complessità (e conseguentemente le risorse necessarie) è possibile minimizzare i rischi relativi alle varie fonti di incertezza nelle stime, mediante l'utilizzo di tecniche sia deterministiche (analisi di sensibilità, calcolo del breakeven, ecc.) che probabilistiche (generazione di vari scenari, a ciascuno dei quali assegnare una probabilità).

6.2.1. Attualizzazione dei tassi di sconto

Per attualizzare i flussi monetari futuri si utilizzano delle formule economiche relativamente semplici:

$$VA = \frac{F_t}{(1+d)^t}$$

VA: valore attuale.

F_t : flusso di cassa futuro.

d: tasso di sconto.

t: numero di anni tra il momento in cui si manifesterà il flusso di cassa ed il momento in cui è redatta l'analisi.

Molto più complesso è il discorso sul tasso di sconto: un investitore impegnerà il suo denaro in un progetto solo se questo gli garantisce guadagni maggiori rispetto ad un investimento economicamente più sicuro. Per questo si prende solitamente come riferimento il tasso d'interesse reale degli investimenti alternativi disponibili al momento dell'analisi. Bisognerà poi scegliere se svolgere l'analisi in moneta costante o in moneta corrente:

-
- Moneta corrente; si tiene conto anche dell'inflazione, i costi aumenteranno nel tempo e dovranno essere scontati con un tasso nominale D .
 - Moneta costante; non si tiene conto dell'inflazione, i costi rimangono fissi nel tempo (a meno che non aumentino con un tasso maggiore dell'inflazione) e dovranno essere scontati con un tasso reale d (in prima approssimazione D meno l'inflazione I).

Nella LCCA si preferisce utilizzare la moneta costante, calcolando eventualmente un tasso di crescita reale e , da applicare a quei costi relativi a beni o servizi i cui prezzi salgono con un tasso diverso dall'inflazione. E' importante notare che i due metodi porterebbero comunque agli stessi risultati.

A secondo dell'investitore si sceglierà quindi un diverso tasso di sconto (è essenziale che sia lo stesso per tutte le alternative in esame), relativo alle opportunità di investimento dell'investitore stesso. Noto il tasso di sconto si procederà con le formule già viste. Per un singolo flusso di cassa corrisposto in un dato anno t :

$$VA = F_t \times \frac{1}{(1+d)^t}$$

Per un flusso di cassa che ricorre anno per anno, rimanendo invariato:

$$VA = A_0 \times \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+d)^t} = A_0 \times \frac{(1+d)^n - 1}{d \cdot (1+d)^n}$$

Per un flusso di cassa che ricorre anno per anno, aumentando ad un tasso di crescita reale e :

$$VA = A_0 \times \sum_{t=1}^n \left(\frac{1+e}{1+d} \right)^t = A_0 \times \frac{(1+e)}{(d-e)} \left[1 - \left(\frac{1+e}{1+d} \right)^n \right]$$

6.2.2. Periodo di studio

Nella LCCA il periodo di studio è il periodo durante il quale le entrate e le uscite, relative ad un determinato progetto, sono d'interesse per l'investitore. L'inizio del periodo di studio è la data base,

rispetto alla quale si scontano tutti i flussi di cassa; solitamente si sceglie la data in cui ha inizio l'analisi.

Compreso nel periodo di studio c'è il periodo di progettazione/costruzione, alla fine del quale ha inizio il periodo di servizio vero e proprio. Questo può avere durata variabile, ma è bene che non superi i 25 anni [1]; solitamente si sceglie questo periodo in base alla vita del componente delle alternative con vita media più lunga.

Se una delle alternative richiedesse sostituzioni di un componente durante il servizio, sarà necessario valutarne poi il valore residuo. Tutte le alternative analizzate dovranno essere sviluppate sullo stesso periodo di studio.

6.2.3. Calcolo del LCC e degli altri indici

Prima di illustrare e sviluppare le formule viste sopra, bisogna spendere due parole su quella che è probabilmente la fase più importante e più dispendiosa della LCCA: la raccolta dei dati. Infatti l'analisi è svolta nelle primissime fasi di un progetto ed è molto difficile prevedere con esattezza tutti i costi futuri. Aiuta, in questo senso, l'utilizzo della tecnica a moneta costante; infatti la sostituzione di un elemento del sistema sarà contabilizzata allo stesso prezzo che ha al momento dell'analisi. Se non si conoscono poi alcuni costi (come ad esempio quelli relativi alla manutenzione di un certo elemento), essi potranno essere stimati consultando la letteratura specifica e attraverso lo studio di casi simili.

Molto più complesso è invece il discorso sui costi legati ai consumi di energia; essi contengono infatti una doppia incertezza: una legata alla quantità di energia richiesta durante il periodo di studio, un'altra legata al prezzo dell'energia e al suo tasso di crescita reale. Inoltre si potrebbe essere in presenza di tariffe regolate da fasce orarie, con la necessità di effettuare ulteriori stime.

Per quanto riguarda il valore residuo degli elementi si può ipotizzare una perdita lineare di valore degli stessi, a partire dalla loro installazione fino alla fine della loro vita media. Se per esempio installo un elemento con vita media di 15 anni, dopo 5 anni avrà un valore che è 2/3 di quello iniziale [(15-5)/15].

Stimati tutti i flussi di cassa all'interno del periodo di studio si può passare al calcolo dei vari indici, secondo le seguenti formule:

$$LCC = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+d)^t}$$

LCC: Life Cycle Cost.

C_t : flusso di cassa all'anno t .

N : numero di anni nel periodo di studio.

d : tasso di sconto.

Un altro modo di stimare il LCC è dividere le varie componenti in diverse tipologie:

$$LCC = I + R_{ep}l - R_{es} + E + OM \& R$$

LCC: Life Cycle Cost.

I : valore attuale degli investimenti iniziali.

R_{ep} : valore attuale dei costi di sostituzione.

R_{es} : valore attuale del valore residuo.

E : valore attuale delle spese energetiche.

$OM\&R$: valore attuale dei costi operativi, di manutenzione e di riparazione.

Come già detto il calcolo del Life Cycle Cost permette di confrontare più alternative con un caso base che consiste nel non intervenire (do-nothing alternative). L'alternativa con LCC minore sarà quella che porterà i maggiori vantaggi economici.

Strettamente legato ai costi del ciclo di vita, l'indice NS (Net Savings) permette di confrontare il LCC di un'alternativa con quello del caso base:

$$NS = LCC_{casobase} - LCC_{alternativa} = \sum_{t=0}^N \frac{S_t}{(1+d)^t} - \sum_{t=0}^N \frac{\Delta I_t}{(1+d)^t}$$

NS: Net Savings di un'alternativa rispetto al caso base.

S_t : risparmi conseguiti durante l'anno t .

ΔI_t : costi d'investimento aggiuntivi associati all'alternativa.

t : anno di occorrenza.

d : tasso di sconto.

N : numero di anni nel periodo di studio.

Ovviamente l'alternativa migliore sarà quella con NS più alto, ossia quella che garantisce più risparmi totali durante l'intero ciclo di vita.

Un altro parametro previsto dalla LCCA è il SIR (Savings to Investment) che, per una data alternativa, misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti:

$$SIR = \frac{\sum_{t=0}^N S_t / (1+d)^t}{\sum_{t=0}^N \Delta I_t / (1+d)^t}$$

- SIR: Savings to Investment di un'alternativa
- S_t: risparmi conseguiti durante l'anno t.
- ΔI_t: costi d'investimento aggiuntivi associati all'alternativa.
- t: anno di occorrenza.
- d: tasso di sconto.
- N: numero di anni nel periodo di studio.

Un'alternativa valida dal punto di vista economico ha un SIR maggiore di 1 (il che equivale a dire un NS maggiore di 0). Il valore assunto dal SIR rappresenta quanti euro vengono generati per ogni euro investito inizialmente.

L'AIIR (Adjusted Internal Rate of Return) misura invece il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua:

$$AIIR = (1+d) \times \sqrt[N]{SIR} - 1$$

- AIIR: Adjusted Internal Rate of Return di un'alternativa.
- d: tasso di sconto.
- SIR: Savings to Investment.
- N: numero di anni nel periodo di studio.

Un'alternativa valida dal punto di vista economico ha un AIIR maggiore del tasso di sconto utilizzato nell'analisi (che abbiamo visto non essere altro che il minimo tasso di ritorno accettabile dall'investitore).

Senza calcoli ulteriori, si può anche ricavare il DPB (Discounted Payback) di un investimento; questo è un parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno. Una sua espressione matematica (non direttamente utilizzabile) è:

$$\sum_{t=1}^y \frac{(S_t - \Delta I_t)}{(1+d)^t} \geq \Delta I_0$$

- y: Discounted Payback di un'alternativa.
S_t: risparmi conseguiti durante l'anno t.
ΔI₀: costi d'investimento iniziali associati all'alternativa.
ΔI_t: costi d'investimento aggiuntivi, altri rispetto agli iniziali, associati all'alternativa.
t: anno di occorrenza.
d: tasso di sconto.

Per giudicare dal punto di vista economico un'alternativa utilizzando il DPB, bisogna confrontare quest'ultimo con il tempo di ritorno ritenuto ammissibile dall'azienda che ha commissionato l'analisi, tenuto conto delle sue dinamiche finanziarie.

6.2.4. Trattamento dell'incertezza

La Life Cycle Cost Analysis non si conclude con il calcolo degli indici, soprattutto se si stanno analizzando interventi volti al risparmio energetico: infatti questi ultimi possono avere tempi di ritorno piuttosto lunghi, e difficilmente si riuscirà a stimare con esattezza tutti i costi (si pensi solo alla estrema difficoltà di prevedere l'andamento dei costi energetici); ciò provocherà un certo grado di incertezza.

In letteratura ci sono molti manuali che permettono di studiare l'incertezza, minimizzando le possibilità di errore. In questa sede saranno presentate due tecniche molto utilizzate nella LCCA, che non richiedono ulteriori risorse per il loro svolgimento: l'analisi di sensibilità ed il calcolo del breakeven.

L'analisi di sensibilità consiste nel far variare i parametri critici di un progetto in un certo intervallo, stabilito a seconda del possibile comportamento del parametro, e nello studiare come variano conseguentemente gli indici. I parametri critici possono essere individuati nel seguente modo: faccio variare tutti i parametri, uno alla volta, di una certa percentuale fissa (ad esempio del 10%) e vedo quale parametro comporta una variazione percentuale significativa nel LCC. Ad esempio si riscontrerà spesso una forte dipendenza del Life Cycle Cost rispetto al costo dell'energia elettrica; con un'analisi di sensibilità si può vedere se l'investimento continua ad essere vantaggioso al variare di questo parametro all'interno di un intervallo ritenuto ammissibile.

Con questa tecnica si possono anche analizzare degli scenari, facendo variare una combinazione di parametri; in questo caso bisogna stare attenti che lo scenario non sia né troppo ottimista né troppo pessimista, per evitare di ottenere risultati fuorvianti.

Il breakeven (in italiano “punto di pareggio”) non è altro che un’analisi di sensibilità spinta ai suoi estremi; il breakeven è il valore assunto da un determinato parametro che rende i risparmi conseguiti uguali agli investimenti extra. Un investitore può quindi sapere di quanto può variare un dato di input affinché il progetto sia ancora vantaggioso sotto l’aspetto economico, e regolarsi di conseguenza. Ovviamente più è lontano il breakeven dal valore attuale del parametro, più l’investitore potrà stare tranquillo.

6.2.5. LCC e LCA

La valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment) è una tecnica indirizzata all’analisi dei potenziali impatti ambientali di un progetto, che prende in considerazione gli input e gli output di ogni fase del ciclo di vita, dalla culla alla tomba.

La tecnica è composta da molti step, tra i quali il Life Cycle Inventory (LCI, in cui il ciclo di vita è suddiviso in diversi stadi, per ognuno dei quali si identificano gli input ed output rilevanti dal punto di vista ambientale) e il Life Cycle Impact Assessment (LCIA, nel quale i vari apporti vengono suddivisi in categorie d’impatto e ad ogni stadio è assegnato un indicatore di categoria). La ISO ha prodotto degli standard che regolamentano le varie fasi della LCA (in particolare ISO14040 e ISO14044).

Sebbene la LCA e la LCCA siano praticate separatamente, e non esistano standard per il loro utilizzo congiunto, sono molti i tratti comuni e i parallelismi tra le due tecniche [3]:

- Entrambe servono a valutare gli impatti, sul lungo periodo, delle decisioni.
- Utilizzano dati di input simili, soprattutto per quanto riguarda energia e materiali.
- Entrambe prendono in considerazione lo smaltimento e le possibilità di riciclaggio.
- Entrambe mettono a disposizione una base per una decisione più razionale.

Le due tecniche differiscono però nel loro obiettivo: la LCCA combina tutti i costi per permettere di analizzare un investimento dal punto di vista economico-finanziario; la LCA combina tutti i potenziali impatti per permettere di analizzare un progetto dal punto di vista ambientale e sociale.

Si cerca oggi di fondere le due tecniche, soprattutto stimando i costi ambientali di alcune forme di inquinamento, introducendo così la variabile economica all’interno della LCCA.

Visto che le due tecniche utilizzano molti dati in comune, è conveniente svolgerle entrambe, mettendo a disposizione del decision-maker più di un livello di analisi. Ovviamente a seconda delle priorità del committente si potrà scegliere una gerarchia nello studio.

6.2.6. Storia e normativa

E' difficile stabilire una data a cui far risalire la "scoperta" della Life Cycle Cost Analysis; quello che è sicuro è che essa sia nata per eseguire studi nel settore edilizio: già negli anni '30 si comprese che l'entità dei costi di gestione di un edificio dipendeva in gran parte dalla fase di progettazione e costruzione dell'edificio stesso [4]. Apparve quindi chiaro che non si poteva scegliere tra diverse alternative sulla base del solo costo iniziale, ma si doveva svolgere un'analisi più dettagliata, che tenesse conto anche dei costi futuri. In questa fase vennero conati vari nomi per indicare tecniche che, senza avere una base standardizzata, avevano tutte la stessa finalità: *Life Cycle Costing*, *Cost-in-use*, *Total Cost of Ownership* e *Whole Life Cost*.

La prima ricerca approfondita sull'argomento venne svolta dal *Building Research Establishment* nel 1960, seguita da un altro studio commissionato dal *British Standards Institution*; negli anni successivi si moltiplicarono ricerche ed articoli scientifici sull'argomento, sia negli Stati Uniti che in Europa (principalmente nel Regno Unito).

Mentre alcuni Paesi iniziavano a creare degli standard e della legislazione sulla LCCA, per arrivare ad una metodologia condivisa, questa tecnica varcò i confini del settore edilizio: iniziò infatti ad essere utilizzata nello studio di varie apparecchiature meccaniche (pompe, compressori, motori elettrici), spinta anche dalla nascita del Life Cycle Assessment. Oggi la LCCA è alla base di molte schede tecniche redatte dall'Energy Star, ed è utilizzata per dimostrare la redditività economica di progetti volti al risparmio energetico. La "consacrazione" della LCCA è arrivata nel 2008, con la pubblicazione da parte dell'ISO (*International Organization for Standardization*) di una norma specifica per il settore edilizio, la 15686-5.

Per quanto riguarda l'ambito legislativo, soltanto alcuni Paesi si sono dotati di legislazioni che regolamentano l'uso della Life Cycle Cost Analysis, rendendolo anche obbligatorio per alcuni interventi specifici.

Gli Stati Uniti hanno prodotto una gran mole di documenti sul tema, di origine sia pubblica che privata. Molti enti, statali e federali, hanno pubblicato manuali sulla LCCA nel settore edilizio: l'esempio più importante è quello del DOE (*Department of Energy*), che ha dato vita al *Federal Energy Management Program*, programma in cui è presente l'obbligo di utilizzare la LCCA per tutti

gli interventi su edifici federali; in quest'ambito è stato anche redatto un manuale, il *Life-Cycle Costing Manual (Nist Handbook 135)*, ed una serie di software che implementano questa tecnica.

Molti altri enti hanno pubblicato manuali e ricerche: tra i più importanti citiamo quelli del WBDG (*Whole Building Design Guide*) e la serie di standard prodotti dall'ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

Al di fuori del settore edilizio la LCCA è stata utilizzata nella creazione di fogli di lavoro per la scelta di molti elettrodomestici, da parte sia dell'Energy Star che dell'EERE (*Energy Efficiency and Renewable Energy Department*).

In Canada non c'è nessun documento legislativo che regolamenti l'uso della LCCA, ma l'Office of Energy Efficiency (OEE) ha basato molti suoi studi riguardanti prodotti eco-sostenibili su questa metodologia. Inoltre il governo canadese ha prodotto un potente strumento di calcolo, il quale consente di svolgere un'analisi economica semplificata di progetti riguardanti le fonti rinnovabili ed il risparmio energetico. RETSCREEN (questo il nome del programma), anche se non dichiaratamente, utilizza un algoritmo di calcolo che sfrutta i principi alla base della LCCA.

In Europa la Life Cycle Cost Analysis è meno utilizzata e non esiste alcuna direttiva (né nessuna legge nazionale) che ne regolamenti l'uso. Nonostante ciò la Comunità Europea ha prodotto molti documenti sul tema, soprattutto nell'ambito del *Green Public Procurement*: questo programma mira a sostenere l'acquisto di beni e servizi a basso impatto ambientale, da parte degli enti pubblici; nel 2007 è stato commissionato uno studio sullo stato dell'arte della LCCA [3], per poi stabilire una metodologia condivisa in tutti gli Stati dell'Unione.

Sempre in ambito edilizio, è stato costituito un Task Group (TG4: *Construction Life Cycle Costing*) che ha il compito di disegnare le linee guida per una progettazione sostenibile degli edifici.

L'Inghilterra, come già detto, è il Paese europeo che meglio ha saputo utilizzare la Life Cycle Cost Analysis, soprattutto nell'ambito delle PPP (*Public Private Partnership*): questi contratti prevedono una stretta collaborazione tra settore pubblico e privato, nella realizzazione e gestione di edifici per la pubblica amministrazione ma non solo; per selezionare le aziende a cui dare gli appalti, si utilizza proprio la LCCA.

In questo ambito il BCIS (*Building Cost Information Service*) pubblicò, tra il 1969 e il 1987, due versioni degli *Standard Form of Cost Analysis*; in seguito anche l'*Office of Government Commerce* ha prodotto una guida sul tema (*Procurement Guide 7*, 2003).

Anche in Francia sono molto utilizzate le partnership tra pubblico e privato, ed anche in questo caso è utilizzata la LCCA, anche se una eccessiva frammentazione dei ruoli ne ha precluso un sviluppo omogeneo. Il MIQCP (*Mission Interministérielle pour la Qualité des Constructions Publiques*) promuove, nelle sue pubblicazioni, l'utilizzo della Life Cycle Cost Analysis.

La Svezia, oltre ad utilizzare la LCCA nella gestione degli appalti edilizi, utilizza questa tecnica anche in ambito industriale: lo STEM, l'agenzia per l'energia svedese, ha avviato il PFE

(*Programme for Energy Efficiency*) che impone l'utilizzo della Life Cycle Cost Analysis per tutti i progetti di risparmio energetico; inoltre sono presenti documenti informativi su apparecchiature industriali, analizzate mediante la LCCA.

Anche la Norvegia è un Paese all'avanguardia nel campo della LCCA: sono stati infatti redatti una serie di standard, gli NS5434, che hanno regolamentato la tecnica del Life Cycle Cost nel settore degli appalti pubblici. Sulla base di questi standard, il Norway's Directorate of Public Construction and Property richiede che venga utilizzata la LCCA nei primi stadi dei progetti; quest'ente fornisce anche un foglio di calcolo (LC Profit), per l'analisi economica dei progetti edilizi, ed una serie di guide e manuali.

La Life Cycle Cost Analysis è utilizzata anche in Germania, Olanda, Spagna, Grecia e Repubblica Ceca, ma in modo sporadico e senza una metodologia condivisa. In Italia non esiste nessun documento, normativa o standard sulla LCCA, ad esclusione di qualche pagina web di enti specializzati.

Sempre in tema di normativa va infine ricordato che la EN 16001 di prossima uscita dedicata ai sistemi di gestione dell'energia, nell'appendice informativa, consiglia espressamente l'applicazione della LCCA.

Da quanto finora detto appare chiaro che, soprattutto in Europa, l'utilizzo della LCCA è ristretto al settore degli appalti pubblici. Ma come già detto le potenzialità di questo strumento lasciano un grande margine di sviluppo.

6.3. INDAGINE SU LCCA E ANALISI DEL COSTO DEL CICLO DI VITA

Il questionario è stato inviato a una selezione di nominati responsabili per l'uso razionale dell'energia, in assenza dei dati necessari per inviare a tutti il questionario, la selezione ha riguardato 1690 unità su 2500.

Le risposte ricavate in un periodo di due mesi sono state 124: è presumibile che, al di là degli impegni di tempo, abbiano risposto le persone più interessate, quindi il risultato dell'indagine non sarà tanto sulla sensibilità del settore degli energy manager ai temi del LCCA, quanto sul modo in cui le imprese più sensibili al tema si comportano nell'applicare questo metodo.

La prima domanda riguardava la rilevanza data al LCCA al momento dell'acquisto di componenti. Dall'analisi dei dati ottenuti emerge che circa il 31% degli operatori tiene sempre conto dei costi di esercizio. Se a questa percentuale si accorpa il risultato, comunque positivo, di coloro che hanno risposto "spesso", allora si raggiunge il 76% del totale (**Errore. L'origine riferimento non è stata**

rovata.). Tuttavia le percentuali si abbassano quando si richiede l'esistenza di una procedura standardizzata ben precisa, come vedremo in seguito.

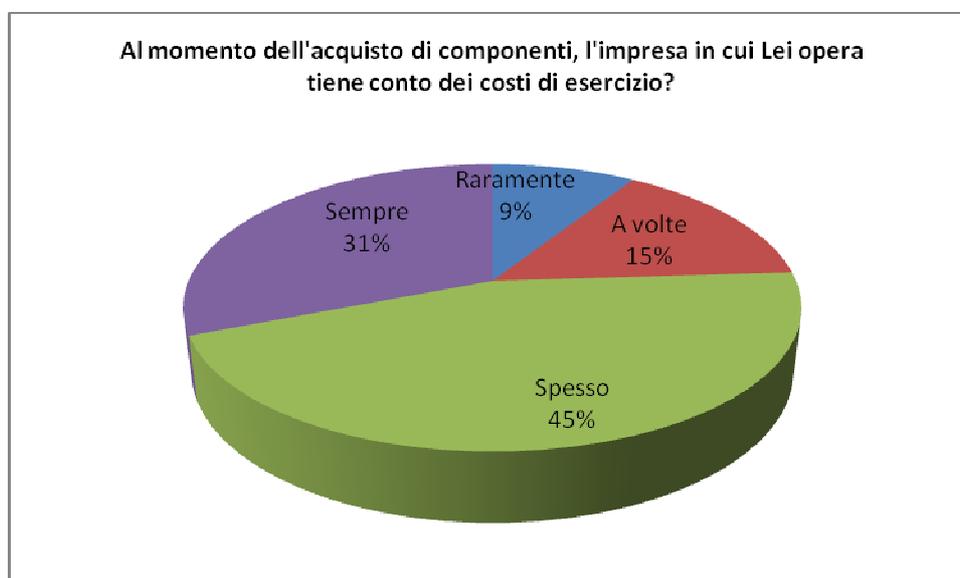


Figura 18: Rilevanza costi di esercizio

La seconda domanda riguardava i criteri usati nell'impiego per la scelta dei componenti, con risposte che pur nelle loro diversità possono essere concettualmente divise in tre grandi gruppi ordinati per maggior numero di frequenze assolute: "qualità prezzo"; "affidabilità"; "prezzo".

Le risposte a questa domanda sono state messe a confronto con quelle fornite dalla prima ed effettivamente emerge una soddisfacente correlazione tra l'idea di affidabilità o di rapporto qualità/prezzo di un prodotto da acquistare e l'attenzione ai costi di esercizio, al contrario, coloro che non sono interessati e non utilizzano l' LCCA pongono il prezzo come primo criterio di scelta dei prodotti.

La terza domanda riguardava invece l'esistenza e l'utilizzo di una procedura per scegliere prodotti efficienti anche se più costosi. Le opzioni di risposta non erano tali da fornire risposte esaustive e univoche, di conseguenza si sono verificati molti casi di risposta multipla. Per chiarezza divideremo con due diversi grafici l'esplicazione dei risultati ottenuti secondo due interpretazioni: la prima (Figura 19) indicherà parzialmente la frequenza di scelta di una sola opzione di quelle presentate, cioè chi ha scelto solo una risposta, con la seconda intendiamo mostrare la frequenza di scelta di ciascuna opzione nella totalità dei casi, tenendo conto anche di chi ha dato risposte multiple. (Figura 20).

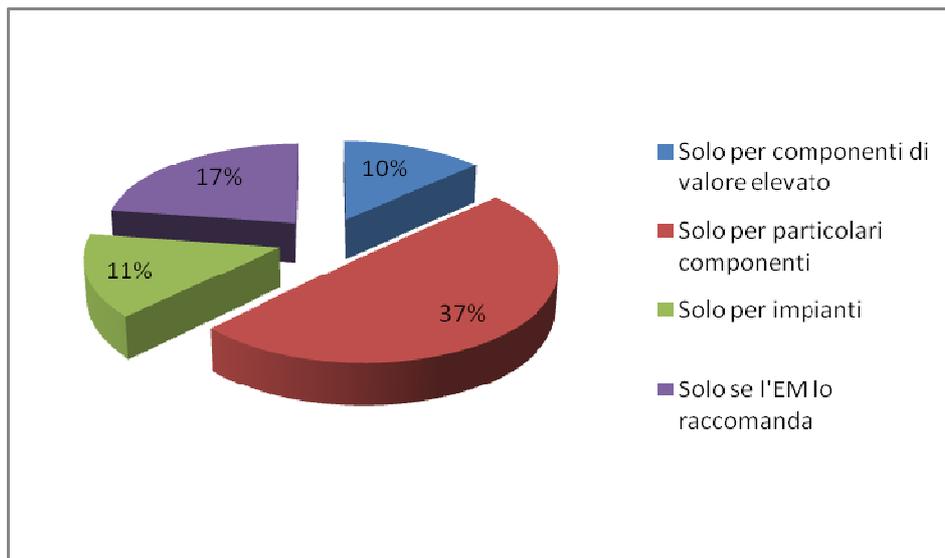


Figura 19: Applicazione della procedura per l'acquisto di un componente più efficiente: scelte univoche in percentuale

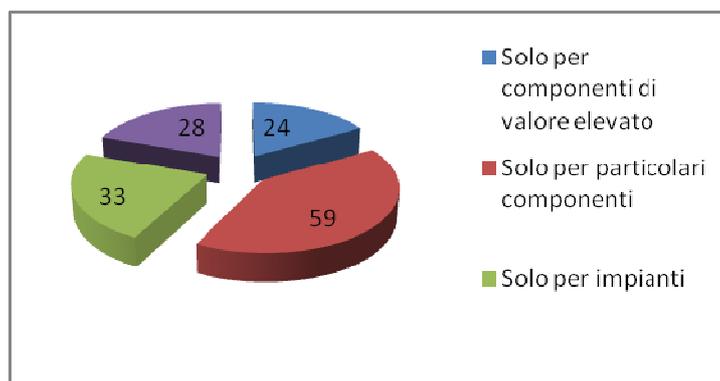


Figura 20: Applicazione della procedura per l'acquisto di un componente più efficiente: scelte totali in frequenze assolute

La scelta di più risposte a questa domanda da parte degli utenti fornisce dati sul numero di strutture che mettono in pratica procedure di selezione anche nei casi di spesa più contenuta, quindi come prassi standardizzata.

Naturalmente, andando a verificare il settore in cui questi utenti operano, appare subito evidente che si tratta di grandi aziende o multinazionali, ovvero realtà nelle quali le procedure amministrative sono forzatamente e fortemente definite.

Di seguito (Figura 21) viene illustrato uno schema che riassume il numero di operatori che hanno scelto più di una opzione, specificando il contenuto delle risposte associate.

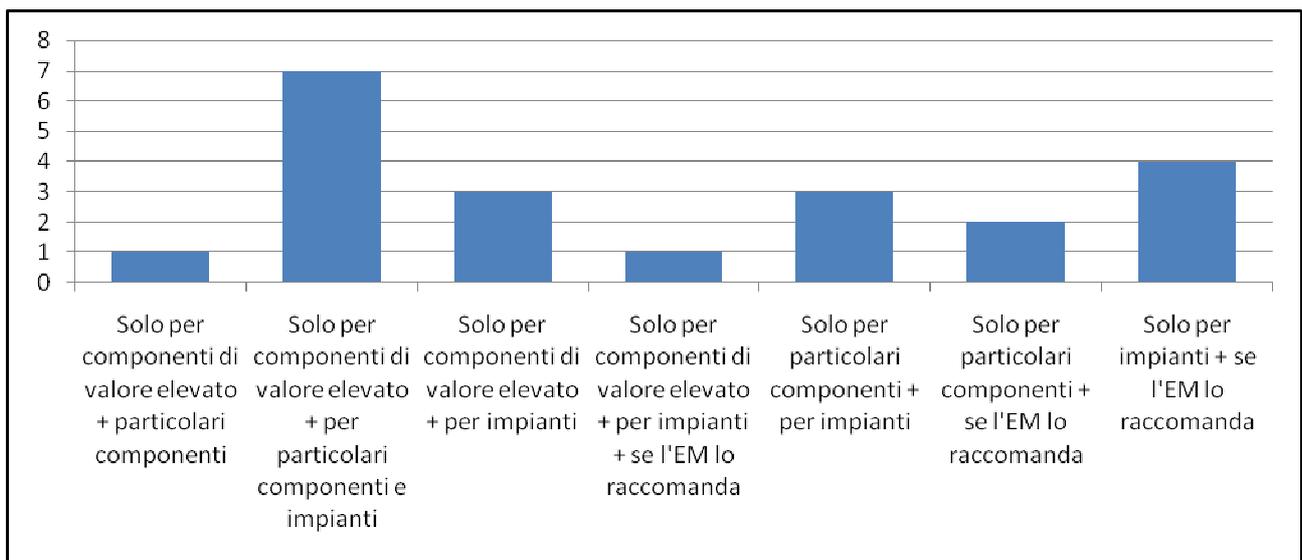
Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

Figura 21: Applicazione della procedura per l'acquisto di un componente più efficiente: dati associati

Il dato comune che si presenta in tutti i grafici è la preponderanza della scelta di attuazione della procedura nel caso di acquisto di componenti particolari, le imprese quindi fanno ricorso alle analisi LCCA solo nel caso di spese elevate.

La quarta domanda riguardava invece l'esistenza nell'impresa di una metodo, per l'acquisto di ricambi, finalizzato alla selezione di prodotti ad alta efficienza (per stimolare le risposte si è indicato fra parentesi la tipologia del motore elettrico, certamente componente di ricambio di una macchina, ma anche oggetto di una sua propria rilevanza).

Le risposte si sono così suddivise: circa la metà degli operatori dichiara di non fare ricorso al LCCA per i ricambi, risposte negative al 48%.

Le risposte positive si dividono tra il 27% di strutture ove la procedura standard viene applicata e un 21% circa di imprese ove deve essere il responsabile per l'uso razionale dell'energia a far cadere la sua attenzione ed il suo peso decisionale sulla procedura scelta (Figura 22)

In questo caso sono state notate alcune incoerenze tra coloro che, pur avendo dato una risposta positiva nella domanda numero 1 riferita all'attenzione ai costi di esercizio, tra le opzioni di quest'ultima domanda, di argomento simile, hanno scelto una risposta negativa. In altri termini, alcuni operatori, pur avendo affermato di tenere sempre o spesso in buon conto i costi di esercizio, al momento di specificare la presenza o meno di una procedura standardizzata per questa operazione rispondono negativamente. Come dichiarato dagli operatori sollecitati a chiarire tale incongruenza, in assenza di un metodo programmatico e strutturato essi si affidano all'esperienza oppure a prassi consolidate che permettano di fare la scelta più conveniente al momento e secondo determinate esigenze economiche. Inoltre la dimensione di certe aziende scoraggia l'uso di tali procedure considerandole presumibilmente ridondanti rispetto alle reali necessità.

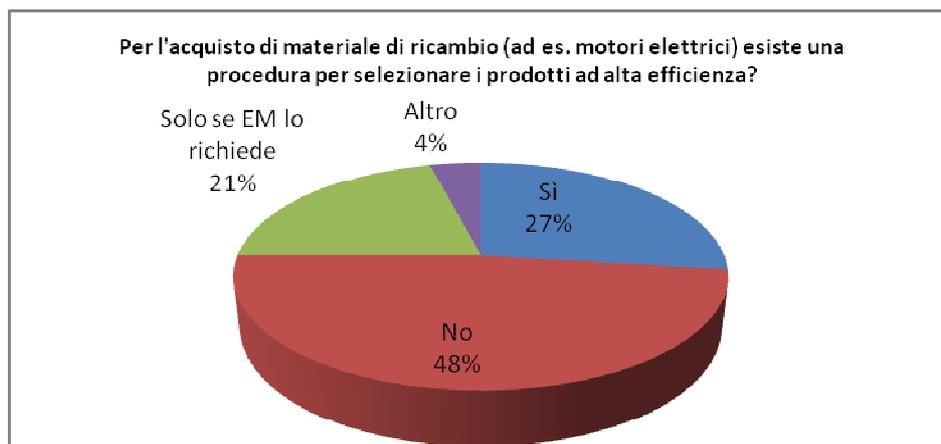


Figura 22: Procedure di selezione dei prodotti.

La quinta domanda intendeva verificare l'utilizzo o meno della detrazione fiscale del 20% per l'acquisto di motori elettrici ad alta efficienza, inverte e comandi a velocità variabile.

Risultano (Figura 23) esigui (10%) i casi in cui è stata sfruttata questa opportunità, mentre quasi la metà dei compilatori risponde di non averne usufruito ma di volerlo fare in futuro.

Per il 26% circa gli operatori dichiarano di non aver sfruttato l'incentivo e di non volerlo fare neanche in futuro .

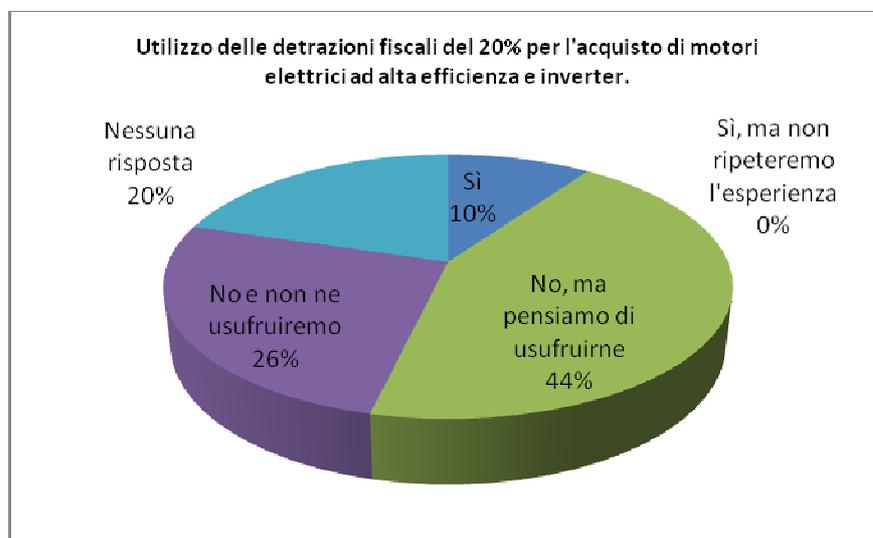


Figura 23: Detrazioni del 20%.

A questo punto del questionario c'era la possibilità di indicare le motivazioni di questo rifiuto suggerendo due specifiche opzioni che intendevano individuare la natura oggettiva o personale degli ostacoli che si interpongono tra l'utente e l'incentivo statale.

Seppure con pochi punti di differenza, è il disinteresse nei confronti dell'incentivo ad avere la meglio sugli aspetti di difficoltà nella procedura per ottenerli. Diremmo quasi che, come spesso accade, il distacco per tali iniziative si intreccia con la difficoltà ad accedervi e ciò viene confermato da chi, pur rispondendo positivamente alla domanda, ha comunque segnato l'opzione "troppo complicato", mentre nessuno afferma di aver usufruito dell'incentivo senza avere intenzione di ripetere l'esperienza.

L'interpretazione che ne traiamo, più che di una chiusura da parte dell'utenza alle nuove iniziative, è quella di una certa diffidenza dovuta alla mancanza di linearità e semplicità delle procedure che permettono di ottenere tali vantaggi. Tuttavia resta positivo il dato complessivo che vede comunque il 48% degli utenti disposti a non trascurare questa opportunità in futuro.

La sesta domanda riguardava i rapporti con i fornitori, un tema molto delicato e ben diverso a seconda della dimensione delle imprese: nelle PMI è frequente il caso di un fornitore di fiducia che conosce bene le necessità del cliente, nella pubblica amministrazione c'è l'obbligo di attuare una procedura di gara, infine, nelle grandissime strutture è prassi una preselezione dei fornitori.

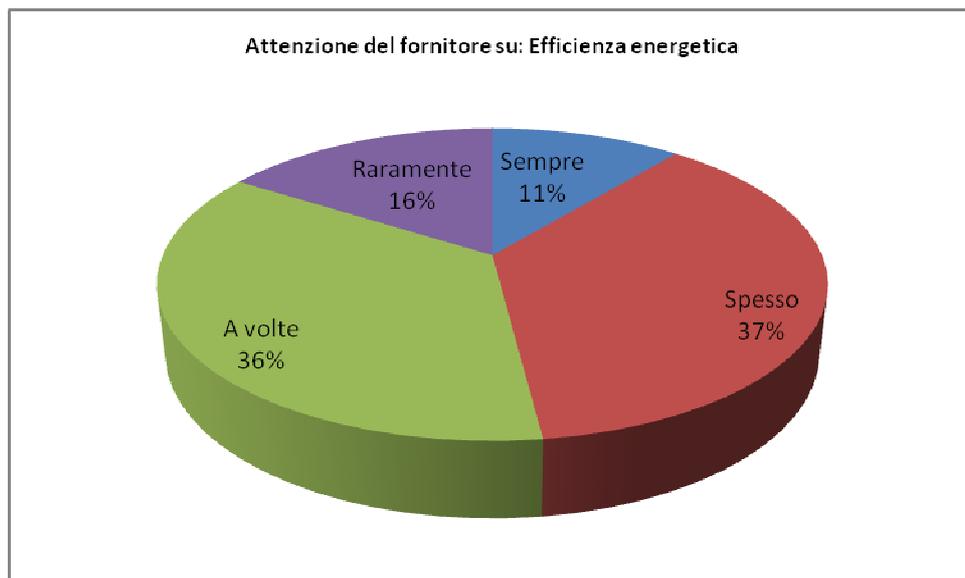


Figura 24 Rapporti con i fornitori

Nei casi analizzati, globalmente il giudizio è mediamente positivo e pochissime unità hanno mancato di rispondere, indice anche di una certa conoscenza delle caratteristiche del fornitore.

Rispetto all'efficienza energetica (Figura 24) il dato è incoraggiante e mostra come i fornitori stiano prendendo sempre più confidenza con il concetto di efficienza come caratteristica fondamentale dei prodotti, non solo per la qualità che portano ma anche a fini commerciali, vista la sempre maggiore consapevolezza dell'importanza di un consumo più razionale dell'energia per ottenere

risultati convenienti sul medio-lungo periodo. Purtroppo resta ancora altrettanto ampia la zona incerta che lascia dubbi e incertezze sui motivi della discontinua attenzione su determinate caratteristiche tecniche, motivi che possono riguardare sia la scarsa conoscenza del fornitore, sia l'alternarsi di fornitori differenti o semplicemente la diversa considerazione del grado di efficienza a seconda della tipologia di prodotto che si va ad acquistare. Incrociando tale dato con i precedenti emerge una certa propensione per quest'ultima ipotesi.

Per quanto riguarda la considerazione dei fornitori circa il costo del ciclo di vita (Figura 25), con 120 risposte il riscontro è decisamente soddisfacente dal punto di vista dell'interesse mostrato dagli operatori e dalla conoscenza dei propri fornitori, purtroppo in questo caso si registra una scarsa considerazione di questo aspetto nella maggior parte dei casi interpellati, indice di minore coinvolgimento su questo tema.

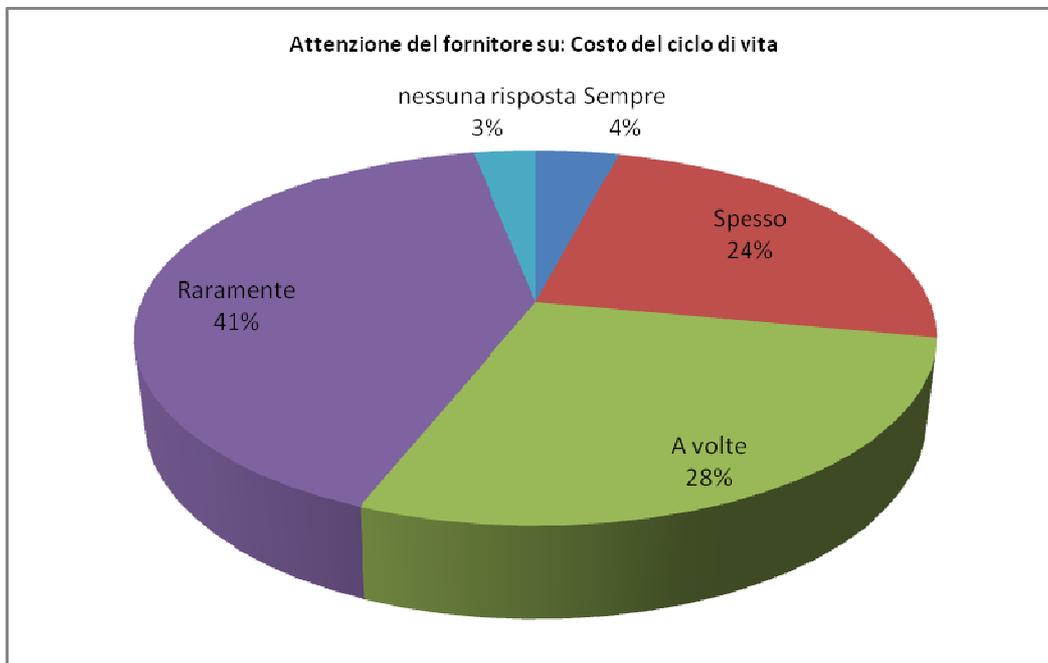


Figura 25 Attenzione dei fornitori allo LCCA

6.3.1. conclusioni

L'indagine effettuata in termini generali non ha lasciato sorprese in chi ha analizzato i dati raccolti in questi mesi. Le procedure standardizzate come l'LCCA continuano ad essere poco diffuse sul territorio nonostante le potenzialità che portano con sé. Vengono confermate le ipotesi espresse nella lettera di accompagnamento al questionario e presentate nel paragrafo "Efficacia e limiti del

costo del ciclo di vita” del documento “Ricognizione sulle tecnologie elettriche nelle applicazioni industriali e del terziario”, anch’esso predisposto nell’ambito dell’accordo di programma MSE-ENEA.

Resta il fatto che il non utilizzo di determinate procedure, soprattutto nel caso di piccole e medie imprese, può rivelarsi un danno per l’azienda stessa, la quale non solo non effettua procedure interne, ma neanche per elementi che provengono dall’esterno, motivo per cui i fornitori tendono a non essere preparati ad affrontare calcoli sulla globalità dei costi anche perché poco incentivati ad esserlo, data l’esigua domanda di certe prerogative.

Per quanto riguarda le motivazioni dell’insuccesso dell’incentivo statale riguardante la detrazione del 20%, appare chiaro che il contributo risulta inefficace con le attuali caratteristiche. Esso viene percepito come un elemento che complica anziché semplificare, inoltre la connessione con l’assenza di una procedura ad hoc per la scelta dei componenti risulta ancora più controproducente se considerata da questo punto di vista. Infatti rischia di essere inutile un incentivo i cui guadagni si avranno l’anno successivo, e quindi non incide subito sul bilancio, quando poi il motore elettrico acquistato nella maggior parte dei casi non è il frutto di uno studio accurato dei costi globali che porti realmente a un rientro dell’investimento.

6.4.LCCA e tecnologie

Sono di seguito brevemente descritti i 10 sistemi cui sono state dedicate i 10 fogli di calcolo per la valutazione semplificata LCCA, divisi per i tipici settori di applicazione: industriale, terziario e domestico.

I primi 6 schede si riferiscono a elettrotecnologie efficienti con ampio potenziale di diffusione nei settori industriale e terziario. A queste se ne aggiungono 4 per interventi nel settore residenziale, rivolte sia alla maggior efficienza che all'eliminazione di usi poco efficienti dell'energia elettrica (solare termico in sostituzione di boiler elettrici).

6.4.1.Trasformatori

6.4.1.1. Classificazione

Si possono attualmente distinguere le seguenti categorie principali di trasformatori:

- piccoli e piccolissimi trasformatori per potenze inferiori a 1 KVA;
- trasformatori per distribuzione secondaria (generalmente tra i 5 e i 2.500 kVA);
- trasformatori di distribuzione primaria (mediamente tra i 5 e i 60 MVA);
- grandi trasformatori.

I piccoli e piccolissimi trasformatori coprono una gamma assai vasta di prodotti: dai trasformatori per campanelli e per giocattoli a quelli per elettrodomestici, per apparecchi radio o per televisione e, anche con tensioni assai alte, per apparecchi elettronici o elettromedicali.

I trasformatori per distribuzione secondaria sono destinati all'alimentazione diretta dell'utenza a partire dalla rete di distribuzione in media tensione (MT). Queste macchine non pongono seri problemi al costruttore, sebbene si sia riscontrata la necessità di migliorarne l'isolamento e la tenuta al corto circuito.

I trasformatori di distribuzione primaria, invece, trasformano l'alta tensione delle grandi reti in una tensione intermedia, generalmente tra i 6 e i 30 kV, alimentando le reti per la distribuzione secondaria.

I grandi trasformatori (molto spesso autotrasformatori) sono generalmente dotati di apparecchiature per la regolazione sotto carico della tensione e servono per la interconnessione di reti a tensione diversa.

Una ulteriore classificazione può essere fatta in base al tipo di isolamento:

- a secco;

- a resina;
- a olio.

Se il trasformatore è destinato a funzionare con tensioni nominali relativamente basse, non è necessario adottare alcun accorgimento per isolare le fasi del trasformatore stesso (a secco). Per tensioni concatenate elevate è necessario isolare le fasi del trasformatore mediante un materiale caratterizzato da una rigidità dielettrica più elevata di quella dell'aria. Si possono quindi inglobare gli avvolgimenti in un involucro di resina sintetica, o porre l'intero trasformatore in un contenitore ripieno d'olio.



Figura 26: Trasformatori in resina e in olio (Fonte: www.elpitalia.it)

Il trasformatore in resina sintetica presenta una maggiore semplicità di installazione e una maggiore economicità di esercizio. Il trasformatore in bagno d'olio consente invece un più efficace smaltimento del calore generato per effetto Joule.

Nella scelta del trasformatore, oltre al la variabile costo intervengono altri fattori quali:

- perdite a carico e a vuoto;
- resistenza a eventi climatici o accidentali;
- ingombro.

Le perdite a vuoto (proporzionali a V^2) sono dovute a isteresi e a correnti parassite che si generano all'interno dei lamierini ferromagnetici, mentre le perdite a carico (proporzionali a I^2) sono causate dall'effetto Joule nei conduttori. Le perdite a vuoto restano costanti al variare del carico mentre le perdite per effetto joule aumentano col carico. Il massimo rendimento si ha solitamente con il 50% di fattore di carico. Potrebbe essere il caso quindi di staccare alcuni trasformatori quando il carico giornaliero diminuisce. La norma CEI EN 50464-1 stabilisce dei valori di riferimento, delle classi, per perdite a carico e a vuoto al variare della potenza elettrica dei trasformatori a olio. Un esempio dei rendimenti delle classi estreme A_0A_k ed E_0D_k è mostrato in Figura 27.

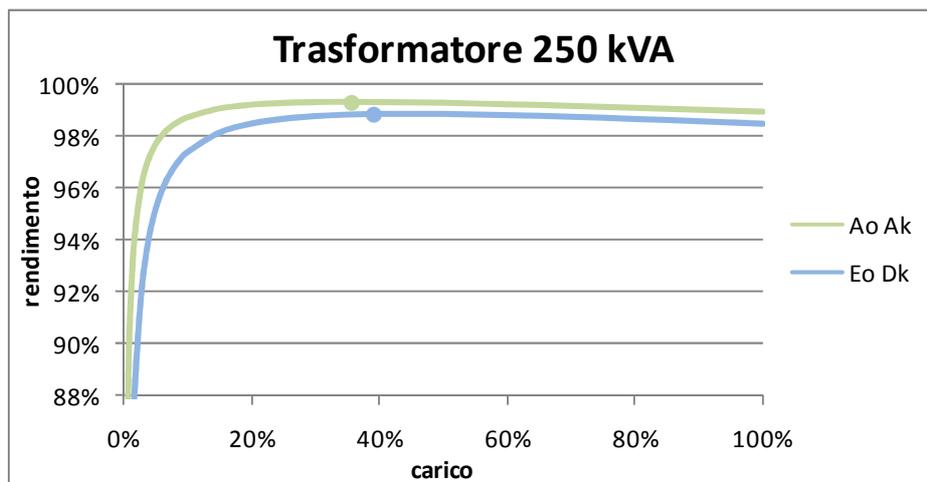


Figura 27: Rendimento in funzione del carico di trasformatori di classi AoAk e EoDk (CEI EN 50464-1). I pallini indicano il punto di massimo rendimento.

Le perdite influiscono sui costi di esercizio di un trasformatore e nella LCCA hanno un peso rilevante (per una vita stimata di dieci anni, mediamente più del costo di investimento) e quindi diventa utile verificare la convenienza all'acquisto di un trasformatore a basse perdite (circa 50% in meno di perdite). Per quanto riguarda la resistenza e l'ingombro i trasformatori in resina hanno una resistenza elevata ma hanno una capacità di dispersione termica minore di quelli ad olio.

La scelta migliore spesso è ardua da individuare, anche perché difficilmente è noto il diagramma di carico del trasformatore nell'arco della sua vita. L'ottimizzazione del costo sul ciclo di vita è però molto utilizzata per la scelta dei trasformatori, in quanto i distributori di energia elettrica da anni definiscono proprie specifiche (es. DT 796 dell'ENEL) derivanti da studi di ottimizzazione del costo sul ciclo di vita.

6.4.2. Sistemi ad aria compressa

6.4.2.1. Stato dell'arte

In un recente documento redatto da Confindustria sono stati classificati i sistemi ad aria compressa presenti in Italia, a seconda della potenza del motore che li aziona (Tabella 1):

	N° compressori installati	Potenza installata [MW]
da 0,75 a 3 kW	105.000	204
da 3,01 a 7,5 kW	65.000	314
da 7,51 a 22 kW	37.000	428
da 22,01 a 90 kW	32.000	689
Totale	238.000	1.635

Tabella 1: Suddivisione dei compressori presenti sul mercato attraverso la taglia del motore

Per quanto riguarda l'energia, si stima che i compressori (esclusi quelli contenuti negli impianti di climatizzazione) consumino il 17% dell'energia elettrica imputabile ai motori elettrici utilizzati nel settore industriale. Ciò si traduce in 19.000 GWhe consumati annualmente dai sistemi ad aria compressa: questo numero fa comprendere l'importanza del risparmio energetico in un settore dove peraltro gli sprechi sono enormi (si pensi che le perdite di un circuito ad aria compressa si attestano mediamente intorno al 20% della portata erogata dalla macchina) e nel quale i consumi possono essere ridotti dal 20% al 50%.

Gli interventi di risparmio energetico su sistemi ad aria compressa prevedono solitamente un investimento iniziale piuttosto elevato, che però si ripaga in pochi anni, grazie alla riduzione dei consumi. Per questo motivo è molto utile ricorrere ad una LCCA (Life Cycle Cost Analysis), che tenga conto di tutti i costi sostenuti durante il ciclo di vita. In Figura 28 è mostrato il Life Cycle Cost di un sistema ad aria compressa: si vede bene come i consumi elettrici incidano per il 76% delle spese totali. Sarà quindi controproducente andare a ricercare un risparmio economico al momento dell'investimento iniziale, in quanto questo si tradurrà in spese di gestione molto più elevate.

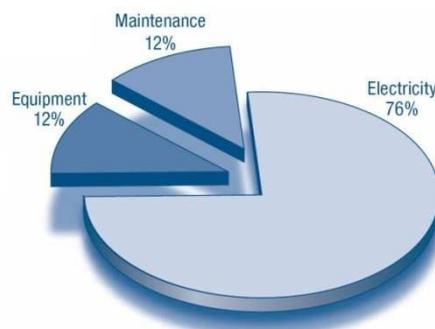


Figura 28: LCC di un sistema ad aria compressa (10 anni)

6.4.2.2. Metodi di regolazione efficienti

Uno degli interventi di risparmio energetico più incisivi riguarda le strategie di regolazione. I compressori infatti, sono dimensionati sulla portata di picco richiesta dalle utenze, ma sono pochissimi quelli che lavorano a pieno carico per tutte le ore di funzionamento. Le prestazioni a carico parziale si configurano quindi come un parametro critico per l'efficienza globale. Sebbene siano stati elaborati molti sistemi di controllo, in questa sede concentreremo la nostra attenzione solo su due di essi:

- **A carico/a vuoto con arresto:** questo metodo si basa sulla messa a vuoto del compressore quando la pressione raggiunge il limite superiore di un intervallo prestabilito. Quando è messo a vuoto il compressore lavora contro la pressione atmosferica e ciò abbassa drasticamente i consumi; nei compressori volumetrici, ad esempio, questa condizione è ottenuta obbligando meccanicamente la valvola di aspirazione nella posizione aperta. Quando la pressione raggiunge il limite inferiore il compressore viene rimesso a carico. Se il compressore rimane nella configurazione a vuoto oltre un intervallo di tempo prestabilito, il motore elettrico viene arrestato.
- **Azionamento a velocità variabile:** i motori elettrici che controllano i compressori funzionano solitamente a velocità costante, dipendente dalla frequenza di rete e dal numero di poli. Applicando ad essi degli azionamenti a velocità variabile (dispositivi elettronici, anche detti inverter) è possibile controllare la velocità di rotazione, e con essa la portata elaborata. I compressori equipaggiati con questi dispositivi aggiustano in modo continuo la velocità di rotazione per adattare la portata erogata a quella richiesta dalle utenze.

Il primo rappresenta il sistema di controllo ad oggi più diffuso, il secondo è quello che mostra l'efficienza di regolazione più elevata. I vantaggi di un metodo rispetto all'altro si evincono chiaramente dall'analisi di Figura 29.



Figura 29: Confronto tra diverse strategie di regolazione

Quando la domanda diminuisce, un sistema dotato di VSD (Variable Speed Drive) consuma solo l'energia elettrica necessaria alla compressione, mentre il sistema che funziona a vuoto dissipa

energia elettrica senza erogare nessuna portata d'aria. Si consideri inoltre che la presenza dell'inverter consente di eliminare i picchi di corrente all'avviamento, abbassando i consumi e allungando la vita del compressore.

Per avere un'idea dei numeri in gioco si consideri il seguente esempio: installando un azionamento a velocità variabile per la regolazione della portata, in sostituzione di un sistema di controllo a carico/a vuoto, su di un compressore di piccola taglia (15 kW) funzionante su due turni lavorativi (4.000 ore/anno), con una pressione di mandata di 7 bar, è possibile risparmiare oltre 1.000 €/anno. Se poi si considerano sistemi ad aria compressa di taglia maggiore i vantaggi economici diventano ancora più evidenti: lo stesso intervento su un compressore da 90 kW, sempre funzionante su due turni lavorativi e ad una pressione di 7 bar, permetterebbe di risparmiare ogni anno più di 10.000 €. Sebbene gli investimenti iniziali possono essere piuttosto elevati, i tempi di ritorno di questi interventi raramente superano i 3 anni.

Altri interventi di risparmio energetico applicabili su un sistema ad aria compressa sono:

- Corretto dimensionamento del sistema e immagazzinamento dell'aria.
- Riduzione delle perdite di portata sul circuito di distribuzione.
- Riduzione delle cadute di pressione nel circuito di distribuzione.
- Selezione dei componenti più efficienti e più adatti al regime di funzionamento previsto.

Bisogna però tener conto che un sistema ad aria compressa è molto più della macchina operatrice stessa ed è formato da più sottosistemi, strettamente collegati tra di loro. Questo però rende l'ottimizzazione dei processi molto complessa, in quanto bisognerà analizzare le conseguenze che un intervento ha su tutti i sottosistemi.

6.4.2.3. Incentivi

I vantaggi economici derivanti dalla riduzione dei consumi di energia elettrica possono essere ulteriormente amplificati dalle forme di incentivazione previste dalla legislazione italiana.

I sistemi ad aria compressa sono una tecnologia soggetta al riconoscimento di certificati bianchi: ogni tep (tonnellata equivalente di petrolio) risparmiata, oltre a ridurre i costi in bolletta, permette anche di ottenere un titolo di efficienza energetica, rivendibile poi sull'apposito mercato.

Per poter richiedere i certificati bianchi è necessario superare un limite minimo che, per gli interventi per i quali non è presente una scheda tecnica semplificata, è di 100 tep annui. È però allo studio dell'AEEG una scheda tecnica semplificata riguardante i sistemi di controllo dei compressori, che permetterà di stimare i risparmi energetici per via analitica, abbassando il suddetto limite a 50 tep annui.

6.4.3. Motori elettrici

6.4.3.1. Stato dell'arte

Il 74% dell'energia elettrica consumata nel settore industriale italiano è attribuibile ai sistemi motore; essi sono infatti presenti in molti azionamenti industriali, quali compressori, ventilatori e pompe. Da questo dato si evince con facilità l'importanza di questa tecnologia nell'ottica del risparmio energetico: anche un piccolo aumento dell'efficienza dei sistemi motore permetterebbe di ridurre notevolmente i consumi di energia elettrica.

Oltre a questi vantaggi energetici ed ambientali è possibile conseguire anche ingenti risparmi economici, provenienti dalla sostanziale riduzione dei costi in bolletta. Sebbene siano già presenti sul mercato motori elettrici ad alta efficienza, il loro utilizzo è però ancora molto ridotto, a causa del sovrapprezzo iniziale; questo perché l'efficienza energetica di un motore è un aspetto che purtroppo è secondario sia per il progettista dell'impianto, sia per chi l'impianto successivamente lo esercisce.

- Le priorità del progettista sono: l'idoneità delle caratteristiche tecniche (potenza, coppia, spunto, ecc.), la compatibilità delle dimensioni e del peso ed ovviamente il costo, che deve essere il più contenuto possibile.
- Le priorità del gestore sono: l'affidabilità del sistema, la semplicità di manutenzione e la reperibilità dei componenti di ricambio; scarsa importanza è data ai consumi energetici.

Questo ragionamento porta ad avere impianti dotati di motori elettrici poco efficienti e solitamente sovradimensionati. L'applicazione della Life Cycle Cost Analysis (LCCA) in questo settore potrebbe però rendere più evidenti i risparmi economici e permettere agli uffici acquisti delle aziende di compiere scelte più oculate al momento dell'acquisto del motore.

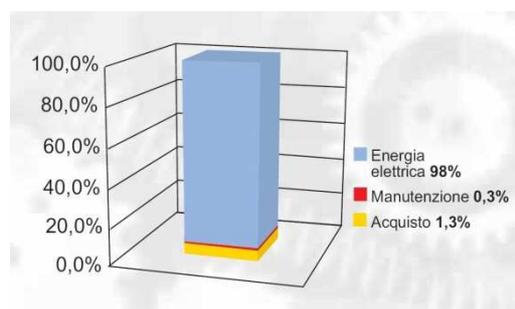


Figura 30: Life Cycle Cost di un motore elettrico (15 kW e 3500 RPM)

Il grafico in Figura 30 mostra la suddivisione dei costi di un motore elettrico nell'intero ciclo di vita: l'energia elettrica consumata pesa per più del 98%, mentre l'investimento iniziale copre solo l'1,3% del totale. Un risparmio economico conseguito al momento dell'acquisto appare quindi trascurabile, in un'ottica di Life Cycle Costing, rispetto alle spese energetiche.

I costi dovuti ai consumi elettrici aumentano all'aumentare della potenza, delle ore di utilizzo annue e del costo dell'energia, mentre diminuiscono all'aumentare dell'efficienza energetica.

Per avere un'idea dei numeri in gioco si consideri il seguente esempio: un motore tradizionale da 20 kW funzionante per 3.000 ore all'anno a pieno carico, ha un costo del ciclo di vita (10 anni) di circa 60.000 €, mentre con un motore ad alta efficienza si scende a 58.500 €; ciò significa che un motore ad alta efficienza permette di risparmiare quasi 1.500 € rispetto ad uno tradizionale. Se poi si considerano due turni lavorativi le ore annue salgono a 6.000 ed i risparmi conseguibili arrivano a 3.000 €, a fronte di un costo iniziale che supera quello di un motore tradizionale di soli 500 €. In generale i tempi di ritorno per investimenti nel settore dei motori ad alta efficienza vanno da tre mesi a tre anni.

6.4.3.2. Normativa Tecnica

Sia in Europa che negli Stati Uniti gli istituti normativi hanno elaborato delle specifiche tecniche per discernere tra motori ad alta efficienza e motori tradizionali, in modo da facilitare il compito degli acquirenti al momento di redigere le specifiche d'acquisto e stimolare i produttori a costruire motori appartenenti alla fascia più elevata.

Il CEMEP (Comitato Europeo Costruttori Macchine Rotanti e Elettronica di Potenza) ha suddiviso i motori elettrici in tre classi di efficienza per motori con potenza da 1,1 a 90 kW (Figura 31), alle quali sono abbinati dei loghi utilizzabili dai costruttori.

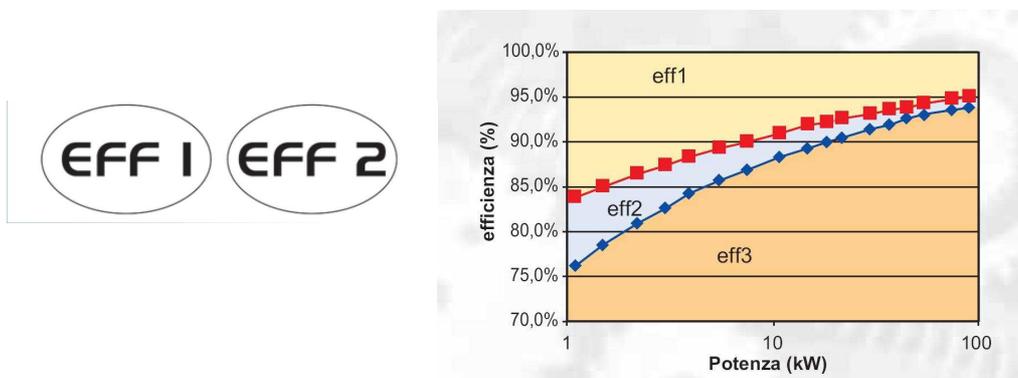


Figura 31: Classi di Efficienza CEMEP

Una suddivisione simile è stata effettuata negli Stati Uniti dalla NEMA (National Electrical Manufacturers Association) per motori da 1 a 370 kW; in questo caso però è fornito un solo limite, al di sopra del quale i motori possono definirsi ad alta efficienza e fregiarsi del simbolo NEMA Premium.

Discorso a parte va fatto per i motori di piccola taglia (potenze inferiori ad 1 kW): in questa categoria ricadono, in ambito civile, i motori di solito utilizzati negli elettrodomestici e, in ambito industriale, quelli che si trovano all'interno di macchinari più complessi. Per queste taglie, per le quali non sono presenti degli standard sull'efficienza, i motori BLDC (Brushless Direct-Current

motor) sono quelli che presentano i rendimenti più elevati (85-90%) grazie alla commutazione elettronica che permette di eliminare l'attrito dovuto ai vecchi commutatori a spazzole. Questa caratteristica garantisce anche ottime qualità in regolazione e ciò ha portato ad un'ampia diffusione di questi motori negli impianti di condizionamento e refrigerazione. L'utilizzo dei BLDC è molto vantaggioso soprattutto alla luce dei rendimenti molto bassi che offrono i motori tradizionali in questa taglia (per i motori a poli schermati si può scendere sotto il 25%).

6.4.3.3. Incentivi

I già sostanziosi vantaggi economici fin qui descritti possono essere amplificati grazie a due forme di incentivazione di cui godono i motori ad alta efficienza energetica.

La legge finanziaria 2007, nell'intento di promuovere il risparmio energetico, ha disposto incentivi per l'acquisto e l'installazione di motori elettrici ad alta efficienza di potenza compresa tra 5 e 90 kW, consistenti in una detrazione d'imposta pari al 20% di quanto speso, sino ad un massimo di 1.500 €. I motori soggetti ad incentivo sono definiti sulla base degli standard CEMEP e la detrazione è prevista sia nel caso di nuova installazione, sia per la sostituzione di vecchi apparecchi, sia in caso di acquisto di macchinari che contengano un motore ad alta efficienza incorporato. La legge finanziaria 2008 ha confermato le forme di incentivazione introdotte.

Inoltre i motori elettrici ad alta efficienza sono una tecnologia soggetta al riconoscimento di certificati bianchi: ogni tep (tonnellata equivalente di petrolio) risparmiata, oltre a ridurre i costi in bolletta, permette anche di ottenere un titolo di efficienza energetica (TEE), rivendibile poi sull'apposito mercato.

L'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas ha approvato con la delibera AEEG 111/04 una scheda tecnica standardizzata (scheda tecnica n° 11 – *installazione di motori a più alta efficienza*) che permette di valutare in modo rapido i risparmi energetici ottenuti. Per poter richiedere i certificati bianchi è necessario superare un limite minimo che, per gli interventi soggetti a scheda tecnica standardizzata, è di 25 tep annui. Difficilmente si riuscirà a superare tale limite con l'installazione di un solo motore, ma ciò non preclude l'ottenimento dei titoli, in quanto i risparmi energetici sono cumulabili con quelli ottenuti attraverso altri interventi.

Un altro vantaggio, stavolta non economico, può venire da *Motor Challenge*, programma su base volontaria dell'Unione Europea per la promozione degli interventi volti al risparmio energetico nell'ambito dei sistemi motore. Le aziende che vorranno partecipare al programma si impegnano ad identificare misure di efficienza energetica nell'ambito dei motori e dei sistemi che utilizzano motori elettrici e a realizzarle secondo un programma stabilito. Conseguiti tali obiettivi, le aziende avranno diritto ad utilizzare il logo del programma (Figura 32), con il derivante miglioramento dell'immagine.



Figura 32: logo Motor Challenge

6.4.4. Pompe e ventilatori

6.4.4.1. Stato dell'arte

In un recente documento redatto da Confindustria, i sistemi di pompaggio e di ventilazione sono stati classificati e suddivisi a seconda della potenza del motore che li aziona (Tabella 2):

	N° pompe e ventilatori installati	Potenza installata [MW]
da 0,75 a 3 kW	893.000	1.732
da 3,01 a 7,5 kW	550.000	2.672
da 7,51 a 22 kW	311.000	3.635
da 22,01 a 90 kW	268.000	5.858
Totale	2.021.000	13.897

Tabella 2: Suddivisione delle pompe e dei ventilatori presenti sul mercato attraverso la taglia del motore

Per quanto riguarda l'energia, si stima che sui 112.000 GWh_e che ogni anno vengono consumati dai motori elettrici in ambito industriale, i sistemi di ventilazione incidano per il 18%, mentre quelli di pompaggio per il 20%: ciò significa che ogni anno circa 42.500 GWh_e vengono utilizzati per il funzionamento di pompe e ventilatori. Con consumi così elevati, anche un miglioramento di pochi punti percentuali dell'efficienza porterebbe ad enormi risparmi su scala nazionale; lo scopo di questa relazione è proprio descrivere alcuni degli interventi di risparmio energetico applicabili a questo tipo di impianti.

Oltre gli innegabili vantaggi energetici, l'incremento dell'efficienza globale porta con sé anche notevoli risparmi economici. Per metterli in evidenza, in questa trattazione utilizzeremo la Life Cycle Cost Analysis (LCCA): con un'analisi di questo tipo si vede come gli investimenti iniziali incidano molto poco sul costo totale del ciclo di vita, mentre il contributo più elevato viene dalle spese dovute ai consumi di energia elettrica (Figura 33).

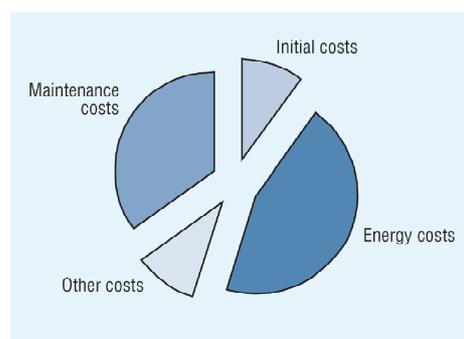


Figura 33: LCC di una pompa di taglia media

Se si vogliono ridurre i costi quindi, bisogna concentrare la propria attenzione sulla gestione dell'impianto più che su una controproducente minimizzazione degli costi iniziali.

I sistemi di pompaggio e di ventilazione, soprattutto quelli utilizzati in ambito industriale, funzionano alla portata nominale solo per una piccola percentuale delle ore d'esercizio annue; il resto del tempo la portata sarà ridotta, per seguire le richieste del processo a valle. L'efficienza di parzializzazione assume quindi un'importanza primaria nella riduzione dei consumi energetici, ed è su questo parametro che focalizzeremo la nostra attenzione in questa trattazione. I sistemi di regolazione di un sistema di pompaggio o di ventilazione si suddividono solitamente in due categorie principali:

- Metodi dissipativi: si basano solitamente sull'introduzione di perdite di carico addizionali, come valvole di strozzamento e serrande.
- Metodi non dissipativi: vanno a modificare le caratteristiche della macchina, quali la velocità di rotazione. Ottenuti mediante azionamenti a velocità variabile.

6.4.4.2. Metodi di regolazione efficienti

Gli azionamenti a velocità variabile (o VSD, *Variable Speed Drive*, anche detti inverter) sono dei dispositivi elettronici che permettono di controllare la velocità di rotazione di un motore elettrico. Quest'ultima è infatti determinata dal numero di poli e dalla frequenza della tensione di alimentazione; essendo la frequenza di rete un parametro fisso (50 Hz per l'Italia), i motori elettrici funzionano solitamente a velocità costante. Utilizzando un VSD invece, è possibile variare questa frequenza, ottenendo la velocità di rotazione desiderata.

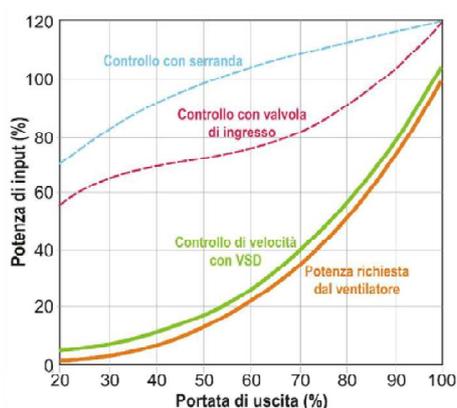


Figura 34: Effetto della regolazione sulla potenza assorbita per un sistema di

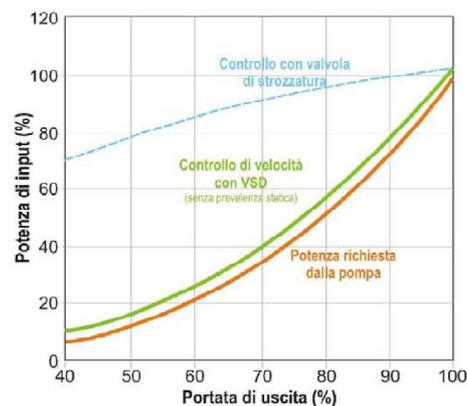


Figura 35: Effetto della regolazione sulla potenza assorbita per un sistema di pompaggio

I grafici in Figura 35 e Figura 34 (fonte F. Conti) mostrano i vantaggi ottenibili utilizzando questi dispositivi: la regolazione con valvola dà luogo ad una riduzione pressoché lineare della potenza al diminuire della portata, mentre la regolazione con azionamento a velocità variabile permette di

avere una riduzione della potenza che segue la legge cubica. Lo scostamento della curva relativa al VSD rispetto alla potenza richiesta dalla pompa è dovuta al rendimento del dispositivo elettronico, che si aggira intorno al 95%.

Una differenza di potenza assorbita così importante ha forti ripercussioni sui consumi energetici. Facciamo qualche esempio: consideriamo un sistema di pompaggio di potenza pari a 20 kW, che funzioni in un'azienda con due turni lavorativi (4.000 ore/anno), con un costo dell'energia elettrica pari a 0,1 €/kWh_e per un periodo di studio di 12 anni. Utilizzando una valvola di strozzamento per la regolazione della portata si ottiene un costo del ciclo di vita pari a 76.300 €, mentre utilizzando un VSD questo valore scende a 42.600 €; ciò si traduce in un risparmio netto attualizzato sul ciclo di vita (*Net Savings*) di 33.700 €, con un tempo di ritorno di poco superiore ad un anno.

Per un impianto di ventilazione con potenza pari a 10 kW, che lavora su tre turni lavorativi (7.680 ore/anno), l'installazione di un azionamento a velocità variabile comporta una riduzione percentuale dei consumi ancora più vistosa rispetto ai sistemi di pompaggio: considerando un periodo di studio di 12 anni, il risparmio netto attualizzato si aggira intorno ai 42.200 €, con una riduzione del 58% delle spese rispetto al caso base. Il tempo di ritorno attualizzato è invece di soli due mesi, a fronte di un investimento iniziale di circa 2.300 €.

6.4.4.3. Incentivi

I già sostanziosi vantaggi economici fin qui descritti possono essere amplificati grazie a due forme di incentivazione di cui godono gli azionamenti a velocità variabile.

La legge finanziaria 2007 e i successivi decreti attuativi, nell'intento di promuovere il risparmio energetico, hanno disposto incentivi per l'acquisto e l'installazione di variatori di velocità con potenza compresa tra 7,5 e 90 kW, consistenti in una detrazione d'imposta pari al 20% di quanto speso, sino ad un massimo di 1.500 €. La detrazione si applica anche in caso di acquisto di macchinari che contengano un motore ad alta efficienza incorporato. La legge finanziaria 2008 ha confermato le forme di incentivazione già introdotte.

Inoltre gli azionamenti a velocità variabile sono una tecnologia soggetta al riconoscimento di certificati bianchi: ogni tep (tonnellata equivalente di petrolio) risparmiata, oltre a ridurre i costi in bolletta, permette anche di ottenere un titolo di efficienza energetica (TEE), rivendibile poi sull'apposito mercato.

Per poter richiedere i certificati bianchi è però necessario superare un limite minimo, che varia a seconda dell'intervento: se esso è compreso tra quelli per i quali l'AEEG ha approvato delle schede tecniche semplificate, il limite è 25 tep per il metodo di valutazione standardizzato (pompe di potenza inferiore a 22 kW) e 50 tep per il metodo di valutazione analitico (pompe di potenza superiore o uguale a 22 kW). Se esso non è compreso nel suddetto elenco, il limite sale a 100 tep

(sistemi di ventilazione) ed è necessaria la presentazione di una proposta di progetto e di un programma di misura

6.4.5. Illuminazione pubblica

6.4.5.1. Le tecnologie

Secondo recenti valutazioni nel nostro Paese l'illuminazione degli esterni (principalmente illuminazione pubblica delle strade) incide per il 2% sui consumi nazionali di energia elettrica. Ciò significa che ogni anno vengono consumati circa 6.100 GWh_e, con un tasso di crescita previsto del 3,4% annuo. Questi valori sono piuttosto bassi se paragonati a quelli relativi ai compressori o ai sistemi di pompaggio, ma ciò non deve far credere che l'illuminazione degli esterni sia un settore marginale in un'ottica di risparmio energetico.

Infatti sono disponibili tecnologie con caratteristiche che potrebbero permetterle di dare un contributo importante nella riduzione dei consumi elettrici: almeno la metà delle lampade installate sulle strade italiane presenta un'efficienza molto bassa rispetto allo stato dell'arte, con armature ed ottiche spesso inadeguate ad un funzionamento ottimale. Questo è dovuto ad un indice di rinnovamento degli impianti che si aggira attorno al 3%, il che vuol dire che per assistere ad un ricambio completo degli apparecchi è necessaria più di una generazione. Lo sviluppo delle lampade è invece molto più rapido e gli impianti illuminotecnici non riescono a seguirlo.

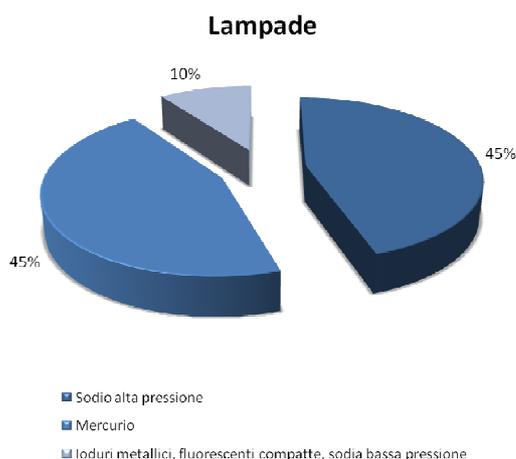


Figura 36: Suddivisione delle lampade per l'illuminazione stradale

La Figura 36 mostra come è suddiviso il parco lampade tra le varie tecnologie: le lampade ai vapori di mercurio sono ancora molto diffuse, sebbene abbiano un'efficienza molto bassa rispetto ai modelli basati su tecnologie differenti. Con la semplice sostituzione delle lampade al mercurio si potrebbe ottenere un risparmio superiore ai 1.000 GWh_e, ma, come vedremo più dettagliatamente nel seguito, questo è solo uno dei possibili interventi.

Le lampade ad efficienza maggiore avranno ovviamente dei costi iniziali più elevati, ma i risparmi economici, derivanti dal minore consumo di energia elettrica, superano abbondantemente l'investimento, offrendo notevoli possibilità di guadagno (sulle quali molte società di illuminazione si stanno già lanciando). Queste dinamiche

economiche, comuni a tutti gli interventi di risparmio energetico, saranno messe in evidenza in questa trattazione mediante l'utilizzo della Life Cycle Cost Analysis (LCCA), uno strumento di analisi economica che permette di valutare tutti i costi che si presentano durante il ciclo di vita della lampada.

La fase più importante, in un'ottica di risparmio energetico, è la scelta della tecnologia di illuminazione. Al momento di installare una lampada bisognerà tener conto principalmente di tre parametri: l'efficienza luminosa, la vita media ed il costo.

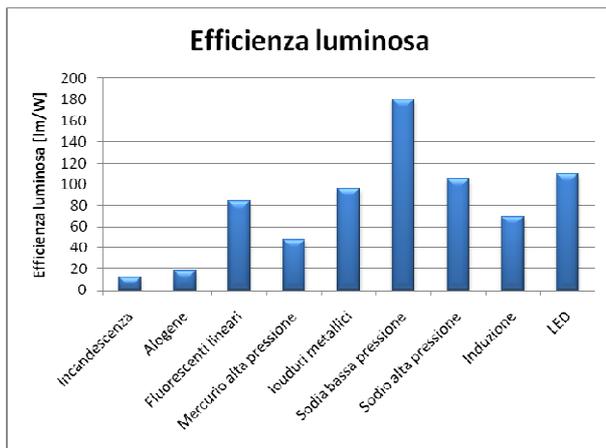


Figura 37: Efficienza luminosa per diverse tipologie di lampade

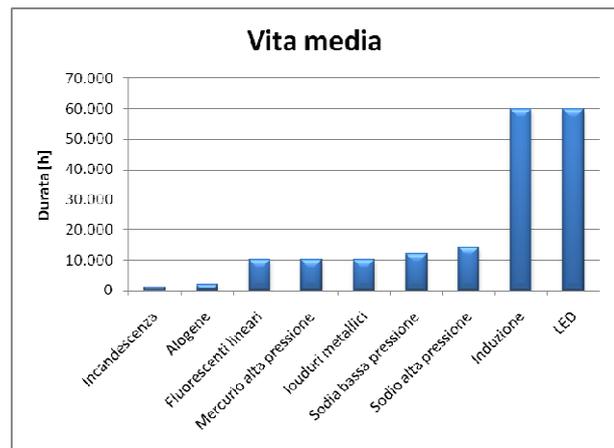


Figura 38: Vita media per diverse tipologie di lampade

Nei grafici di Figura 37 e Figura 38 sono riassunte le caratteristiche tecniche stimate per le tipologie di lampada utilizzabili nell'illuminazione stradale. Se da un punto di vista energetico l'unico parametro d'interesse è l'efficienza luminosa, dal punto di vista economico una durata maggiore può essere un notevole vantaggio, anche per i minori costi di sostituzione. Per avere un'idea dei numeri in gioco, analizziamo i costi del ciclo di vita di un impianto di illuminazione per esterni composto da 10 lampade, che lavorano 4.400 ore l'anno (12 ore al giorno), garantendo un flusso luminoso di 10.000 lumen ciascuna. In Figura 39 si vede come varia il Life Cycle Cost a seconda della lampada utilizzata e applicando il dimmeraggio (riduzione del 40% del flusso luminoso per il 50% delle ore d'esercizio), per un periodo di studio di 20 anni.

Anche prendendo in considerazione i casi più svantaggiosi (assenza di dimmeraggio e TEE), sostituendo le lampade ai vapori di mercurio con quelle ai vapori di sodio ad alta pressione si ottiene un risparmio netto attualizzato di oltre 7.800 € durante il ciclo di vita; se, partendo dal medesimo caso base, si installano lampade a ioduri metallici il risparmio si mantiene comunque prossimo ai 6.700 €.

Altri importanti interventi di risparmio energetico risiedono negli elementi ausiliari, come le armature (installazione delle armature cut-off, che limitano la dispersione del flusso luminoso) o gli alimentatori (sono preferibili in quest'ambito gli alimentatori elettronici, che riducono fortemente le

dissipazioni rispetto a quelli ferromagnetici). I consumi possono essere ridotti anche tramite il dimmeraggio (diminuzione del flusso luminoso durante le ore di minor traffico).

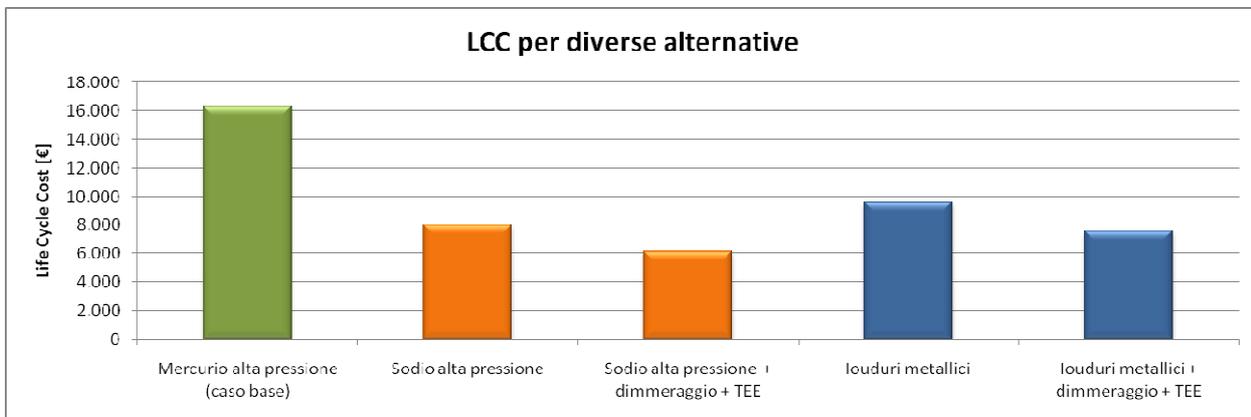


Figura 39: Confronto tra Life Cycle Cost per diverse alternative

6.4.5.2. Dimmeraggio

Un'altra forma molto promettente di risparmio energetico risiede nella possibilità di ridurre il flusso luminoso durante le ore notturne, quando il traffico veicolare diventa più blando. Questa riduzione può essere ottenuta continuando a garantire la sicurezza stradale, mediante interventi sulla tensione di lavoro.

La regolazione della tensione è una pratica nota nell'illuminazione stradale: durante le ore notturne, la rete elettrica è soggetta ad una sovratensione che può raggiungere il 10% di quella nominale; per limitare i consumi e per non danneggiare le lampade vengono solitamente utilizzati degli stabilizzatori, che possono essere utilizzati anche come regolatori di flusso. In questo modo, installando un singolo apparecchio, posso controllare un'intera linea di illuminazione; così facendo non sarà possibile però una regolazione differenziata del flusso (utile in presenza di strade di diversa importanza), e inoltre possono sorgere problemi su linee molto lunghe, sulle quali le elevate cadute di tensione potrebbero portare allo spegnimento delle ultime lampade.

Un altro modo di ridurre il flusso luminoso delle lampade è utilizzare gli alimentatore elettronici di ultima generazione. In questo modo i problemi precedenti vengono eliminati ed i consumi energetici si abbassano ulteriormente grazie alla maggiore efficienza di questi apparecchi.

In Figura 40 sono mostrati i risparmi energetici conseguibili mediante differenti regimi di regolazione notturna. Si può arrivare a ridurre i consumi, e conseguentemente le spese, del 35%. Inoltre l'utilizzo di questi apparecchi permette anche di allungare la vita media delle lampade e di avere un minore decadimento del flusso durante gli anni.

Si tenga però presente che le peculiari caratteristiche delle lampade a scarica, richiedono una attenzione particolare quando si interviene sulla tensione di lavoro, per evitare il rischio di spegnimento della lampada.

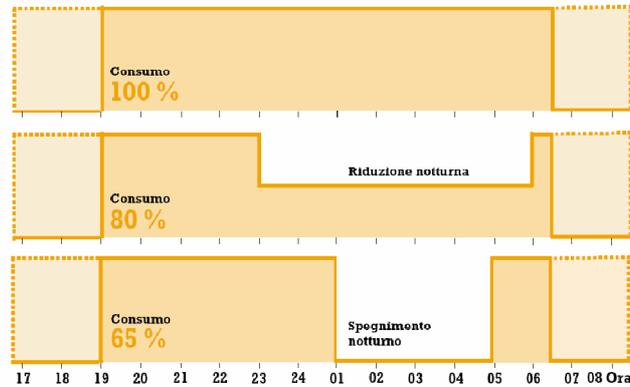


Figura 40: Consumi energetici per diverse tipologie di regolazione.

6.4.5.3. Incentivi

I vantaggi economici derivanti dalla riduzione dei consumi di energia elettrica possono essere ulteriormente amplificati dalle forme di incentivazione previste dalla legislazione italiana.

I sistemi d'illuminazione sono una tecnologia soggetta al riconoscimento di certificati bianchi: ogni tep (tonnellata equivalente di petrolio) risparmiata, oltre a ridurre i costi in bolletta, permette anche di ottenere un titolo di efficienza energetica (TEE), rivendibile poi sull'apposito mercato.

Per poter richiedere i certificati bianchi è però necessario superare un limite minimo, che varia a seconda dell'intervento: se esso è compreso tra quelli per i quali l'AEEG ha approvato delle schede tecniche standardizzate, il limite è 25 tep. Se esso non è compreso nel suddetto elenco, il limite sale a 100 tep ed è necessaria la presentazione di una proposta di progetto e di un programma di misura. Per i sistemi d'illuminazione degli esterni sono presenti due schede standardizzate (n° 17 e n° 18), la prima riguardante l'installazione di riduttori del flusso luminoso, la seconda relativa alla sostituzione di lampade ai vapori di mercurio con lampade ai vapori di sodio ad alta pressione.

6.4.6. I semafori a led

6.4.6.1. La tecnologia

In una città media il consumo dei semafori incide per circa il 10% sul totale della pubblica illuminazione (dai dati del 2000 di Modena). La Città di Torino spende annualmente più di 750.000€ per l'energia elettrica dei semafori (circa 56.000 lampade), a cui vanno aggiunti i costi di manutenzione (pulizia, sostituzione periodica lampade, etc). Le possibilità di risparmio energetico ed economico in questo campo possono quindi essere molto interessanti.

I principali vantaggi dei led rispetto alle lampade a filamento sono:

- minor consumo (fino a 80% in meno);
- maggiore durata (oltre 10 volte);
- forte riduzione della manutenzione (maggior durata, assenza di parabola);
- maggiore sicurezza (migliore visibilità in condizioni critiche ed elevata affidabilità della lampada).

Il led ha una vita di circa 100.000 ore contro le 5.000 di una lampada ad incandescenza. Non solo consuma meno a parità di luminosità, ma non ha bisogno del filtro (nel caso del rosso, per esempio, il vetro colorato fa passare solo il 20% della luce emessa), in quanto la luce emessa è già colorata. Tale luce essendo monocromatica risulta particolarmente brillante. Una lampada a led per una lanterna da 200 mm ha una potenza di circa 10 W; per gli attraversamenti pedonali o le frecce direzionali si scende a circa 5 W se si utilizzano lampade in cui sono i led a formare la figura senza bisogno di filtri. Rispetto alle lampade a filamento inoltre i led hanno una minor perdita di luminosità nel tempo e sono meno sensibili alle vibrazioni; hanno quindi vita più lunga in impegni particolarmente gravosi. Le lampade a led sono composte da decine di led fissati a un supporto circolare piano, non c'è quindi più bisogno di parabola. Si eliminano così gli effetti di falso illuminamento dovuti al riflesso del sole sulla parabola. Inoltre non è più necessario pulire la parabola (operazione che richiede l'apertura della lanterna). L'elevato numero di led di ogni lampada è anche garanzia di affidabilità, perché in caso di fuori servizio di una o più led la lampada continua a funzionare.



Figura 41 lanterna a LED (sinistra) e lampada a LED per retrofit (a destra)

Esistono in Italia due soluzioni (Figura 41) per installare un nuovo semaforo a led o convertire un impianto tradizionale:

- lampade a led che hanno l'attacco standard (E27) in modo da poter sostituire le lampade a filamento senza alcuna modifica;
- lanterne speciali progettate per le lampade a led.

Entrambe queste soluzioni possono essere fornite con alimentazione 220 V in c.a. o a richiesta in bassa tensione e c.c.

Attraverso la LCCA sarà possibile valutare la convenienza economica di una installazione con semafori LED rispetto ai classici sistemi ad incandescenza e in questo caso indici quali il DPB e il SIR diventano fattori discriminanti per la scelta.

Utilizzare la tecnologia LED è sicuramente molto vantaggioso per la realizzazione di impianti ex novo, mentre, nel caso di sostituzione di impianti preesistenti con lampade a incandescenza l'intervento deve essere valutato considerando anche i diversi intervalli di manutenzione.

6.4.7. Dispositivi anti-standby

6.4.7.1. Le tecnologie

Gli elettrodomestici, gli apparecchi elettrici ed elettronici presenti ormai comunemente nelle case, nelle industrie e negli edifici in generale sono caratterizzati da consumi diretti e indiretti. Per consumi diretti si intendono quelli derivanti dalla modalità di "funzionamento acceso", in cui l'apparecchio è collegato alla rete elettrica e fornisce il servizio per il quale è stato messo in funzione (ricezione dei programmi per la televisione, decodifica dei segnali digitali per il decoder, esecuzione e utilizzo di programmi per il computer, ecc.). I consumi indiretti derivano, invece, dalla modalità di "funzionamento standby", in cui l'apparecchio smette di esplicare il servizio ma continua ad essere collegato alla rete elettrica e ad assorbire energia per garantire la funzione di riattivazione dello stesso. Nel caso della televisione, ad esempio, il ricevitore ad infrarossi che sente il segnale del telecomando continua a funzionare e, quindi a consumare energia elettrica anche dopo il segnale di spegnimento (che lo mette in modalità standby) inviato dal telecomando. L'assorbimento si interrompe del tutto solo quando l'utente interviene manualmente scollegando l'alimentazione (togliendo la spina o con l'interruttore di spegnimento, non sempre presente). In alternativa sono state sviluppate delle tecnologie che permettono di ridurre i consumi in standby svincolando (in parte) l'accensione/spegnimento degli apparecchi dall'intervento dell'utente.

Le tecnologie ad oggi presenti sul mercato sono:

- multipresa con interruttore;
- infrarossi;
- multipresa con presa master;
- multipresa USB;

ecc.

La **multipresa con interruttore** è una normale ciabatta con interruttore che può disconnettere tutti gli apparecchi collegati solo dopo che si sia spento l'ultimo in funzione (dato che l'interruttore è manuale, bisogna ricordarsi di azionarlo!).

Il sistema ad **infrarossi** è costituito da una multipresa con ricevitore infrarossi (IR). Al primo collegamento dovrà essere impostato il consumo in standby degli apparecchi collegati: quando l'assorbimento sentito dal sistema IR scende al di sotto di tale valore viene automaticamente interrotta l'alimentazione a tutti gli apparecchi collegati alla multi presa. Il sistema viene riattivato, fornendo nuovamente energia al primo segnale infrarossi ricevuto (telecomando del televisore, dello stereo, ecc). Questa soluzione prevede comunque un assorbimento di base non azzerabile relativo alla tenuta in attivo del ricevitore infrarossi.

Il sistema con **presa master** è, invece, una multipresa con un attacco riservato all'apparecchio base, il master, sempre alimentato, il cui consumo in standby comanderà

l'accensione/spegnimento del resto delle prese. Anche in questo caso è previsto un assorbimento base relativo al sistema automatico di interruzione dell'alimentazione.

Il sistema **USB** è una ciabatta anch'essa con una presa sempre alimentata cui viene collegato il computer. La ciabatta ha anche una presa USB che viene connessa al computer. Quando il computer si accende la presa USB riceve l'alimentazione (dal computer) e la ciabatta alimenta tutte le altre prese; solo in questa condizione il dispositivo (la ciabatta) ha un consumo. Se il computer viene spento, viene tolta l'alimentazione alle altre prese, ma rimane il consumo in standby del computer (per le ore in cui non è acceso).

Nella Figura 42 viene riportato un grafico con i consumi cumulati relativi allo stand-by di un insieme di apparecchi domestici confrontati con i consumi che si avrebbero utilizzando tre metodi differenti anti stand-by.

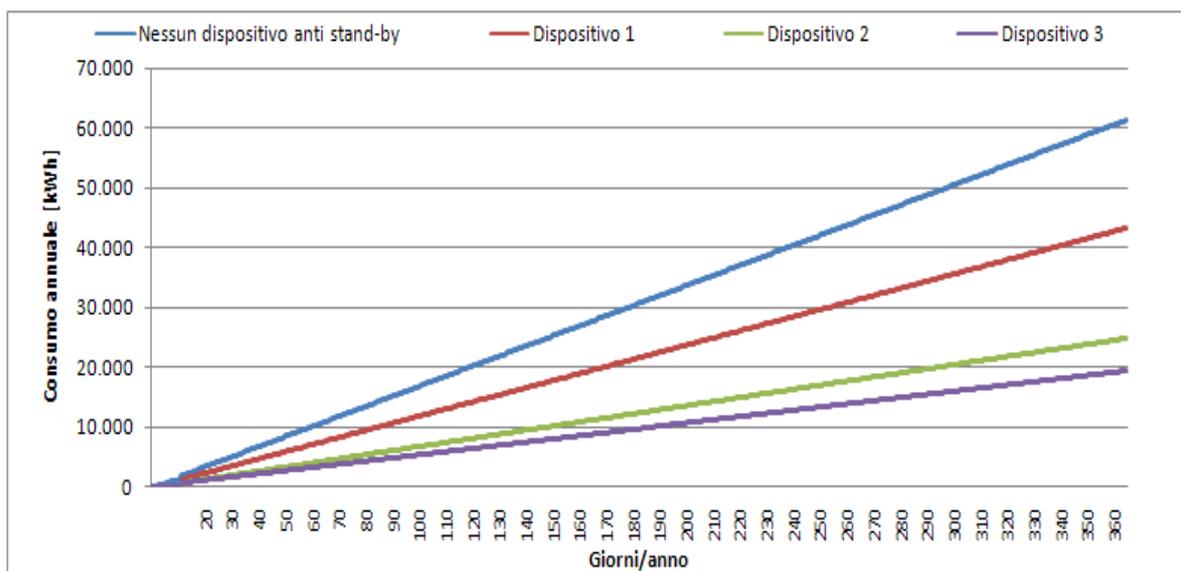


Figura 42: consumi cumulati anti-standby

Esistono anche altri dispositivi anti stand-by come ad esempio quelli con sensore di movimento, con timer, etc. ma all'epoca dello studio non risultavano disponibili sul mercato italiano.

L'utilizzo della LCCA per la scelta di tali dispositivi offre degli spunti interessanti per quanto riguarda il calcolo dei risparmi cumulati (indice LCC). Il calcolo di SIRR, AIRR e DPB ha, invece, meno valenza pratica a causa dei ridotti costi di investimento.

Nelle Figura 43 e Figura 44 vengono confrontati i consumi relativi ai vari metodi anti-standby rispettivamente per una postazione multimediale e per una postazione informatica.

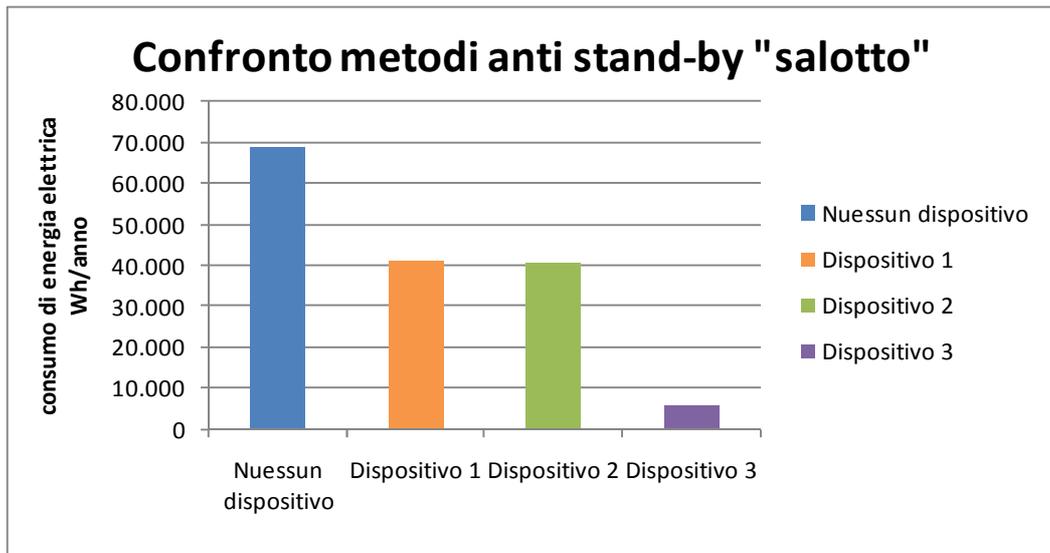


Figura 43: consumi annuali metodi anti-standby per postazione multimediale

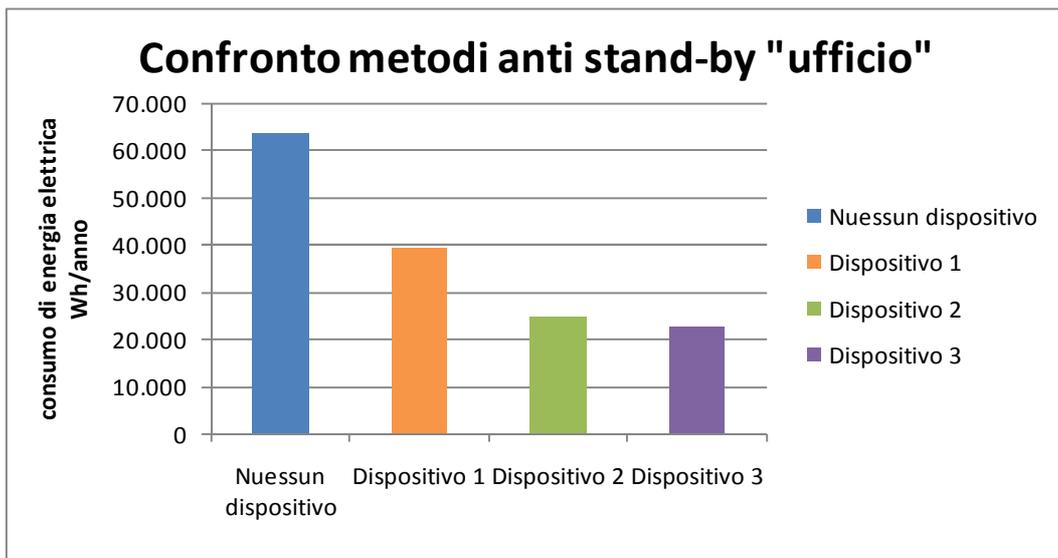


Figura 44: Consumi annuali metodi anti-standby per postazione informatica

6.4.8. Frigoriferi/congelatori

La legge n°308 del 29 Maggio 1982 impone ai costruttori di apparecchi di riscaldamento o domestici e agli importatori o ai rivenditori, di munire gli apparecchi di etichetta che riportino il consumo di energia. Per frigoriferi e congelatori in particolare si fa riferimento alla Direttiva 94/2/CE, che stabilisce le modalità di etichettatura e di calcolo dei consumi per la classificazione energetica degli stessi.

I frigoriferi sono stati divisi in categorie, in modo da poter calcolare in maniera adeguata i consumi per ogni tipo di apparecchio:

- frigorifero senza scomparti a bassa temperatura
- frigorifero con scomparto cantina
- frigorifero senza stelle
- frigorifero con scomparto a bassa temperatura ad una stella
- frigorifero a due stelle
- frigorifero a tre stelle
- frigo-congelatore, a quattro stelle
- congelatore verticale
- congelatore orizzontale
- più porte e altri tipi.

La classificazione con le “stelle” dei reparti per cibi surgelati/congelati è riportata nella Figura 45.

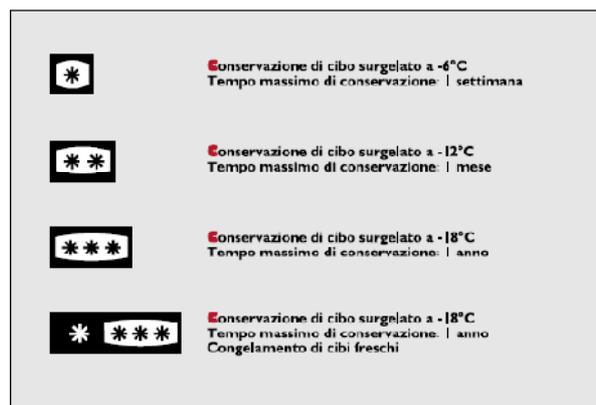


Figura 45: Classificazione degli scomparti congelatori (Fonte ENEA)

Per ogni categoria di apparecchio è stato ricavato un consumo “standard” medio di riferimento, calcolato in base al volume dei vari scomparti e ai consumi medi in Europa, corretto con determinati coefficienti.

Questo consumo standard è il livello di riferimento per calcolare l’indice di efficienza energetica “I” (riportato in Figura 46).

Classe	Indice di efficienza energetica I
A	minore di 55
B	tra 55 e 75
C	tra 75 e 90
D	tra 90 e 100
E	tra 100 e 110
F	tra 110 e 125
G	oltre i 125

Figura 46: classificazione energetica frigoriferi (Fonte ENEA)

All'elenco si aggiungono, inoltre, la A+ e la A++ caratterizzate da indici minori rispettivamente di 30 e di 11 (i frigoriferi appartenenti a queste classi si differenziano anche per la presenza di ulteriori scomparti: tropicale, no frost, cantina, ecc).

Bisogna aggiungere che il calcolo dei consumi suggerito dalla norma non tiene conto della frequenza di apertura/chiusura del frigorifero, ma offre comunque dei valori di riferimento per valutare le prestazioni energetiche tra le varie alternative tecnologiche presenti sul mercato.

Nella Figura 47 vengono riportati i consumi di un classico frigorifero con scomparto cibi freschi e congelatore al variare della classe energetica di appartenenza.

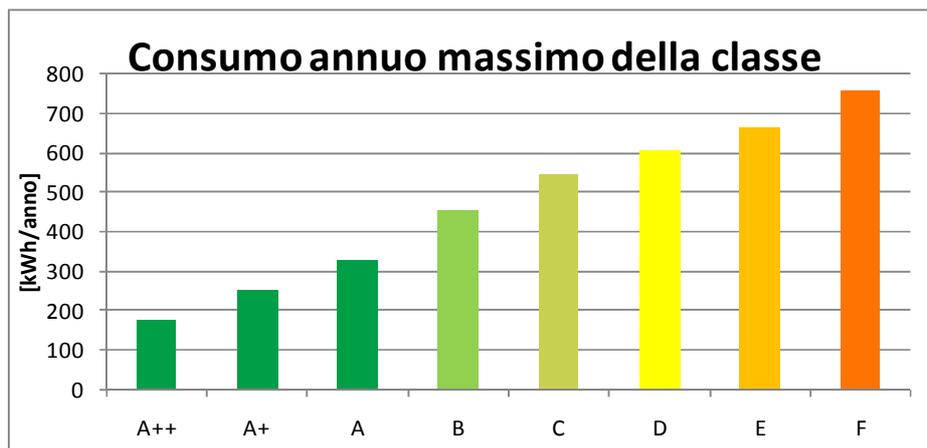


Figura 47: Confronto consumi delle differenti classi energetiche per un frigo congelatore ^(***) da 290l

Pertanto, la LCCA basata su tale metodo di calcolo dei consumi permetterà di stabilire la convenienza economica della sostituzione di un frigorifero con una ottima attendibilità.

6.4.9. Lavatrici e lavastoviglie

Questi apparecchi sono ad oggi i più utilizzati e anche tra i più energivori presenti nel domestico. Per lavastoviglie e lavatrici si fa riferimento rispettivamente alle direttive 97/17/CE e 95/12/CE, riguardanti le modalità di etichettatura e di calcolo dei consumi per la classificazione energetica. Nella Figura 48 vengono riportati i consumi per diversa classe energetica relativi ad una ipotesi di utilizzo della lavatrice (capacità 5 kg, 8 lavaggi a settimana per 45 settimane all'anno).

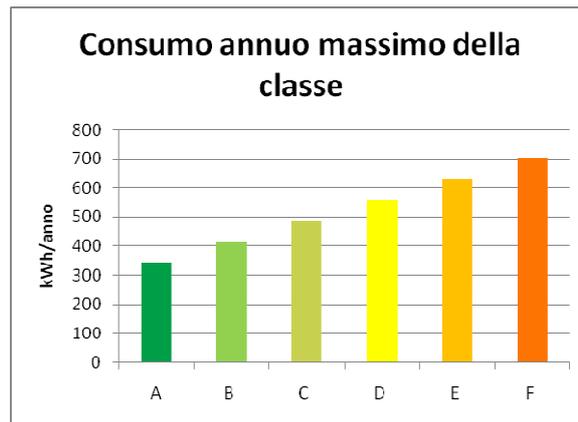


Figura 48: Confronto consumi tipo per le lavatrici

Per le lavastoviglie il meccanismo è identico, cambiano soltanto i limiti di consumo per ogni classe (l'esempio riportato in Figura 49 è riferito ad una lavastoviglie da 5 coperti, 8 lavaggi a settimana per 45 settimane all'anno).

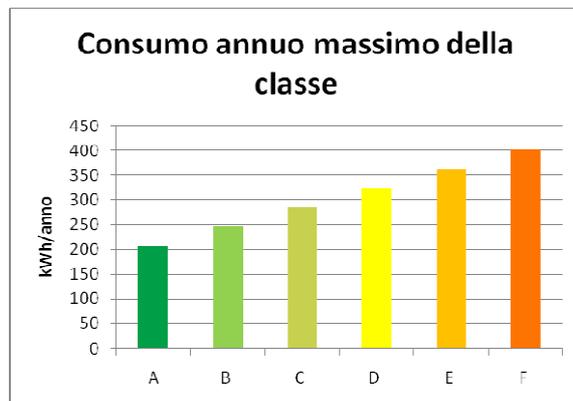


Figura 49: Confronto consumi tipo per le lavastoviglie

Rispetto ai riferimenti standard per l'etichettatura energetica sulla base dei quali sono stati effettuati i calcoli di consumo, i dati reali potrebbero differire significativamente a seconda delle condizioni di utilizzo.

In questo caso la LCCA mette in evidenza il forte vantaggio derivante dalla sostituzione, ad esempio, di un apparecchio in classe D con uno in classe A. Il risparmio dei costi cumulati è elevato e i tempi di ritorno molto brevi (un NS di circa 500 € e un DPB di circa un anno).

E' bene sottolineare che nel caso degli elettrodomestici possono essere ottenuti maggiori risparmi energetici solamente con un corretto utilizzo degli stessi.

6.4.10. SOLARE TERMICO: PANNELLI SOLARI

6.4.10.1. Valutazioni tecnico-economiche

Il solare termico è la tecnologia concettualmente più semplice per catturare l'energia del sole e convertire l'irraggiamento solare in energia termica e rientra tra i modi più razionali e puliti per scaldare l'acqua o l'aria nell'utilizzo domestico e produttivo.

Gli impianti solari termici sono oggi una tecnologia affidabile e matura per il mercato e può essere molto vantaggiosa se utilizzata, ove possibile, non solo come integrazione per la produzione di acqua calda sanitaria, ma anche per il riscaldamento degli ambienti. Impianti solari medi e grandi, progettati, installati e mantenuti con cura per ottenere una quota di copertura solare significativa del fabbisogno totale di calore (cioè senza accumulo stagionale di calore), sono oggi la possibilità più redditizia di sfruttamento del solare termico negli edifici.

Il solare termico a bassa temperatura viene sfruttato nel settore civile con tre tecnologie di base:

- pannelli in materiale plastico,
- collettori piani vetrati,
- collettori sottovuoto.

La prima soluzione è caratterizzata dai costi più bassi ed è adatta all'impiego estivo, in quanto l'assenza di copertura vetrata comporta perdite per convezione troppo elevate per un uso con basse temperature esterne. L'acqua da riscaldare attraversa direttamente il pannello, evitando i costi e le complicazioni impiantistiche dello scambiatore. Essa rappresenta pertanto la soluzione ideale per gli stabilimenti balneari, i campeggi, le piscine scoperte e le residenze di villeggiatura estiva.



Figura 50: Pannelli in materiale plastico

I collettori piani sono la tecnologia più diffusa e più adattabile. Rispetto a quelli in plastica offrono una resa buona tutto l'anno. Da un punto di vista costruttivo sono disponibili varie soluzioni che si

distinguono per la selettività della piastra assorbente, per i materiali (rame, acciaio inox e alluminio anodizzato) e per la circolazione forzata o naturale (meno costose, più affidabili, ma meno integrabili con le strutture architettoniche da un punto di vista estetico, perché il serbatoio di accumulo deve essere posizionato più in alto del pannello e nelle immediate vicinanze).



Figura 51: Collettori piani

I collettori sottovuoto presentano il rendimento migliore in tutte le stagioni (circa un 15-20% di aumento di produzione energetica), grazie al sostanziale annullamento delle perdite per convezione. Il costo maggiore rispetto alla soluzione piana, comunque, ne consiglia l'adozione solo in casi particolari (temperature dell'acqua più elevate e/o clima rigido). Sono nella maggior parte dei casi di forma tubolare, permettendo l'inclinazione ottimale della piastra captante, anche se disposti secondo superfici orizzontali o verticali.



Figura 52: Collettori sottovuoto

I principali utilizzi della tecnologia solare termica sono:

- riscaldamento di acqua calda sanitaria (ACS) e riscaldamento ad uso domestico;
- riscaldamento (o preriscaldamento) di acqua ad uso industriale
- riscaldamento di ambienti (diretto o tramite pompa di calore, pannelli radianti a pavimento o a parete);
- riscaldamento di acqua per piscine;
- produzione di energia elettrica (sperimentale).

La climatizzazione degli ambienti deve superare l'ostacolo della variabilità della domanda di energia nel corso dell'anno, prevalentemente in opposizione di fase con la disponibilità di energia solare. Per questo motivo si è sviluppata e si sta affermando negli ultimi anni, in modo particolare nelle regioni del Nord Europa, una nuova tipologia di impianti solari per la climatizzazione: si tratta

dei cosiddetti sistemi combinati. Gli impianti solari combinati riscaldano l'acqua per usi sanitari e forniscono anche un contributo importante al riscaldamento degli ambienti.

I pannelli solari essendo una tecnologia efficiente rientra tra gli interventi che possono usufruire dei Titoli di Efficienza Energetica (o Certificati Bianchi). L'Autorità ha quindi previsto una scheda standard di valutazione dei risparmi conseguiti attraverso impiego di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria (scheda tecnica n°8).

La scheda di valutazione LCCA che prende in considerazione il solo utilizzo per l'acqua calda sanitaria, mette in evidenza le difficoltà di un ritorno economico per questa. Solo l'utilizzo della detrazione fiscale al 55% per i pannelli solari (introdotto dalla Finanziaria 2007) o altri incentivi a livello locale possono sostenere l'intervento e garantire tempi di ritorno interessanti.

7. DOCUMENTAZIONE

2.2.1 Pompe di calore e la ricompressione meccanica del vapore:

Info generali

- <http://www.manualegeotermia.it/>
- <http://www.loft-gmbh.de>
- Calcolo della quota di energia rinnovabile nel calore generato dalle pompe di calore, Giuseppe Tomassetti per MSE, 17 Marzo 2009

Fornitori

- <http://www.geotherm.it/>
- <http://www.aermec.it/default.asp>
- <http://www.vaillant.it/Utenti/sistemi-e-prodotti/geotermico/#geotermico>
- http://www.sofath.com/default_it.cfm
- <http://www.geothermie.ch/data/dokumente/TechnischeNotizen/IT/Scheda1.pdf>
- http://www.riello.it/catalogo/professionale/pompe_di_calorepompe_di_calore_geotermiche-190.html
- http://www.climaveneta.it/Brochure_commerciali.693.0.html
- http://www.tecnologiepulite.it/Documenti/settori%20produttivi/BAT%20agroalimentare/energia_ricompressione%20meccanica%20del%20vapore.pdf
- http://www.solzi.it/art_mvc.htm
- <http://www.tecnocasearia.it/index.html>
- <http://www.hrs-spiratube.com/it/default.aspx>
- <http://serpente.ricercadisistema.it/Documentazione/Documentazione.asp>
- Studio di fattibilità sull'utilizzo della ricompressione meccanica del vapore nell'industria birraria e sull'ottimizzazione dei recuperi termici in stabilimento, CSE Bilanci Energetici, 1994

2.2.2 Pompe elettromagnetiche:

- esperienze dell'autore

2.2.3 Tecniche separative:

Info generali

- Membrane technologies for environmental applications, Claudio Fabiani ENEA 1993
- Tecnologie di processo per il recupero e la valorizzazione delle componenti del siero di latte, Massimo Pizzichini, ENEA 2006

Fornitori

- www.Septra.it

- <http://www.corimpex.com/chi.htm>
- <http://www.tecna-italy.com/index.html>
- <http://www.enomeccanicabosio.it/filtrazione.aspx>
- <http://www.oliverogar.com/home.php>
- <http://www.dellatoffola.it/>
- http://www.mapu.it/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1
- <http://www.osmotec.com/>
- <http://www.idroconsult.com/>

2.2.4 Cottura a secco delle farine alimentari:

- Centro Applications performants de l'électricité, Les Renardier EdF, 1989 visita dell'autore

2.2.5 Processi ad alta pressione:

- Centro innovazione integrato sui processi alimentari ENEA Trisaia

2.2.6 Impieghi della CO2 supercritica

- Laboratorio tecnologie alimentari ENEA Trisaia
- Laboratoire fluids supercritiques et membranes, CEA Pierrelatte
- Centro innovazione integrato sui processi alimentari ENEA Trisaia
- Applicazioni industriali dei fluidi supercritici, Pignatelli, Barontini, ENEA, 1992

2.2.7 Taglio d'acqua ad alta pressione:

- Swissjet technology (Lugano); Ecomondo 2008
- Pilota di separazione a getto d'acqua ad alta pressione per il riciclaggio di rifiuti solidi, ENSAM, Francia, Mission Novelect, EdF 2002

2.2.8 Liofilizzazione:

- Centro innovazione integrato sui processi alimentari ENEA Trisaia

2.2.9 Accumulo di frigoriferie:

- Tecnologie efficienti di accumulo, Daniele Forni, [www.fire.it/gestione dell'energia/tecnologie efficienti/sistemi di accumulo](http://www.fire.it/gestione%20dell%20energia/tecnologie%20efficienti/sistemi%20di%20accumulo)
- <http://saint-gobain-seva.com>

2.3.1 Riscaldamento resistivo ad effetto Joule

- Centro Applications performants de l'électricité, Les Renardier EdF, 1989 visita dell'autore
- Cahiers des industries alimentaires, EdF 1998

2.3.2 Tecnologie di riscaldamento ad induzione:

- European workshop: INDUCTION IN INDUSTRY, Bilbao 30 September 1993

Documentazione cucina a induzione:

Info generali

- Ufficio federale della sanità pubblica(svizzera)
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/03156/index.html?lang=it>
- <http://www.chefdicucinamagazine.com/eventi/aiuto-cos-linduzione.htm>

Fornitori

- <http://www.silko.it/ITA/>
- <http://www.aeg-electrolux.it/>
- <http://www.sangiorgio-elettrodomestici.it/index.php>

2.3.3 Torcia al plasma:

- Plasma Hazardous Waste Treatment Systems, CSM
- The Plasma Treatment of Incinerator Ashes, Tetronics Limite

2.3.4 Irraggiamento con particelle ionizzanti:

- Laboratorio impianto Calliope, Stefania Baccaro, ENEA Casaccia
- Environmental Process, Electron Beam, Radiation Technology Pioneer, Korea
- INFN, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, diffusion e test di irraggiamento con Electron Beam
- Workshop: nuove tecnologie per la Purificazione dell'Acqua, ISOF – CNR & LARA, Bologna
- Facts about food irradiation, <http://iaea.org/icgfi/>

2.3.5 Tecnologie basate sull'impiego delle radiofrequenze e delle microonde:

- Laboratorio di elettrotermia, università di Padova
- Laboratori di applicazione elettrotermica a radiofrequenza e microonde, dipartimento ingegneria dei materiali, università di Modena
- Id – Solutions Università degli Studi di Parma
- Tecal, Laboratorio Tecnologie Impianti per l'industrie Alimentari, Emilia Romagna
- <http://www.stalam.com/>

- Applicazioni Industriali di Radiofrequenza e Microonde, Gaetano Bellanca, Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Firenze
- <http://www.microwaves.it>, Bi Elle s.r.l
- www.rfsystems.it

2.3.6 Ultravioletti:

- www.verniciindustriali.it
- <http://www.ist-uv.com/en/>

2.3.7 Impieghi delle radiazioni infrarosse:

- <http://www.infrared.philips.com>
- <http://www.stalam.com/>

2.3.8 Campi elettrici pulsati:

- Laboratoire fluids supercritiques et membranes, CEA Pierrelatte
- <http://www.hrseng.com>

2.3.9 Ricoprimenti superficiali o riporti superficiali:

- <http://www.oerlikonbalzerscoating.com>
- http://www.ing.unitn.it/colombo/RIVESTIMENTI_DA_FASE_VAPORE/indice.htm

2.3.10 Utilizzo delle radiazioni luminose mediante LASER:

- <http://www.primaindustrie.it/>
- Il laser nella saldatura e nel taglio, Atti del Convegno, Bologna, 23 maggio 2002
- <http://www.trisaia.enea.it/stazionelaser.htm>
- www.centrolaser.it/it/lavorazioni1.html

2.4.1 Applicazione dell'ozono per demolizione di inquinanti:

- Impianto consortile di depurazione di Baciacavallo
- Tintoria Novalac Sant'Arcangelo di Romagna

2.4.2 L'elettrolisi dell'acqua:

- Documenti ENEA
-

2.4.3 Diodi con emissione di luce- LED:

Informazioni generali

- Illuminazione LED –Biblioteca Tecnica Hoepli- Gianni Forcolini Dipartimento In.D.A.Co politecnico Milano
- L'illuminazione funzionale a LED:un mito o una realtà? <http://www.cielobuio.org>
- Semafori a LED -<http://www.fire-italia.it>
Fornitori
- <http://www.ledcity.it/ledcities.html>
- <http://www.led.it/index.php>
- <http://www.domocomp.com/ita/index.php>

2.4.4 Controllo della trasparenza delle vetrate:

- <http://www.sage-ec.com>

2.5.1 Informatica diffusa:

2.5.2 Apparecchi portatili

2.5.3 Nanotecnologie:

- Nano scienza e nanotecnologie dalla ricerca alle applicazioni , Elisabetta Borsella, ENEA 2008

8. NOTE SUGLI AUTORI

Giuseppe Tomassetti è vice-presidente della Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE). È uno dei maggiori esperti nazionali nel campo dell'efficienza energetica e dell'uso razionale dell'energia. Ha curato i contenuti del documento, fornendo la visione di quadro, anche storico, delle tecnologie innovative, la loro analisi, l'individuazione dei limiti e barriere alla loro diffusione, nonché gli elementi per l'identificazione delle strategie per una loro efficace promozione.

Daniele Forni è Responsabile Tecnico della Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE). È ingegnere esperto di tecnologie efficienti e di normativa tecnica in ambito energetico ed impiantistico. Ha curato principalmente alcuni aspetti legati all'analisi con metodologia *Life Cycle Costing* (LCC).

Paolo Mastropiero ha svolto presso la Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE) lo stage della laurea biennale in ingegneria occupandosi di LCCA. Ha contribuito alla raccolta del materiale, ha sviluppato alcuni dei fogli di calcolo e dei documenti.

Vincenza Dettoli collabora con la Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE) sui temi della cogenerazione e delle tecnologie efficienti. Ha contribuito allo sviluppo dei fogli di calcolo, delle relative istruzioni e alla stesura dei testi.

Ennio Ferrero è responsabile scientifico per ENEA del tema di ricerca "*Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali*" nell'ambito dell'Accordo di Programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'ENEA. È esperto di efficienza energetica e tecnologie efficienti; ha curato l'impostazione dello studio, definendone l'inquadramento nell'ambito delle attività relative al citato tema di ricerca ed i contenuti in funzione delle esigenze del target d'utenza individuato. Ha contribuito principalmente nelle fasi di individuazione dei settori a maggior potenziale di penetrazione delle elettrotecnologie innovative e dei limiti e barriere alla loro diffusione.

Allegati

Sono di seguito riportate le stampe dei primi due fogli dei dieci file Excel per la valutazione semplificata della LCCA.

Compressori

L'obiettivo di questa scheda è confrontare attraverso un'analisi LCC i consumi dei compressori tradizionali con carico e scarico del serbatoio a monte della distribuzione alle utenze, rispetto alle più recenti tecnologie che permettono di regolare la portata mandata dal compressore attraverso la variazione del numero di giri.

Istruzioni per l'uso della scheda

Il calcolo dei consumi sarà effettuato nei fogli "[Consumi base](#)" e "[Consumi alternativo](#)", mentre i dati di input dovranno essere inseriti nel foglio "[Dati e risultati](#)" nelle caselle evidenziate in celeste.

Nella parte **Parametri Compressore Load/Unload** dovranno essere inseriti:

- Potenza meccanica sull'albero del compressore;
- Fattore empirico sul rendimento (da immettere direttamente o da calcolare nel foglio "[Database](#)"): rapporto tra il lavoro teorico, calcolato sotto l'ipotesi di compressione isoterma e quello reale ;
- Ore di utilizzo annue ;
- Volume del serbatoio ricevente (più grande è il volume minore sarà la frequenza di accensione del compressore);
- Portata di aria compressa richiesta;
- Pressione minima (a cui attacca il compressore);
- Pressione di regolazione :differenza tra pressione di attacco e pressione di stacco del compressore;
- Perdite nel circuito rispetto alla richiesta (relative al circuito di distribuzione alle utenze);
- Costo iniziale (0 se il compressore è esistente).

Nella parte **Parametri Compressore con eventuale VSD** (regolazione della velocità di rotazione) i dati di potenza, ore di funzionamento, portata di aria mandata e fattore empirico restano gli stessi immessi nel funzionamento tradizionale, mentre, dovranno essere inseriti nuovamente:

- Volume del serbatoio ricevente;
- Pressione minima (a cui attacca il compressore);
- Pressione di regolazione (intervallo);
- Perdite nel circuito rispetto alla richiesta;
- Controllo VSD;
- Costo iniziale.

Nella parte **Parametri Economici** i dati da inserire sono:

- Tasso di sconto reale (tasso d'interesse usato per calcolare il valore attuale di flussi di cassa futuri dell'investimento);
- Inflazione;
- Costo dell'energia elettrica;
- Titoli di efficienza energetica (dove possibili o richiesti).

Nella parte bassa del foglio verranno riportati i **Risultati dell'LCCA** in termini di :

- LCC: costo complessivo attualizzato;
- Costo cumulato attualizzato dell'energia elettrica;
- NS (risparmio netto attualizzato):differenza tra LCC caso base e LCC con inverter;
- SIR (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;
- AIRR (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;
- DPB (tempo di ritorno attualizzato dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno

Sarà, inoltre, possibile analizzare le variazioni di tali indici al variare del costo dell'energia elettrica, selezionando il collegamento "[Analisi di sensibilità](#)" oppure aprendo direttamente il foglio "[Analisi](#)".

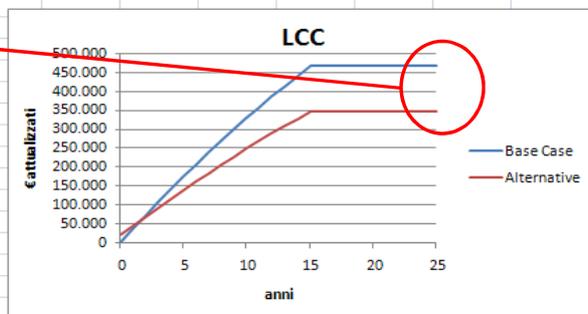
Infine, viene proposta una ulteriore analisi relativa al recupero termico ottenibile dal circuito di raffreddamento del compressore, i risparmi in termini di consumo e di costo equivalenti di gas naturale.

Di seguito viene riportato un esempio di calcolo.

Sistemi ad aria compressa		Caselle per i dati di input:
Parametri Compressore Load/Unload:		
Potenza meccanica sull'albero del compressore:	90 kW	
Fattore empirico sul rendimento (da database) <input type="checkbox"/> Valore personalizzato	0,53	Il valore (compr... Per calcolarlo
Ore di utilizzo annue (1+8760):	5.000 h/anno	
Volume del serbatoio ricevente:	2.000 l	
Portata di aria compressa richiesta:	10 l/s	Imme...
Pressione minima (a cui attacca il compressore):	7 bar	Imme...
Pressione di regolazione (intervallo):	1,8 bar	
Perdite nel circuito rispetto alla richiesta:	41 %	
Costo iniziale (0 se il compressore è esistente):	0 €	
Parametri Compressore con eventuale VSD:		
Potenza meccanica sull'albero del compressore:	90 kW	
Fattore empirico sul rendimento (da database):	0,53	
Ore di utilizzo annue:	5.000 h/anno	
Volume del serbatoio ricevente:	2.000 l	
Portata di aria compressa richiesta:	10 l/s	Imme...
Pressione minima (a cui attacca il compressore):	7 bar	Imme...
Pressione di regolazione (intervallo):	1,7 bar	
Perdite nel circuito rispetto alla richiesta:	41 %	
Controllo VSD:	<input checked="" type="checkbox"/> VSD:	
Costo iniziale:	20.000 €	
Periodo di studio:	15 anni	
Parametri economici:		
Tasso di sconto reale:	3 %	
Inflazione:	2,4 %	
E nominale (en. elettrica):	3,1 %	
e reale (en. elettrica):	0,7 %	
costo dell'en. elettrica:	0,1 €/kWh	
Titoli di efficienza energetica stimati:	<input checked="" type="checkbox"/> TEE?	Attenzione: il risparmio conseguito n...

Risultati dell'LCCA

LCC Base Case:	467.789 €
LCC Alternative:	347.890 €
NS (Net Savings):	119.899 €
SIR (Savings to Investment):	6,99
AIRR (Adjusted Rate of Return):	17,26 %
DPB (Discounted Payback):	1,70 anni



Analisi di sensibilità

Tonnellate di CO ₂ evitate:	793,48 tCO ₂
--	-------------------------

Recupero del Calore

I seguenti valori approssimati di recupero non sono stati inseriti nei calcoli economici; vogliono soltanto fornire all'utente un'idea delle grandezze in gioco. Il recupero di calore realmente eseguibile dipende dal tipo di compressore, dal sistema di scambio termico e dalla tipologia di utilizzo del calore.

Calore recuperabile annualmente:	186.699 kWh _t	In caso di raffreddamento ad aria il calore è reso disponibile ad una tem...
Risparmi di gas naturale:	22.892 Sm ³ /anno	In caso di raffreddamento ad acqua il calore è reso disponibile ad una ...
Risparmi economici:	13.735 €/anno	
Sovrainvestimento stimato per il sistema di recupero:	7.948 €	

Note: Essendo il recupero termico inversamente proporzionale all'efficienza del processo, risulta evidente che in caso di utilizzo di VSD il calore recuperabile di...
Nonostante ciò, in caso di utilizzo di VSD, la portata di fluido riscaldato sarà più costante rispetto al caso Load/Unload, nel quale il compressore attacca...

I valori di gas naturale evitato e conseguenti risparmi energetici sono stati trovati a partire dalle seguenti ipotesi:	H ₂ gas:	9,595 kWh/Sm ³
	η caldaia	0,85

Sistemi ad aria compressa

Caselle per i dati di input del progetto

Parametri Compressore Load/Unload:

Potenza meccanica sull'albero del compressore:	90 kW
Fattore empirico sul rendimento (da database):	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 0,53
Per calcolarlo dai dati del proprio compressore andare al foglio "Database"	
Ore di utilizzo annue (1÷8760):	5.000 h/anno
Volume del serbatoio ricevente:	2.000 l
Portata di aria compressa richiesta:	10 l/s
Pressione minima (a cui attacca il compressore):	7 bar
Pressione di regolazione (intervallo):	1,8 bar
Perdite nel circuito rispetto alla richiesta:	41 %
Costo iniziale (0 se il compressore è esistente):	0 €

Il valore (compreso tra 0 e 1) è il rapporto tra il lavoro teorico, nell'ipotesi di compressione isoterma, e quello reale.

Immettere il valore di portata richiesta in condizioni standard (20 °C e pressione d'esercizio)
Immettere la pressione letta sul manometro (relativa)

Parametri Compressore con eventuale VSD:

Potenza meccanica sull'albero del compressore:	90 kW
Fattore empirico sul rendimento (da database):	0,53
Ore di utilizzo annue:	5.000 h/anno
Volume del serbatoio ricevente:	2.000 l
Portata di aria compressa richiesta:	10 l/s
Pressione minima (a cui attacca il compressore):	7 bar
Pressione di regolazione (intervallo):	1,7 bar
Perdite nel circuito rispetto alla richiesta:	41 %
Controllo VSD:	<input checked="" type="checkbox"/> VSD?
Costo iniziale:	20.000 €

Immettere il valore di portata richiesta in condizioni standard (20 °C e pressione d'esercizio)
Immettere la pressione letta sul manometro (relativa)

Periodo di studio: 15 anni

Parametri economici:

Tasso di sconto reale:	3 %
Inflazione:	2,4 %
E nominale (en. elettrica):	3,1 %
e reale (en. elettrica):	0,7 %
costo dell'en. elettrica:	0,1 €/kWh

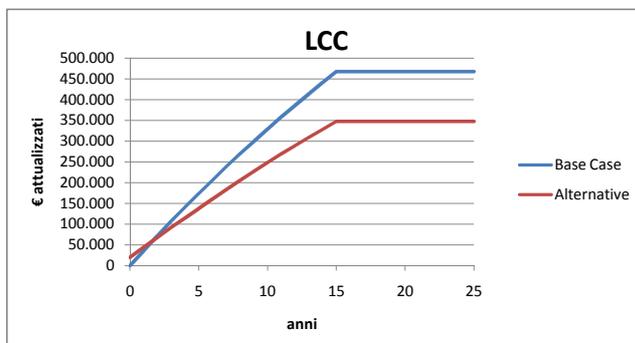
Titoli Efficienza Energetica: TEE? Titoli di efficienza energetica stimati (in assenza di una scheda la richiesta di TEE andrà presentata con una valutazione a consuntivo)
Attenzione: il risparmio conseguito non è sufficiente per ricevere TEE. I risparmi energetici sono però cumulabili con quelli ottenuti da altri interventi.

Risultati dell'LCCA

LCC Base Case:	467.789 €
LCC Alternative:	347.890 €
NS (Net Savings):	119.899 €
SIR (Savings to Investment):	6,99
AIRR (Adjusted Rate of Return):	17,26 %
DPB (Discounted Payback):	1,70 anni

Analisi di sensibilità

Tonnellate di CO₂ evitate: 793,48 tCO₂



Recupero del Calore

I seguenti valori approssimati di recupero non sono stati inseriti nei calcoli economici; vogliono soltanto fornire all'utente un'idea delle grandezze in gioco.
Il recupero di calore realmente eseguibile dipende dal tipo di compressore, dal sistema di scambio termico e dalla tipologia di utilizzo del calore.

Calore recuperabile annualmente:	186.699 kWh _t	In caso di raffreddamento ad aria il calore è reso disponibile ad una temperatura di 60 °C (massimo). In caso di raffreddamento ad acqua il calore è reso disponibile ad una temperatura di 90 °C (massimo).
Risparmi di gas naturale:	22.892 Sm ³ /anno	
Risparmi economici:	13.735 €/anno	
Sovrainvestimento stimato per il sistema di recupero:	7.948 €	

Note: Essendo il recupero termico inversamente proporzionale all'efficienza del processo, risulta evidente che in caso di utilizzo di VSD il calore recuperabile diminuirà. Nonostante ciò, in caso di utilizzo di VSD, la portata di fluido riscaldato sarà più costante rispetto al caso Load/Unload, nel quale il compressore attacca e stacca.

I valori di gas naturale evitato e conseguenti risparmi energetici sono stati trovati a partire dalle seguenti ipotesi:

H ₂ gas:	9,595 kWh _t /Sm ³
η caldaia:	0,85
costo gas:	0,60 €/Sm ³

Motori elettrici

L'obiettivo di questa scheda è confrontare i motori tradizionali con motori a efficienza 1 (per facilitare il confronto si fa riferimento ai soli motori ad alta efficienza a 4 poli, 400V e 50Hz e si ipotizza la stessa vita utile per entrambi i motori ma si possono scegliere diversi intervalli e costi di

Istruzioni per l'uso della scheda

Il calcolo dei consumi sarà effettuato nel foglio "Classi e Consumi", mentre i dati di input dovranno essere inseriti nel foglio "Dati e risultati" nelle caselle evidenziate in celeste.

Nella parte **Parametri tecnici** dovranno essere scelti:

- Potenza;
- Coefficiente di carico;
- Ore di utilizzo annue;
- Periodo di studio.

Nella parte **Parametri Economici** i dati da inserire sono:

- Tasso di sconto reale (tasso d'interesse usato per calcolare il valore attuale di flussi di cassa futuri dell'investimento);
- Inflazione;
- Costo dell'energia elettrica.
- Detrazione del 20% e Titoli di efficienza energetica (dove possibili o richiesti).

Per entrambi i motori , inoltre, dovranno essere scelti:

- Costo installazione inclusa;
- Costo manutenzione;
- Intervallo di manutenzione;
- Tipologia di turnazione (un turno, due turni, ecc).

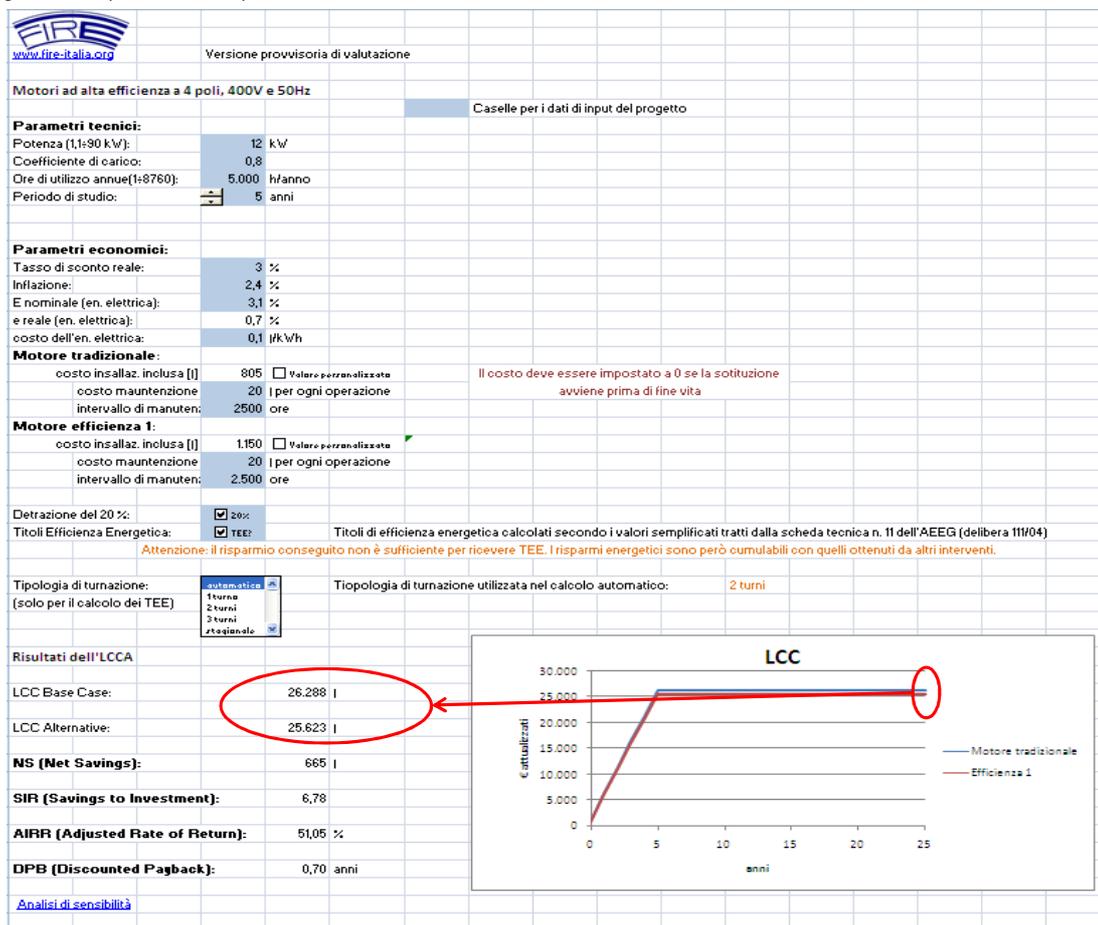
Nella parte bassa del foglio verranno riportati i **Risultati dell'LCCA** in termini di :

- LCC: costo complessivo attualizzato;
- Costo cumulato attualizzato dell'energia elettrica;
- NS (risparmio netto attualizzato): differenza tra LCC caso base e LCC con inverter;
- SIR (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;

AIRR (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;
DPB (tempo di ritorno attualizzato dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno

Inoltre sarà possibile analizzare le variazioni di tali indici al variare del costo dell'energia elettrica, selezionando il collegamento "Analisi di sensibilità" oppure aprendo direttamente il foglio "Analisi".

Di seguito viene riportato un esempio di calcolo.



The screenshot shows the FIRE software interface for motor evaluation. It includes input fields for technical and economic parameters, a comparison between traditional and efficiency 1 motors, and a summary of LCCA results. A line graph titled 'LCC' compares the cumulative costs of a traditional motor and an efficiency 1 motor over 25 years. The efficiency 1 motor shows a lower cumulative cost, reaching a break-even point around year 5.

Parametri tecnici:	
Potenza (1:1-90 kW):	12 kW
Coefficiente di carico:	0,8
Ore di utilizzo annue(1:8760):	5.000 h/anno
Periodo di studio:	5 anni

Parametri economici:	
Tasso di sconto reale:	3 %
Inflazione:	2,4 %
E nominale (en. elettrica):	3,1 %
e reale (en. elettrica):	0,7 %
costo dell'en. elettrica:	0,1 €/kWh

Motore tradizionale:	
costo installaz. inclusa [I]	805 <input type="checkbox"/> Valore parametrizzato
costo manutenzione	20 I per ogni operazione
intervallo di manuten:	2500 ore

Motore efficienza 1:	
costo installaz. inclusa [I]	1.150 <input type="checkbox"/> Valore parametrizzato
costo manutenzione	20 I per ogni operazione
intervallo di manuten:	2.500 ore

Detrazione del 20 %: 20%
 Titoli Efficienza Energetica: TEE

Titoli di efficienza energetica calcolati secondo i valori semplificati tratti dalla scheda tecnica n. 11 dell'AEEG (delibera 11/04)
 Attenzione: il risparmio conseguito non è sufficiente per ricevere TEE. I risparmi energetici sono però cumulabili con quelli ottenuti da altri interventi.

Tipologia di turnazione: **Automatica**
 (solo per il calcolo dei TEE)

Tipologia di turnazione utilizzata nel calcolo automatico: **2 turni**

Risultati dell'LCCA	
LCC Base Case:	26.288 I
LCC Alternative:	25.623 I
NS (Net Savings):	665 I
SIR (Savings to Investment):	6,78
AIRR (Adjusted Rate of Return):	51,05 %
DPB (Discounted Payback):	0,70 anni

[Analisi di sensibilità](#)

Motori ad alta efficienza a 4 poli, 400V e 50Hz

Caselle per i dati di input del progetto

Parametri tecnici:

Potenza (1,1+90 kW): 12 kW
 Coefficiente di carico: 0,8
 Ore di utilizzo annue(1+8760): 5.000 h/anno
 Periodo di studio: 5 anni

Parametri economici:

Tasso di sconto reale: 3 %
 Inflazione: 2,4 %
 E nominale (en. elettrica): 3,1 %
 e reale (en. elettrica): 0,7 %
 costo dell'en. elettrica: 0,1 €/kWh

Motore tradizionale:

costo insallaz. inclusa [€] 805 Valore personalizzato
 costo manutenzione 20 € per ogni operazione
 intervallo di manutenz 2500 ore

Il costo deve essere impostato a 0 se la sostituzione avviene prima di fine vita

Motore efficienza 1:

costo insallaz. inclusa [€] 1.150 Valore personalizzato
 costo manutenzione 20 € per ogni operazione
 intervallo di manutenz 2.500 ore

Detrazione del 20 %: 20%

Titoli Efficienza Energetica: TEE?

Titoli di efficienza energetica calcolati secondo i valori semplificati tratti dalla scheda tecnica n. 11 dell'AEEG (delibera 111/04)

Attenzione: il risparmio conseguito non è sufficiente per ricevere TEE. I risparmi energetici sono però cumulabili con quelli ottenuti da altri interventi.

Tipologia di turnazione: automatico

(solo per il calcolo dei TEE)

1 turno
 2 turni
 3 turni
 stagionale

Tipologia di turnazione utilizzata nel calcolo automatico:

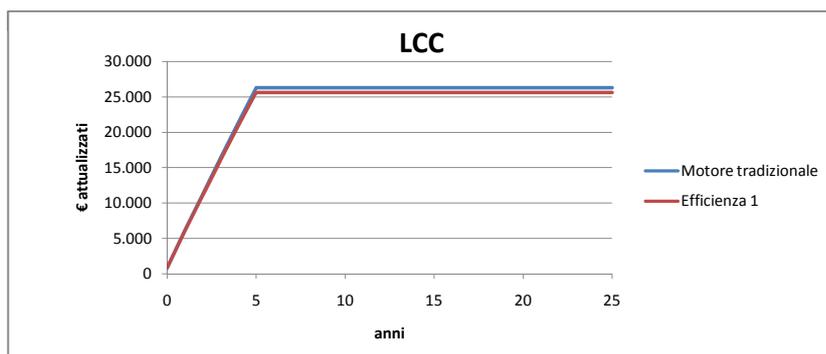
2 turni

Risultati dell'LCCA

LCC Base Case: 26.288 €
 LCC Alternative: 25.623 €
 NS (Net Savings): 665 €
 SIR (Savings to Investment): 6,78
 AIRR (Adjusted Rate of Return): 51,05 %
 DPB (Discounted Payback): 0,70 anni

Analisi di sensibilità

Risparmi energetici 1.514 kWh_e/anno
 Tonnellate di CO₂ evitate: 0,76 tCO₂/anno



Pompe e ventilatori

La movimentazione di pompe e ventilatori è prodotta da motori elettrici (solitamente trifase) che ruotano ad una velocità costante. L'intervento di regolazione sulla portata erogata è tradizionalmente legato a due metodi:

Accensione/spengimento del motore con serbatoio polmone a valle;

Utilizzo di valvole di strozzamento

Tali metodi , però, portano rispettivamente ad una maggiore usura con diminuzione della vita utile del motore e ad un peggioramento del rendimento della pompa o del ventilatore (nel caso del ventilatore lo strozzamento avviene tramite serrande a valle o ancor meglio a monte, in quanto non sussistono problemi di cavitazione). L'alternativa è l'utilizzo di inverter che regolano la velocità di rotazione del motore, lasciando invariato il rendimento della macchina e con conseguente riduzione dei consumi elettrici .

Obiettivo della scheda è quello di confrontare i metodi di regolazione tradizionali con il sistema ad inverter attraverso l LCCA.

Istruzioni per l'uso della scheda

Nella parte **Parametri tecnici** i dati da inserire sono:

Potenza;

Prevalenza statica in % . In alternativa si potrà calcolare specificando:

Portata nominale erogata;

Prevalenza statica assoluta;

Prevalenza nominale.

Selezione del **Periodo di studio**.

Tipo di **regolazione esistente** (on/off o strozzamento)

Numero di **Regimi di utilizzo** e per ognuno scegliere:

Orr di funzionamento a quel regime;

% di portata erogata rispetto alla nominale.

Nella parte **Parametri Economici** i dati da inserire sono:

Tasso di sconto reale (tasso d'interesse usato per calcolare il valore attuale di flussi di cassa futuri dell'investimento);

Inflazione;

Costo dell'energia elettrica.

Costo Inverter (possibilità di inserire un **vaalore prsonalizzato**).

Detrazione del 20% e Titoli di efficienza energetica (dove possibili o richiesti).

Nella parte bassa del foglio verranno riportati i **Risultati dell'LCCA** in termini di :

LCC: costo complessivo attualizzato;

Costo cumulato attualizzato dell'energia elettrica;

NS (risparmio netto attualizzato): differenza tra LCC caso base e LCC con inverter;

SIR (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;

AIRR (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;

DPB (tempo di ritorno attualizzato dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno

Inoltre sarà possibile analizzare le variazioni di tali indici al variare del costo dell'energia elettrica, selezionando il collegamento "**Analisi di sensibilità**" oppure aprendo direttamente il foglio "**Analisi**".

In basso è riportato un esempio di calcolo.

Parametri tecnici:

Potenza: 10 kW

Prevalenza statica (% della prevalenza nominale): Parametro che assume valori bassi per ventilatori (circa 0) e pome di circolazione (< 20%), valori alti per pompe di sollevamento (tra 40 e 60%).

valore calcolato per pompe di sollevamento

Portata nominale erogata: 5 l/s

Prevalenza statica assoluta: 20 m

Prevalenza nominale: 102 m

Prevalenza statica (% della prevalenza nominale): 19,6 %

valore che verrà utilizzato nei calcoli: 19,6 %

Ore di utilizzo annue (riempire i regimi): 3.000 h/anno

Periodo di studio: 13

Regolazione esistente: on/off con serbatoio strozzamento

Regimi di utilizzo (da 1 a 5): 4 Selezionare il numero di regimi di utilizzo (ore in cui la portata è ridotta rispetto a quella nominale) e poi riempire la tabella sottostante.

	Ore [h/anno]	Ore percentuali [%]	Portata erogata rispetto a quella nominale [%]
Regime 1	200	6,7	90
Regime 2	800	26,7	80
Regime 3	1.000	33,3	60
Regime 4	1.000	33,3	50

Parametri economici:

Tasso di sconto reale: 3 %

Inflazione: 2,4 %

E nominale (en. elettrica): 3,1 %

e reale (en. elettrica): 0,7 %

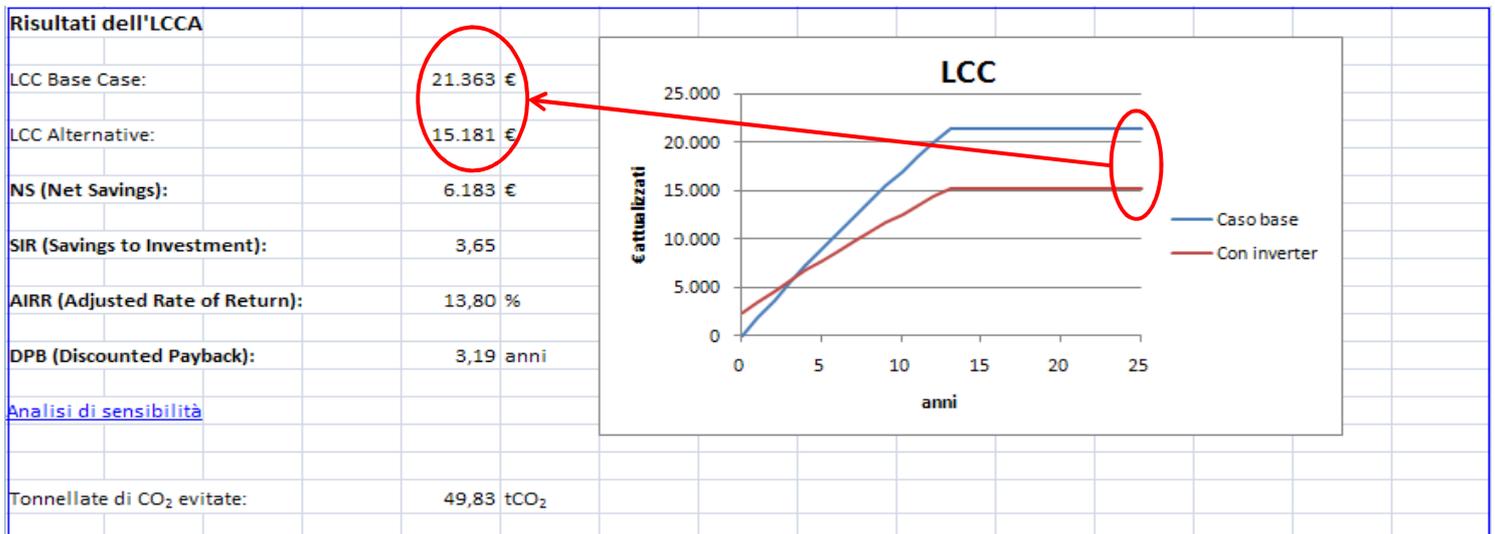
costo dell'en. elettrica: 0,1 €/kWh

Costo Inverter: 2.330 €

valore personalizzato

Detrazione del 20 %: 20% TEE?

Titoli di efficienza energetica stimati (per le pompe esistono delle schede standardizzate: la n° 9 per poter Attenzione: il risparmio conseguito non è sufficiente per ricevere TEE. I risparmi energetici sono però cum



Pompe e Ventilatori

Caselle per i dati di input del progetto

Parametri tecnici:

Potenza: 10 kW

Prevalenza statica (% della prevalenza nominale):
 valore calcolato per pompe di sollevamento
 Portata nominale erogata: 5 l/s
 Prevalenza statica assoluta: 20 m
 valore che verrà utilizzato nei calcoli 19,6 %

Ore di utilizzo annue (riempire i regimi): 2.000 h/anno

Periodo di studio: 10

Regolazione esistente:
 on/off con serbatoio
 strozzamento

Parametro che assume valori bassi per ventilatori (circa 0) e pome di circolazione (< 20%), valori alti per pompe di sollevamento (tra 40 e 60%).

Prevalenza nominale: 102 m
 Prevalenza statica (% della prevalenza nominale): 19,6 %

Regimi di utilizzo (da 1 a 5):

3 Selezionare il numero di regimi di utilizzo (ore in cui la portata è ridotta rispetto a quella nominale) e poi riempire la tabella sottostante.

	Ore [h/anno]	Ore percentuali [%]	Portata erogata rispetto a quella nominale [%]
Regime 1	200	10,0	90
Regime 2	800	40,0	80
Regime 3	1.000	50,0	60

Parametri economici:

Tasso di sconto reale: 3 %

Inflazione: 2,4 %

E nominale (en. elettrica): 3,1 %

e reale (en. elettrica): 0,7 %

costo dell'en. elettrica: 0,1 €/kWh

Costo Inverter: 2.330 €

valore personalizzato

Detrazione del 20 %: 20%

Titoli Efficienza Energetica: TEE?

Titoli di efficienza energetica stimati (per le pompe esistono delle schede standardizzate: la n° 9 per potenze inferiori ai 22kW, oltre la n° 16).

Attenzione: il risparmio conseguito non è sufficiente per ricevere TEE. I risparmi energetici sono però cumulabili con quelli ottenuti da altri interventi.

Risultati dell'LCCA

LCC Base Case: 12.557 €

LCC Alternative: 10.695 €

NS (Net Savings): 1.862 €

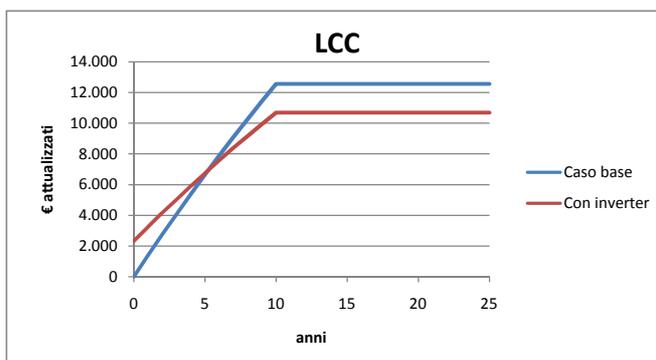
SIR (Savings to Investment): 1,80

AIRR (Adjusted Rate of Return): 9,23 %

DPB (Discounted Payback): 5,28 anni

[Analisi di sensibilità](#)

Tonnellate di CO₂ evitate: 23,75 tCO₂



Trasformatori

L'energia elettrica viene trasmessa dalla centrale di produzione all'utente finale su livelli di tensione decrescenti:

altissima tensione (AAT), alta tensione (AT), media tensione (MT) e bassa tensione (BT)

La trasmissione in alta tensione limita le perdite per effetto Joule ed è quindi utilizzata per il trasporto su lunghe distanze; in prossimità delle utenze, invece, la tensione viene trasformata in MT e BT. I trasformatori hanno, quindi, la funzione di variare il valore della tensione in uscita a parità di potenza trasmessa a seconda delle esigenze. Nell'ambito industriale, ad esempio, l'energia elettrica viene prelevata prevalentemente in MT utilizzando cabine di trasformazione proprie o di proprietà del distributore locale, mentre, nel domestico il prelievo avviene in BT.

Il trasformatore ha **perdite nel traferro** e **perdite per effetto Joule** nelle bobine, quest'ultime variabili col fattore di carico del trasformatore. Obiettivo della scheda è di confrontare i consumi di due trasformatori, rispettivamente a bassa e alta efficienza, e verificare la scelta ottimale delle caratteristiche attraverso un'analisi LCCA.

Istruzioni per l'uso della scheda

Nel foglio "**Dati e risultati**" dovranno essere inseriti i dati per il confronto (le caselle dei dati di input sono evidenziate in celeste e in verde); nei riquadri 1 e 2 sono riportate due tabelle in cui i valori di **potenza, perdite a carico (per effetto joule) e perdite a vuoto (perdite nel traferro)** selezionabili in base alla classificazione CEI EN 50464-1 (che si riferisce a trasformatori ad olio). E' anche possibile introdurre tali valori manualmente selezionando la casella "**valori personalizzati**" (come riportato negli esempi illustrati in seguito). Le caselle celesti e verdi sono riferite rispettivamente ai trasformatori a bassa efficienza e ad alta efficienza (è necessario rispettare questa regola per il corretto funzionamento della scheda: l'inversione della compilazione porta a dei risultati errati dell'analisi economica!).

Se non sono noti i prezzi dei due trasformatori il foglio permette comunque di calcolare il risparmio di energia, di CO₂ e quello economico attualizzato scegliendo il trasformatore più efficiente (2) al posto di quello meno efficiente (1).

Altri dati da inserire nella parte **Parametri tecnici** sono:

Prezzo di acquisto del trasformatore;

Costo di manutenzione;

Intervallo di manutenzione (dopo quante ore è prevista la manutenzione programmata);

Periodo di studio (n° di anni su cui effettuare l'analisi LCCA);

Regime di utilizzo per ogni regime devono essere specificati:

Ore (ore di funzionamento ad un determinato regime di utilizzo. Quando il numero di regimi selezionati è maggiore o uguale a 2 le ore relative al primo regime vengono calcolate automaticamente);

Carico rispetto al nominale (0% se il trasformatore è disconnesso);

Nella parte **Parametri Economici** i dati da inserire sono:

Tasso di sconto reale (tasso d'interesse usato per calcolare il valore attuale di flussi di cassa futuri dell'investimento);

Inflazione;

E nominale (tasso di crescita nominale dell'energia elettrica);

Costo dell'energia elettrica;

Nella parte bassa del foglio verranno riportati i **Risultati dell'LCCA** in termini di :

LCC: costo complessivo attualizzato per entrambi i trasformatori;

Costo cumulato attualizzato dell'energia elettrica;

NS (risparmio netto attualizzato): è la differenza dei due LCC

SIR (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;

AIRR (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;

DPB (tempo di ritorno attualizzato dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno

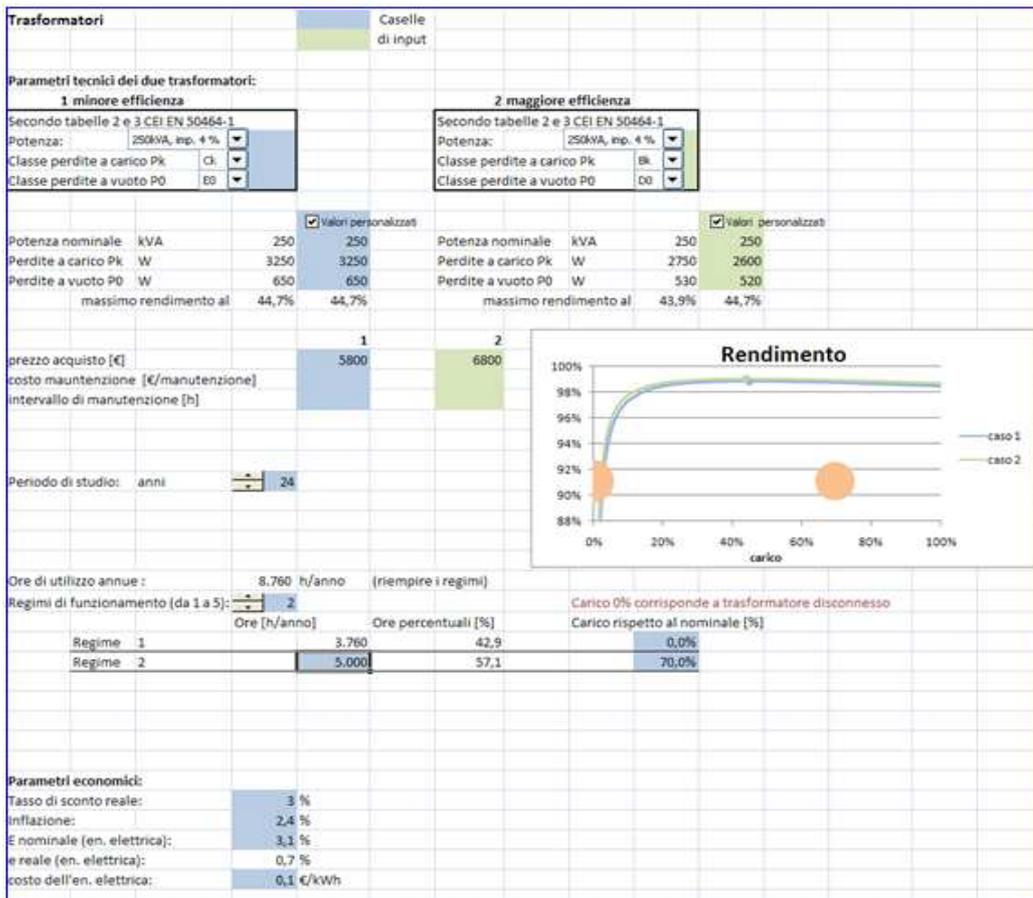
con la possibilità di variare il costo dell'energia elettrica selezionando il collegamento "**Analisi di sensibilità**" oppure aprendo direttamente il foglio "**Analisi**".

Nel foglio "**Consumi e costi**" sarà possibile visionare i valori di minor consumo di energia elettrica ed emissioni evitate di CO₂ relativi alla scelta del trasformatore 1 rispetto al trasformatore 2.

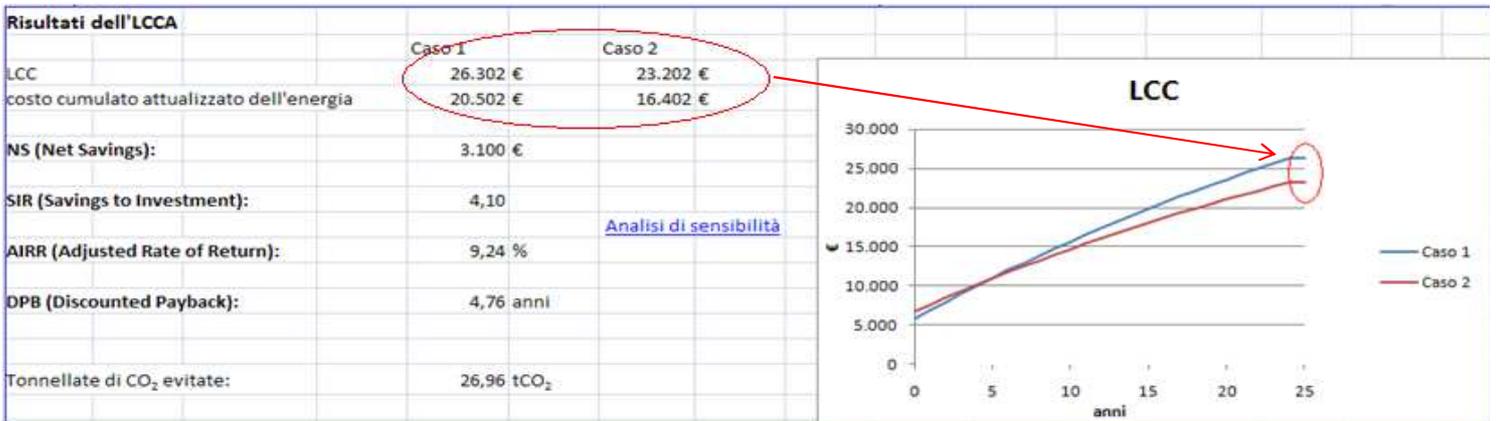
Nel foglio "**CEE**" è possibile valutare i risparmi prodotti da un trasformatore più efficiente stimati secondo il metodo utilizzato per il meccanismo di incentivazione francese dei CEE.

I fogli "**LCCA, Sens1, Sens2, Sens3, Sens4**" sono di sola visualizzazione dei calcoli relativi ad LCCA e analisi di sensibilità.

Di seguito viene riportato un esempio realizzato con i fogli di calcolo presenti in questa scheda.



In questa simulazione si è fatto riferimento ad un trasformatore che asserva un gruppo di motori elettrici. Sono stati utilizzati come possibili scelte due trasformatori ad olio e non è stata considerata nessuna manutenzione programmata. I dati di input relativi alla potenza e alle perdite sono stati immessi come "personalizzati" e non scelti dalla tabella perché i valori di listino non corrispondevano a quelli classificati dalla norma. Il periodo di studio (vita utile assunta) è di 24 anni con due regimi di funzionamento, 70% di carico nominale per 5000 ore/anno e 0% per le restanti 3760 ore (scelta semplificata). Nel grafico "Rendimento" sono riportate le curve dei due trasformatori a confronto e sono anche evidenziati con delle aree circolari i regimi di carico scelti.



Dai risultati ottenuti si osserva che l'indice LCC del primo trasformatore è maggiore a causa dei più alti costi relativi al maggior consumo di energia elettrica con un payback del l'investimento attualizzato di 4,76 anni.

Trasformatori



Parametri tecnici dei due trasformatori:

1 minore efficienza

Secondo tabelle 2 e 3 CEI EN 50464-1
 Potenza: 250kVA, imp. 4 %
 Classe perdite a carico Pk Ck
 Classe perdite a vuoto P0 E0

2 maggiore efficienza

Secondo tabelle 2 e 3 CEI EN 50464-1
 Potenza: 250kVA, imp. 4 %
 Classe perdite a carico Pk Bk
 Classe perdite a vuoto P0 D0

Valori personalizzati

Potenza nominale	kVA	250	250
Perdite a carico Pk	W	3250	3250
Perdite a vuoto P0	W	650	650
massimo rendimento al		44,7%	44,7%

Valori personalizzati

Potenza nominale	kVA	250	250
Perdite a carico Pk	W	2750	2600
Perdite a vuoto P0	W	530	520
massimo rendimento al		43,9%	44,7%

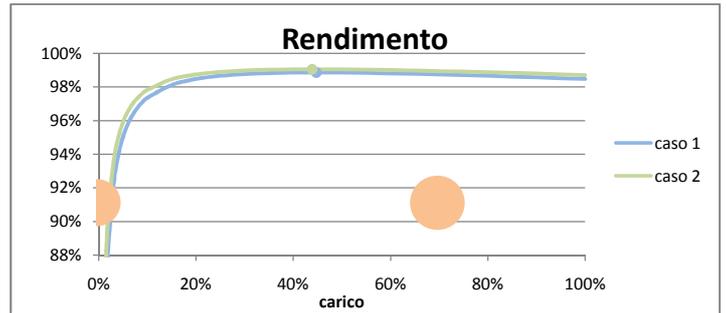
prezzo acquisto [€]	1	5800	2	6800
costo manutenzione [€/manutenzione]				
intervallo di manutenzione [h]				

Periodo di studio: anni

Ore di utilizzo annue : 8.760 h/anno (riempire i regimi)

Regimi di funzionamento (da 1 a 5):

Regime	Ore [h/anno]	Ore percentuali [%]	Carico rispetto al nominale [%]
1	3.760	42,9	0,0%
2	5.000	57,1	70,0%



Carico 0% corrisponde a trasformatore disconnesso
 Carico rispetto al nominale [%]

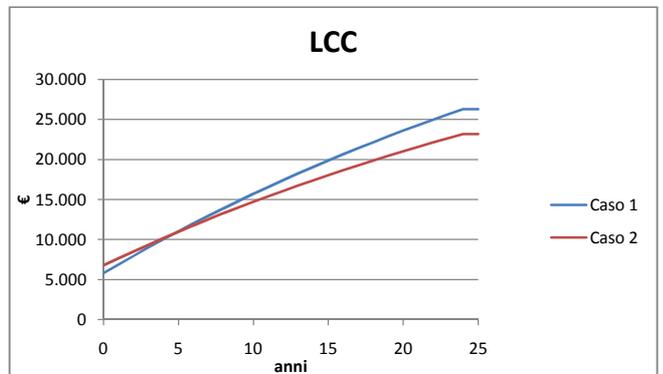
Parametri economici:

Tasso di sconto reale:	3 %
Inflazione:	2,4 %
E nominale (en. elettrica):	3,1 %
e reale (en. elettrica):	0,7 %
costo dell'en. elettrica:	0,1 €/kWh

Risultati dell'LCCA

	Caso 1	Caso 2
LCC	26.302 €	23.202 €
costo cumulato attualizzato dell'energia	20.502 €	16.402 €
NS (Net Savings):	3.100 €	
SIR (Savings to Investment):	4,10	
AIRR (Adjusted Rate of Return):	9,24 %	
DPB (Discounted Payback):	4,76 anni	
Tonnellate di CO ₂ evitate:	26,96 tCO ₂	

[Analisi di sensibilità](#)



Illuminazione esterni

L'obiettivo di questa scheda è confrontare le varie tecnologie di illuminazione presenti sul mercato, in termini di costi relativi all' investimento e ai consumi energetici, ovvero attraverso un' analisi LCC (per facilitare il confronto si è fatto riferimento alla stessa disposizione e allo stesso numero di lampade installate).

Istruzioni per l'uso della scheda

Il calcolo dei consumi sarà effettuato nei fogli "Consumi base" e "Consumi alternativo", mentre i dati di input dovranno essere inseriti nel foglio "Dati e risultati" nelle caselle evidenziate in celeste.

Nella parte **Parametri generali** dovranno essere inseriti:

Numero lampade;
Ore di accensione annue;
Flusso luminoso richiesto;
Periodo di studio;
Larghezza della carreggiata illuminata;
Interdistanza pali;
Altezza pali.

Gli altri **Parametri** da inserire nel **caso base** e nel **caso alternativo** sono:

Tipologia lampada;
Costo singola lampada;
Costo della **Manutenzione (sostituzione)**;
Potenza parassita all'alimentatore (% di P_a).

In output il foglio restituirà:

Flusso luminoso della singola lampada;
Potenza assorbita;
Vita utile della lampada;
Efficienza luminosa (rapporto tra flusso luminoso e potenza elettrica assorbita);
Illuminamento risultante approssimato

I valori di flusso luminoso, potenza assorbita e vita utile della singola lampada potranno essere scelti direttamente dall'utente selezionando la voce "valori personalizzati".

Nella parte **Parametri Economici** i dati da inserire sono:

Tasso di sconto reale (tasso d'interesse usato per calcolare il valore attuale di flussi di cassa futuri dell'investimento);
Inflazione;
Costo dell'energia elettrica.
Titoli di efficienza energetica (dove possibili o richiesti).

Nella parte bassa del foglio verranno riportati i **Risultati dell'LCCA** in termini di :

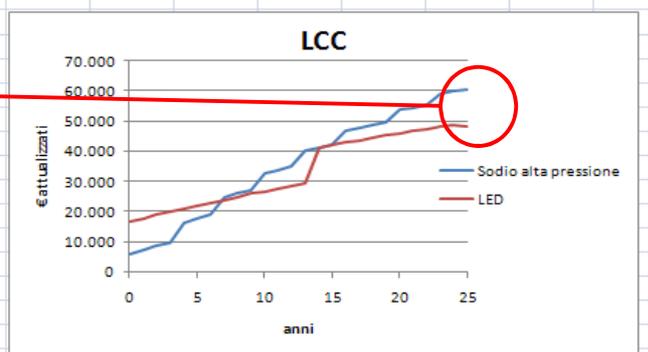
LCC: costo complessivo attualizzato;
Costo cumulato attualizzato dell'energia elettrica;
NS (risparmio netto attualizzato): differenza tra LCC caso base e LCC con inverter;
SIR (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;

AIRR (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;
DPB (tempo di ritorno attualizzato dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno

Inoltre sarà possibile analizzare le variazioni di tali indici al variare del costo dell'energia elettrica, selezionando il collegamento "Analisi di sensibilità" oppure aprendo direttamente il foglio "Analisi".

Di seguito viene riportato un esempio di calcolo.

Illuminazione degli Esterni			
<u>Nota generale: i valori calcolabili tramite questo foglio sono indicativi. Un progetto illuminotecnico non può prescindere da una fase di misurazione della reale efficacia delle lampade.</u>			
Parametri generali			
Numero lampade:	20	Caselle per i dati di input del progetto	
Ore di accensione annue:	4.400 h	Caselle modificabili in presenza di dati attendibili su lampade reali	
Flusso luminoso richiesto:	15.000 lm		
Periodo di studio:	25 anni		
Larghezza della carreggiata illuminata:	8 m		
Interdistanza pali:	15 m		
Altezza pali:	10 m		
Parametri Caso Base (meno efficiente)		Valori da Database (consigliati)	
Tipologia lampada:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> Incandescenza Alogene Fluorescenti lineari Mercurio alta pressione Ioduri metallici Sodio bassa pressione Sodio alta pressione Induzione LED </div>	Efficienza luminosa:	105 lm/W
		Vita utile:	14.000 h
		Temperatura di colore:	2.000 K
		Resa cromatica:	30
		Decadimento del flusso:	30 %
Flusso luminoso:	15.000 lm		
Potenza assorbita:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 143 W		
Vita utile:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 14000 h		
Costo singola lampada:	250 €		
Manutenzione (sostituzione)	50 €		
Efficienza luminosa:	105 lm/W		
Illuminamento risultante approssimato:	25 lx		
Potenza parassita all'alimentatore (% di P ₂):	10 %		
Parametri Caso Alternativo (più efficiente)		Valori da Database (consigliati)	
Tipologia lampada:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> Incandescenza Alogene Fluorescenti lineari Mercurio alta pressione Ioduri metallici Sodio bassa pressione Sodio alta pressione Induzione LED </div>	Efficienza luminosa:	110 lm/W
		Vita utile:	60.000 h
		Temperatura di colore:	5.000 K
		Resa cromatica:	70
		Decadimento del flusso:	15 %
Flusso luminoso:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 15.000 lm	Attenzione: la tecnologia LED è in continua evoluzione, soprattutto per quanto riguarda i valori	
Potenza assorbita:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 136 W		
Vita utile:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 60.000 h		
Costo singola lampada:	800 €		
Manutenzione (sostituzione)	30 €		
Efficienza luminosa:	110 lm/W		
Illuminamento risultante approssimato:	31 lx		
Potenza parassita all'alimentatore (% di P ₂):	10 %		
Regolazione del flusso luminoso:	<input checked="" type="checkbox"/> si		
Attenuazione percentuale del flusso:	40 %		
Percentuale di ore con attenuazione:	30 %		
Parametri economici:			
Tasso di sconto reale:	3 %		
Inflazione:	2,4 %		
E nominale (en. elettrica):	3,1 %	e reale (en. elettrica):	0,7 %
costo dell'en. elettrica:	0,1 €/kWh _e		
Titoli Efficienza Energetica:	<input checked="" type="checkbox"/> TEE?	Titoli di efficienza energetica stimati (in assenza di una scheda la richiesta di TEE andrà presentata mediante una Attenzione: il risparmio conseguito non è sufficiente per ricevere TEE. I risparmi energetici sono però cumulabili con	
Risultati dell'LCCA			
LCC Base Case:	60.589 €		
LCC Alternative:	48.047 €		
NS (Net Savings):	12.541 €		
SIR (Savings to Investment):	Parametro non utilizzabile per questo intervento		
AIRR (Adjusted Rate of Return):	Parametro non utilizzabile per questo intervento		
DPB (Discounted Payback):	14,26 anni		
Analisi di sensibilità			
Tonnellate di CO ₂ evitate:	27,71 tCO ₂		



Illuminazione degli Esterni

Nota generale: i valori calcolabili tramite questo foglio sono indicativi. Un progetto illuminotecnico non può prescindere da una fase di misurazione della reale efficacia delle lampade.

Parametri generali

Numero lampade:	20	Caselle per i dati di input del progetto
Ore di accensione annue:	4.400 h	
Flusso luminoso richiesto:	15.000 lm	Caselle modificabili in presenza di dati attendibili su lampade reali
Periodo di studio:	25 anni	
Larghezza della carreggiata illuminata:	8 m	
Interdistanza pali:	15 m	
Altezza pali:	10 m	

Parametri Caso Base (meno efficiente)

Tipologia lampada:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> Incandescenza Alogene Fluorescenti lineari Mercurio alta pressione Ioduri metallici Sodio bassa pressione Sodio alta pressione Induzione LED </div>
Flusso luminoso:	15.000 lm
Potenza assorbita:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 143 W
Vita utile:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 14000 h
Costo singola lampada:	250 €
Manutenzione (sostituzione):	50 €
Efficienza luminosa:	105 lm/W
Illuminamento risultante approssimato:	25 lx
Potenza parassita all'alimentatore (% di P _a):	10 %

Valori da Database (consigliati)

Efficienza luminosa:	105 lm/W
Vita utile:	14.000 h
Temperatura di colore:	2.000 K
Resa cromatica:	30
Decadimento del flusso:	30 %

Parametri Caso Alternativo (più efficiente)

Tipologia lampada:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> Incandescenza Alogene Fluorescenti lineari Mercurio alta pressione Ioduri metallici Sodio bassa pressione Sodio alta pressione Induzione LED </div>
Flusso luminoso:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 15.000 lm
Potenza assorbita:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 136 W
Vita utile:	<input type="checkbox"/> Valore personalizzato 60.000 h
Costo singola lampada:	800 €
Manutenzione (sostituzione):	30 €
Efficienza luminosa:	110 lm/W
Illuminamento risultante approssimato:	31 lx
Potenza parassita all'alimentatore (% di P _a):	10 %
Regolazione del flusso luminoso:	<input checked="" type="checkbox"/> sì
Attenuazione percentuale del flusso:	40 %
Percentuale di ore con attenuazione:	30 %

Valori da Database (consigliati)

Efficienza luminosa:	110 lm/W
Vita utile:	60.000 h
Temperatura di colore:	5.000 K
Resa cromatica:	70
Decadimento del flusso:	15 %

Attenzione: la tecnologia LED è in continua evoluzione, soprattutto per quanto riguarda i valori di efficienza luminosa.

Parametri economici:

Tasso di sconto reale:	3 %		
Inflazione:	2,4 %		
E nominale (en. elettrica):	3,1 %	e reale (en. elettrica):	0,7 %
costo dell'en. elettrica:	0,1 €/kWh _e		

Titoli Efficienza Energetica: TEE? Titoli di efficienza energetica stimati (in assenza di una scheda la richiesta di TEE andrà presentata mediante una valutazione a consuntivo)

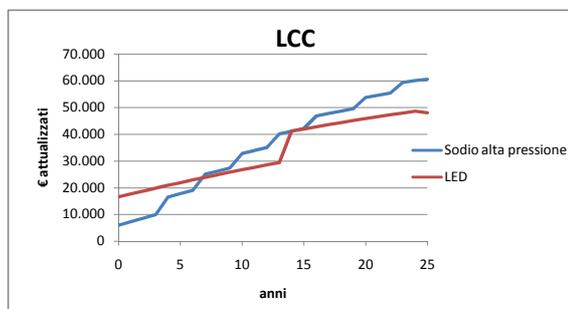
Attenzione: il risparmio conseguito non è sufficiente per ricevere TEE. I risparmi energetici sono però cumulabili con quelli ottenuti da altri interventi.

Risultati dell'LCCA

LCC Base Case:	60.589 €
LCC Alternative:	48.047 €
NS (Net Savings):	12.541 €
SIR (Savings to Investment):	non calcolabile
AIRR (Adjusted Rate of Return):	#VALORE! %
DPB (Discounted Payback):	14,26 anni

Analisi di sensibilità

Tonnellate di CO₂ evitate: 27,71 tCO₂



Semafori LED

Il termine "**LED**" è un acronimo che sta per "Light Emitting Diode", ovvero "diodo che emette luce". Il grande vantaggio di queste lampade è la durata (possono arrivare a 100.000 ore di funzionamento) associata ad un'efficienza luminosa molto elevata (circa 100 lm/W), destinata peraltro a crescere. Hanno dei costi relativamente alti rispetto ai sistemi tradizionali, compensati però dalla forte riduzione degli interventi di manutenzione e da una maggiore sicurezza (migliore visibilità in condizioni critiche ed elevata affidabilità della lampada). Una delle applicazioni più vantaggiose è il **semaforo LED**: la durata delle lampade LED è maggiore di 10 volte quella alle tradizionali lampade semaforiche (oltre al vantaggio dell'assenza di parabola e quindi dell'effetto fantasma) ed il consumo di energia risulta minore di circa il 70%.

Istruzioni per l'uso della scheda

(le caselle di input sono evidenziate in celeste e in verde)

Nel foglio **Dati e Risultati** l'utente dovrà inserire:

Valori personalizzati di potenza e costo delle lampade (in alternativa ai valori consigliati preimpostati);

Numero di semafori installati (distinti per tipologia);

Durata funzionamento intermittenza notturna : ore al giorno in cui il semaforo funziona con il giallo intermittente;

Il calcolo dei consumi effettivi può essere completato dall'immissione dei dati:

% sovrapposizione: quanto tempo in % la luce gialla è accesa insieme a quella verde (in questo caso la sovrapposizione si può anche trascurare) o nel caso dei semafori con rosso fisso, quanto in % le lampade verdi e gialle direzionali sono accese insieme al rosso;

% acceso su intermittenza notturna: % del tempo di accensione della lampada (gialla) riferita ad un periodo di intermittenza. Di solito è il 50%;

Ore di accensione giornaliera (nel caso in cui il semaforo venga acceso solo alcune ore al giorno e le restanti rimanga spento). Di solito è 24 ore.

Inoltre l'utente dovrà inserire:

Costo montaggio iniziale;

Costo manutenzione programmata;

Intervallo di manutenzione: numero di mesi prima dell'intervento di manutenzione;

Periodo di studio: numero di anni su cui si desidera calcolare LCC;

Nella parte **Parametri Economici** i dati da inserire sono:

Tasso di sconto reale (tasso d'interesse usato per calcolare il valore attuale di flussi di cassa futuri dell'investimento);

Inflazione;

E nominale (tasso di crescita nominale dell'energia elettrica);

Costo dell'energia elettrica.

Nella parte bassa del foglio verranno riportati i **Risultati dell'LCCA** in termini di :

LCC (costo complessivo attualizzato) per entrambi i semafori;

Costo cumulato attualizzato dell'energia elettrica;

NS (risparmio netto attualizzato): è la differenza dei due LCC

SIR (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;

AIRR (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;

DPB (tempo di ritorno attualizzato dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno.

I consumi energetici dei due casi a confronto, il risparmio energetico e le emissioni di CO2 evitate verranno calcolati nel foglio **Consumi e costi** (nelle celle evidenziate in giallo). Mentre, aprendo il collegamento "**analisi di sensibilità**" dal foglio **Dati e Risultati** si potranno osservare gli andamenti degli indici del LCCA al variare del costo dell'energia elettrica (**foglio Analisi**).

I fogli "**LCCA, Sens1, Sens2, Sens3, Sens4**" sono di sola visualizzazione dei calcoli relativi ad LCCA e analisi di sensibilità.

Di seguito viene riportato un esempio realizzato con i fogli di calcolo presenti in questa scheda.

Parametri tecnici:
I dati preimpostati sono indicativi e si riferiscono a un incrocio

	Potenza lampada [W]	€		Potenza lampada [W]	€
LED	<input type="checkbox"/> Valori personalizzati		Incandescenza	<input type="checkbox"/> Valori personalizzati	
Lampada 200mm	10	120	Lampada 200mm	67	5
Lampada 300mm	16	120	Lampada 300mm	100	5
Lampada pedonale	10	120	Lampada pedonale	67	5
Lanterne 3 luci 200mm	n° 8				
Lanterne 3 luci, 1 a 300mm					
Lantern pedonale a 2 luci					
Lantern pedonale a 3 luci	8				
Intermittenza notturna (ore/giorno, in media)		12			
sovrapposizione (es. giallo o rosso fisso)		10%			
% acceso in intermittenza		50%			
(es. 50% se nel funzionamento intermittente l'intervallo di tempo in cui il giallo è acceso è uguale a quello in cui rimane spento)					

Da variare solo in casi particolari: normalmente per i semafori stradali sono accesi 24 ore di al giorno (anche se alcune in intermittenza)

Ore di accensione giornaliera (anche in intermittenza) ovvero ore/anno di accensione dell'impianto

	LED	Incandescenza
costo lampade [€]	5760	240
costo montaggio iniziale [€]	600	600
costo manutenzione [€/manutenzione]	600	600
intervallo di manutenzione [mesi]	<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="6"/>

Periodo di studio: anni

Parametri economici:

Tasso di sconto reale:	3 %
Inflazione:	2,4 %
E nominale (en. elettrica):	3,1 %
e reale (en. elettrica):	0,7 %
costo dell'en. elettrica:	0,2 €/kWh

Risultati dell'LCCA

	LED	Incandescenza
LCC	13.441 €	34.044 €
costo cumulato attualizzato dell'energia	2.818 €	18.879 €
NS (Net Savings):	20.604 €	
SIR (Savings to Investment):	2,91	
AIRR (Adjusted Rate of Return):	10,60 %	
DPB (Discounted Payback):	2,58 anni	
Tonnellate di CO ₂ evitate:	48,03 tCO ₂	

[Analisi di sensibilità](#)

Anni	Incandescenza (€)	LED (€)
0	0	0
3	~11,348	~4,032
6	~22,696	~8,064
9	~34,044	~12,096
12	~45,392	~16,128
15	~56,740	~20,160

Semafori

Si prevede la sola sostituzione di un impianto esistente tradizionale con un impianto a LED

Parametri tecnici:

I dati preimpostati sono indicativi e si riferiscono a un incrocio

	Potenza lampada [W]	€		Potenza lampada [W]	€
LED	<input type="checkbox"/> Valori personalizzati		Incandescenza	<input type="checkbox"/> Valori personalizzati	
Lampada 200mm	10	120	Lampada 200mm	67	5
Lampada 300mm	16	120	Lampada 300mm	100	5
Lampada pedonale	10	120	Lampada pedonale	67	5

	n°
Lanterne 3 luci 200mm	8
Lanterne 3 luci, 1 a 300mm	
Lanterna pedonale a 2 luci	
Lanterna pedonale a 3 luci	8

Intermittenza notturna (ore/giorno, in media)
 sovrapposizione (es. giallo o rosso fisso)
 % acceso in intermittenza
 (es. 50% se nel funzionamento intermittente l'intervallo di tempo in cui il giallo è acceso è uguale a quello in cui rimane spento)

Da variare solo in casi particolari: normalmente per i semafori stradali sono accesi 24 ore di al giorno (anche se alcune in intermittenza)

Ore di accensione giornaliera (anche in intermittenza) ovvero ore/anno di accensione dell'impianto

	LED	Incandescenza
costo lampade [€]	5760	240
costo montaggio iniziale [€]	600	600
costo manutenzione [€/manutenzione]	600	600
intervallo di manutenzione [mesi]	<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="6"/>

Periodo di studio: anni

Parametri economici:

Tasso di sconto reale: %
 Inflazione: %
 E nominale (en. elettrica): %
 e reale (en. elettrica): %
 costo dell'en. elettrica: €/kWh

Risultati dell'LCCA

	LED	Incandescenza
LCC	14.234 €	36.404 €
costo cumulato attualizzato dell'energia	3.170 €	21.239 €

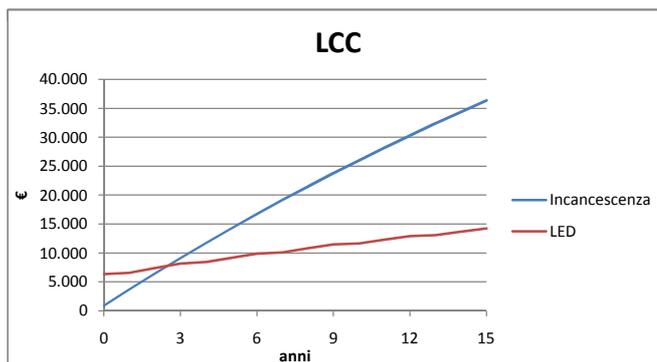
NS (Net Savings): 22.170 €

SIR (Savings to Investment): 3,27

AIRR (Adjusted Rate of Return): 11,47 %

DPB (Discounted Payback): 2,53 anni

Tonnellate di CO₂ evitate: 54,03 tCO₂



[Analisi di sensibilità](#)

Frigoriferi e congelatori

L'obiettivo di questa scheda è confrontare i costi relativi al consumo dei frigoriferi domestici. La legge n°308 del 29 Maggio 1982 obbliga i costruttori di apparecchi di riscaldamento o domestici e agli importatori o ai rivenditori, di munire gli apparecchi di etichetta inerente all'informazione sul consumo di energia. Per frigoriferi e congelatori in particolare si fa riferimento alla Direttiva 94/2/CE della Commissione Europea, che stabilisce le modalità di etichettatura e di calcolo dei consumi per la classificazione energetica degli stessi.

Ai fini di una corretta compilazione si precisa che un apparecchio frigorifero può essere suddiviso in più scomparti, caratterizzati da differenti volumi e temperature che, a loro volta, possono essere contenuti in una o più porte (es. frigorifero a due porte, con scomparto per il cibo fresco nella porta superiore e scomparti a temperature differenti per la congelazione nella porta inferiore).

La scheda prevede più opzioni di scelta ma tipicamente i modelli più diffusi sono i tre stelle e i frigo congelatori.

Istruzioni per l'uso della scheda

Nel foglio "**Dati e Risultati**" dovranno essere inseriti i dati per il confronto tra due frigoriferi dello stesso tipo (le caselle dei dati di input sono evidenziate in celeste), selezionando:

Tipologia del frigorifero (le tipologie "frigorifero***/" e "frigo/congelatore *(***)" ai fini del calcolo dei consumi sono considerati identici);

Numero di scomparti totali dell'apparecchio;

Volume di ogni scomparto.

Tipo di scomparto (ovvero la **temperatura** che caratterizza lo scomparto, che può essere anche personalizzata).

Nel caso di frigoriferi/congelatore verrà riportato un ulteriore parametro (FF) per gli scomparti ventilati.

Per i frigoriferi con più porte è importante selezionare l'opzione corrispondente ("**apparecchi a più porte**").

Ulteriori opzioni

Se il frigorifero a più alta efficienza che si vuole confrontare presenta ulteriori caratteristiche, quali:

Classe climatica (tropicale, subtropicale ed altre classi che caratterizzano esclusivamente i nuovi frigoriferi di classe A++ e A+)

Incasso (un apparecchio si considera «da incasso» solo se è stato progettato esclusivamente per essere installato in un vano della cucina, con necessità di un mobile di rifinitura, e provato come tale.)

Apparecchi ad una porta con scomparto cantina

Il confronto potrà avvenire solamente con un altro frigorifero di classe A++ o A+

Nella parte **Parametri Economici** i dati da inserire sono:

Costo frigo più efficiente

Costo frigo meno efficiente

Tasso di sconto reale (tasso d'interesse usato per calcolare il valore attuale di flussi di cassa futuri dell'investimento);

Inflazione;

E nominale (tasso di crescita nominale dell'energia elettrica);

Costo dell'energia elettrica;

Nella parte bassa del foglio verranno riportati i **Risultati dell'LCCA** in termini di :

LCC (costo complessivo attualizzato);

Costo cumulato attualizzato dell'energia elettrica;

NS (risparmio netto attualizzato): differenza tra LCC dei due frigoriferi;

SIR (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;

AIRR (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;

DPB (tempo di ritorno attualizzato dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno.

con la possibilità di variare il costo dell'energia elettrica selezionando il collegamento "**Analisi di sensibilità**" oppure aprendo direttamente il foglio "**Analisi**".

Di seguito è riportato un esempiodi calcolo.

Frigoriferi e congelatori
 Inserendo i volumi interni dei var scomparti, il prezzo dei diversi modelli e dell'energia elettrica si può valutare la convenienza economica di acquistare un frigo di una certa classe energetica
 I calcoli sono eseguiti in base ai consumi "standard" delle direttive sull'etichettatura energetica dei frigoriferi e possono differire dai consumi riscontrabili nell'utilizzo reale.

Scelta della tipologia (nel caso di apparecchi a più porte scegliere la tipologia dello scomparto a più bassa temperatura)

Frigo/congelatore "(*)" (Ts=18°C **/*(*)*)

Apparecchi a più porte

Ulteriori opzioni solo per le classi A+ e A++
 (se vengono scelte le classi A+G non vengono calcolate)
 Classe climatic altri casi
 Incasso altri casi
 Apparecchio a una porta, con scomparto cantina di volume >=

numero scomparti (1 = 6) 2

Per ogni scomparto si deve inserire volume, temperatura T e (solo per congelatore) presenza "no frost"

La temperatura dello scomparto deve essere compresa tra -21°C e 14°C

Scomparto	Volume [l]	T [°C]	FF (solo per i congelatori, no frost 1,2, normale 1)
Scomparto 1	200 cibo fresco 5°C	5	
Scomparto 2	90 **/*(*)* -18°C	-18	1

cibi freschi bassa temperatura
 volume [litri] 200,0 90,0

classe	kWh/anno
A++	176,5
A+	249,6
A	328,7
B	450,5
C	541,8
D	602,7
E	663,5
F	754,8

Confronto tra frigo + efficiente A++ kWh/anno 176,5
 e frigo - efficiente A kWh/anno 328,7

Parametri economici:
 Il frigo più efficiente consuma 177 kWh/anno e costa 600 €
 Detrazione 20%
 Il frigo meno efficiente o già esistente consuma 329 kWh/anno e costa 400 € (0 se non è da cambiare)
 Detrazione 20%
 Periodo di studio: 10 anni

Tasso di sconto reale: 3 %
 Inflazione: 2,4 %
 E nominale (en. elettrica): 3,1 %
 e reale (en. elettrica): 0,7 %
 costo dell'en. elettrica: 0,17 €/kWh

Risultati dell'LCCA

	frigo più efficiente	frigo meno efficiente o esistente
LCC	745 €	894 €
costo cumulato attualizzato dell'energia	265 €	494 €
NS (Net Savings):	149 €	
SIR (Savings to Investment):	1,74	
AIRR (Adjusted Rate of Return):	8,89 %	
DPB (Discounted Payback):	3,25 anni	

Analisi di sensibilità

Risparmio energetico: 152,187 kWh_e/anno Coefficiente di emissione parco elettrico nazio 0,501 kgCO₂/kWh_e
 Emissioni evitate: 0,076 tCO₂/anno

Frigoriferi e congelatori

Inserendo i volumi interni dei var scomparti, il prezzo dei diversi modelli e dell'energia elettrica si può valutare la convenienza economica di acquistare un frigo di una certa classe energetica

I calcoli sono eseguiti in base ai consumi "standard" delle direttive sull'etichettatura energetica dei frigoriferi e possono differire dai consumi riscontrabili nell'utilizzo reale.

Sceita della tipologia (nel caso di apparecchi a più porte scegliere la tipologia dello scomparto a più bassa temperatura)

Frigo/congelatore *(***) (T≤-18°C ***/*(***)

Apparecchi a più porte

Ulteriori opzioni solo per le classi A+ e A++
(se vengono scelte le classi A÷G non vengono calcolate)

Classe climatica altri casi

Incasso altri casi

Apparecchio a una porta, con scomparto cantina di volume >=15l

numero scomparti (1 ÷ 6)

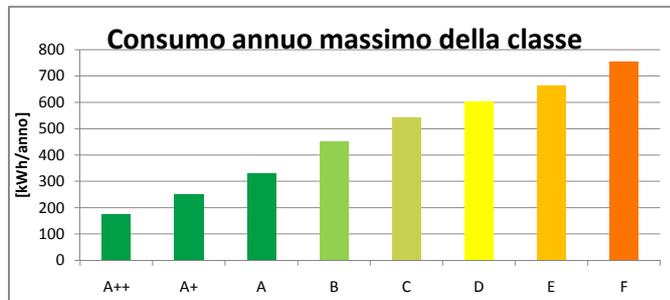
Per ogni scomparto si deve inserire volume, temperatura T e (solo per congelatore) presenza "no frost"

La temperatura dello scomparto deve essere compresa tra -21°C e 14°C

	Volume [l]	T [°C]	FF (solo per i congelatori, no frost 1,2, normale 1)
Scomparto 1	200 cibo fresco 5°C	5	
Scomparto 2	90 ***/*(***) -18°C	-18	1

cibi freschi volume [litri] 200,0
bassa temperatura volume [litri] 90,0

classe	kWh/anno
A++	176,5
A+	249,6
A	328,7
B	450,5
C	541,8
D	602,7
E	663,5
F	754,8



Confronto tra frigo + efficiente A++ 176,5 kWh/anno
e frigo - efficiente A 328,7 kWh/anno

Parametri economici:

Il frigo più efficiente consuma 177 kWh/anno e costa 600 €

Detrazione 20%

Il frigo meno efficiente o già esistente consuma 329 kWh/anno e costa 400 € (0 se non è da cambiare)

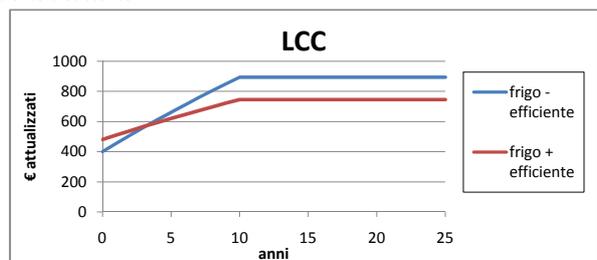
Detrazione 20%

Periodo di studio: anni

Tasso di sconto reale: 3 %
Inflazione: 2,4 %
E nominale (en. elettrica): 3,1 %
e reale (en. elettrica): 0,7 %
costo dell'en. elettrica: 0,17 €/kWh

Risultati dell'LCCA

	frigo più efficiente	frigo meno efficiente o esistente
LCC	745 €	894 €
costo cumulato attualizzato dell'energia	265 €	494 €
NS (Net Savings):	149 €	
SIR (Savings to Investment):	1,74	
AIRR (Adjusted Rate of Return):	8,89 %	
DPB (Discounted Payback):	3,25 anni	



Risparmio energetico: 152,187 kWh_e/anno Coefficiente di emissione parco elettrico nazionale 0,501 kgCO₂/kWh_e

Emissioni evitate: 0,076 tCO₂/anno

Lavatrici e lavastoviglie

L'obiettivo di questa scheda è confrontare i consumi relativi a lavatrici o lavastoviglie al variare delle classi energetiche di appartenenza.

Per lavastoviglie e lavatrici si fa riferimento rispettivamente alle direttive 97/17/CE e 95/12/CE, riguardanti le modalità di etichettatura e di calcolo dei consumi per la classificazione energetica.

I dati dell'etichettatura energetica delle lavatrici si riferiscono a un lavaggio dei capi di cotone a 60°C.

N.B. Rispetto ai riferimenti standard per l'etichettatura energetica sulla base dei quali sono stati effettuati i calcoli di consumo, i dati reali potrebbero differire significativamente a seconda delle condizioni di utilizzo.

Istruzioni per l'uso della scheda

Nel foglio "[Dati e Risultati](#)" dovranno essere inseriti i dati per il confronto tra due macchine dello stesso tipo (le caselle dei dati di input sono evidenziate in celeste), selezionando:

Lavatrice/lavastoviglie;

Lavaggi a settimana;

Settimane all'anno;

Scelta della classe energetica relativa alla macchina più efficiente;

Scelta della classe energetica relativa alla macchina meno efficiente.

Come output il foglio restituirà:

Lavaggi all'anno;

Tabella con consumi relativi alle varie classi energetiche e grafico associato.

Nella parte **Parametri Economici** i dati da inserire sono:

Costo lavatrice/lavastoviglie più efficiente

Costo lavatrice/lavastoviglie meno efficiente

Tasso di sconto reale (tasso d'interesse usato per calcolare il valore attuale di flussi di cassa futuri dell'investimento);

Inflazione;

E nominale (tasso di crescita nominale dell'energia elettrica);

Costo dell'energia elettrica;

Periodo di studio.

Nella parte bassa del foglio verranno riportati i **Risultati dell'LCCA** in termini di :

LCC (costo complessivo attualizzato);

Costo cumulato attualizzato dell'energia elettrica;

NS (risparmio netto attualizzato): differenza tra LCC dei due frigoriferi;

SIR (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;

AIRR (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;

DPB (tempo di ritorno attualizzato dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno.

con la possibilità di variare il costo dell'energia elettrica selezionando il collegamento "[Analisi di sensibilità](#)" oppure aprendo direttamente il foglio "[Analisi](#)".

Di seguito è riportato un esempio di calcolo.

Lavatrici e lavastoviglie

Lastoviglie
 Lavatrice

capacità [kg di bucato] 5

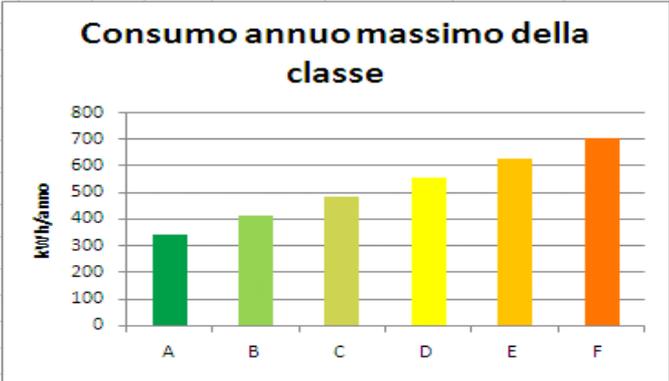
Lavaggi a settimana 8

Settimane all'anno 45

Lavaggi all'anno 360

kWh/ciclo cotone normale a 60°C kWh/anno

Classe	kWh/ciclo	kWh/anno
1 A	0,95	342
2 B	1,15	414
3 C	1,35	486
4 D	1,55	558
5 E	1,75	630
6 F	1,95	702



Confronto tra macchina + efficiente A 342 kWh/anno e macchina - efficiente D 558 kWh/anno

Parametri economici:

la più efficiente consuma 342 kWh/anno e costa 500 €

la meno efficiente o già esistente consuma 558 kWh/anno e costa 350 € (0 se non è da cambiare)

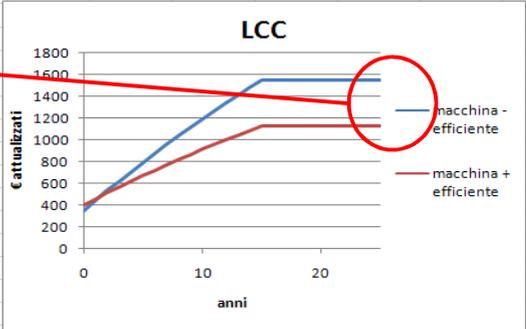
Tasso di sconto reale: 3 %
 Inflazione: 2,4 % Detrazione 20%
 E nominale (en. elettrica): 3,1 %
 e reale (en. elettrica): 0,7 %
 costo dell'en. elettrica: 0,17 €/kWh

Periodo di studio: 15 anni

Risultati dell'LCCA

	macchina più efficiente	macchina meno efficiente o esistente
LCC	1.131 €	1.542 €
costo cumulo attualizzato dell'energia	731 €	1.192 €
NS (Net Savings):	411 €	
SIR (Savings to Investment):	3,74	
AIRR (Adjusted Rate of Return):	12,47 %	
DPB (Discounted Payback):	1,40 anni	

[Analisi di sensibilità](#)



Risparmio energetico: 216,000 kWh_e/anno

Emissioni evitate: 0,108 tCO₂/anno

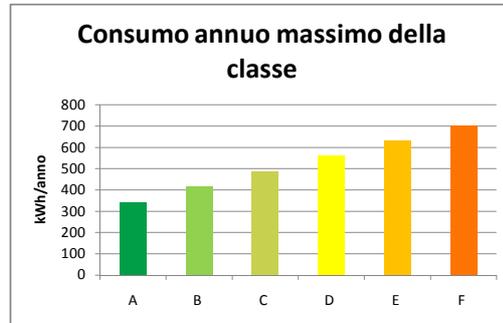
Coefficiente di emissione parco elettrico nazionale: 0,501 kgCO₂/kWh_e

Lavatrici e lavastoviglie

- Lavastoviglie
- Lavatrice

capacità [kg di bucato]	5
Lavaggi a settimana	8
Settimane all'anno	45
Lavaggi all'anno	360

Classe	kWh/ciclo cotone normale a 60°C	
	kWh/anno	kWh/anno
1 A	0,95	342
2 B	1,15	414
3 C	1,35	486
4 D	1,55	558
5 E	1,75	630
6 F	1,95	702



Confronto tra macchina + efficiente	A	▼	342 kWh/anno
e macchina - efficiente	D	▼	558 kWh/anno

Parametri economici:

la più efficiente consuma e costa	342 kWh/anno	500 €
la meno efficiente o già esistente consuma e costa	558 kWh/anno	350 € (0 se non è da cambiare)

Tasso di sconto reale:	3 %
Inflazione:	2,4 %
E nominale (en. elettrica):	3,1 %
e reale (en. elettrica):	0,7 %
costo dell'en. elettrica:	0,17 €/kWh

Detrazione 20%

Detrazione 20%

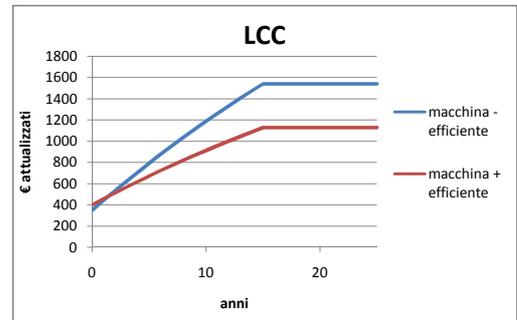
Periodo di studio: 15 anni

Di seguito è riportato un esempio di calcolo.

Risultati dell'LCCA

	macchina più efficiente	macchina meno efficiente o esistente
LCC	1.131 €	1.542 €
costo cumulato attualizzato dell'energia	731 €	1.192 €
NS (Net Savings):	411 €	
SIR (Savings to Investment):	3,74	
AIRR (Adjusted Rate of Return):	12,47 %	
DPB (Discounted Payback):	1,40 anni	

[Analisi di sensibilità](#)



Risparmio energetico: 216,000 kWh_e/anno

Coefficiente di emissione parco elettrico nazionale

0,501 kgCO₂/kWh_e

Emissioni evitate: 0,108 tCO₂/anno

Stand-by

Gli elettrodomestici, gli apparecchi elettrici ed elettronici presenti ormai comunemente nelle case, nelle industrie e negli edifici in generale sono caratterizzati da consumi diretti e indiretti. Per consumi diretti si intendono quelli derivanti dalla modalità di "funzionamento acceso", in cui l'apparecchio è collegato alla rete elettrica e fornisce il servizio per il quale è stato acceso (ricezione dei programmi per la televisione, decodifica dei segnali digitali per il decoder, esecuzione e utilizzo di programmi per il computer, ecc.). I consumi indiretti derivano, invece, dalla modalità di "funzionamento stand by", in cui l'apparecchio smette di esplicitare il servizio ma continua ad essere collegato alla rete elettrica e ad assorbire energia per garantire la funzione di riattivazione dello stesso. Nel caso della televisione, ad esempio, il ricevitore ad infrarossi che sente il segnale del telecomando continua a funzionare e, quindi a consumare energia elettrica anche dopo il segnale di spegnimento inviato dal telecomando (che lo mette in modalità stand by). L'assorbimento si interrompe del tutto solo quando l'utente interviene manualmente scollegando l'alimentazione (togliendo la spina o con l'interruttore di spegnimento, non sempre presente). In alternativa sono state sviluppate delle tecnologie che permettono di ridurre i consumi in stand by svincolando (in parte) l'accensione/spegnimento degli apparecchi dall'intervento dell'utente.

Per meglio comprendere la rilevanza dei consumi stand by in seguito si riportano dei valori indicativi riferiti ad alcuni apparecchi. Se l'apparecchio ha più di 4 o 5 anni i consumi in stand-by possono essere anche molto superiori a quelli indicati.

Apparecchio	Consumo sb [W]
Telesore	2-5
Decoder	2-10
Lettore DVD	2-5
Impianto stereo	2-5
Modem	0,5-3
Computer	2-4
Monitor	0,5-3
Stampante	0,5-3
casce acustiche	0,5-3
caricabatterie	0,1-1

L'unione europea nel 2008 e 2009 ha varato nuovi regolamenti per fronteggiare il problema degli stand by:

- REG. CE N. 1275/2008 DELLA COMMISSIONE per la progettazione ecocompatibile delle apparecchiature elettriche ed elettroniche domestiche e da ufficio.
- REG. CE N. 278/2009 DELLA COMMISSIONE per la progettazione ecocompatibile relative al consumo di energia elettrica a vuoto per gli alimentatori esterni
- REG. CE N. 107/2009 DELLA COMMISSIONE per la progettazione ecocompatibile dei ricevitori digitali semplici

Il regolamento n° 1275 definisce dei limiti al consumo in stand by per elettrodomestici, apparecchi radio, televisivi, audio e di consumo domestico in generale: nel 2009 il valore massimo è 1W per gli sb semplici di riattivazione dell'apparecchio e 2 W per sb con visualizzazione di informazioni e riattivazione (e.g. orologio sullo schermo del televisore). Dopo quattro anni i valori limiti si abbassano rispettivamente a 0,5 W e 1W. Il regolamento n°278 afferma, invece, che il consumo di energia nella condizione a vuoto di tutti gli alimentatori esterni per apparecchi in bassa tensione (e.g. stand by computer portatili) non può superare i 0,50 W nell'anno 2009 e 0,30 W dal 2010 in poi. Mentre il regolamento n°107 definisce come valori limite di sb per i decoder 1 W nel 2009 e 0,5W nei successivi tre anni.

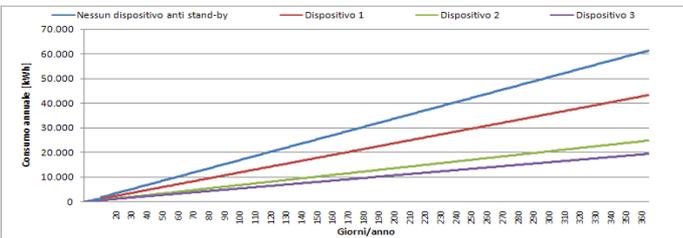
Metodi anti stand-by

I metodi considerati in questo studio sono:

- Multipresa con interruttore** E' una normale ciabatta con interruttore che puo disconnettere tutti gli apparecchi collegati solo dopo che si sia spento l'ultimo in funzione. Ovviamente dato che l'interruttore è manuale, bisogna ricordarsi di azionarlo.
- Infrarossi** E' una multipresa con ricevitore ad infrarossi che fornisce energia agli apparecchi collegati al primo segnale infrarossi ricevuto (telecomando del televisore, dello stereo, ecc), togliendo l'alimentazione agli stessi quando l'assorbimento diventa minore di una soglia preimpostata.
- Multipresa con master** E' una ciabatta che ha una presa particolare (master) sempre alimentata. Della presa master viene sempre controllato l'assorbimento. Se l'assorbimento della presa master supera una certa soglia vengono alimentate anche le altre prese della ciabatta. Quando l'assorbimento della presa master scende sotto la soglia prefissata le altre prese non vengono più alimentate.
- Multipresa con USB** E' una ciabatta con una presa sempre alimentata cui è attaccato il computer. La ciabatta ha anche una presa USB che viene connessa al computer. Quando il computer si accende la presa USB riceve l'alimentazione (dal computer) e la ciabatta alimenta tutte le altre prese; solo in questa condizione il dispositivo (la ciabatta) ha un consumo. Se il computer viene spento, viene tolta l'alimentazione alle altre prese, ma rimane il consumo in standby del computer (per le ore in cui non è acceso).

Esistono anche altri dispositivi anti stand-by come ad esempio quelli con sensore di movimento, con timer, etc. ma all'epoca dello studio non risultavano disponibili sul mercato italiano

In seguito viene riportato un grafico con i consumi relativi allo stand-by di una postazione informatica confrontati con i consumi che si avrebbero utilizzando tre metodi differenti anti stand-by.



Istruzioni per l'uso della scheda

Nel foglio "CalcoloConsumi" sono riportate due tabelle di inserimento dati (l'utilizzo di una tabella esclude l'altra; le caselle di inserimento dati da parte dell'utente sono quelle evidenziate in celestino): la prima per il calcolo dei consumi relativo ad una tipica postazione informatica (intitolata "Computer e periferiche"), la seconda relativa ad una tipica postazione multimediale (dal titolo "Telesore, stereo, etc"). A destra della tabella verranno visualizzati i consumi annuali in stand-by e quelli realizzati in seguito all'utilizzo del dispositivo anti stand-by scelto. Scorrendo in basso si potranno osservare i risultati dell'analisi LCCA ed anche le emissioni evitate di CO2.

Nella parte bassa del foglio verranno riportati i Risultati dell'LCCA in termini di:

- LCC** (costo complessivo attualizzato) di acquisto e funzionamento;
- Costo cumulato attualizzato dell'energia** elettrica;
- NS** (risparmio netto attualizzato): è la differenza dei due LCC
- SIR** (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;
- AIRR** (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;
- DPB** (tempo di ritorno attualizzato dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno.

Nel foglio "ConsumiCosti" dovranno essere inseriti i "Parametri economici" per l'analisi LCCA. Inoltre, verrà visualizzato un riepilogo dei consumi comparati e dell'analisi LCCA.

Nel foglio "Analisi" potranno essere inserite dall'utente più possibilità di variazione del costo dell'energia elettrica e, scorrendo in basso, verranno riportati dei grafici relativi all'analisi di sensibilità per **Net Savings, Savings to Investment, Adjusted Rate of Return, Discounted Payback**, in funzione della variazione del costo dell'energia elettrica.

I fogli "LCCA_Sens1, Sens2, Sens3, Sens4" sono di sola visualizzazione dei calcoli relativi ad LCCA e analisi di sensibilità.

In seguito viene riportato un esempio di inserimento dati e relativo calcolo dei consumi.

1) Computer e periferiche						
Apparecchi collegati	n° di apparecchi collegati	Potenza media assorbita in stand by dal singolo apparecchio[W]	accensione ore/giorno (da 0 a 24 ore)	stand by ore/giorno	Consumo annuale per stand-by [Wh]	Consumo annuale con anti stand-by [Wh]
Computer	1	3	5	19	23.805	
Monitor	1	3	7	17	13.615	
Stampante	1	3	4	20	21.900	
Casse acustiche	1	2	2	22		
Altro	0	0				
Totale					61.320	43.253
Possibili dispositivi anti stand-by						
<input type="checkbox"/> Nessuno						
<input checked="" type="checkbox"/> Multipresa con interruttore						
L'interruttore verrà verosimilmente azionato (ricordo di spegnere) per il 50% in percentuale, quante volte mi ricordo di spegnere l'interruttore della multipresa)						

Dispositivi anti stand-by in ambito domestico

Si possono scegliere due tipiche applicazioni, per il computer o per televisione/stereo

1) Computer e periferiche

Apparecchi collegati	n° di apparecchi collegati	Potenza media assorbita in stand-by dal singolo apparecchio[W]	Personalizzato	accensione ore/giorno (da 0 a 24 ore)	stand by ore/giorno	Consumo annuale per stand-by [Wh]	Consumo annuale con anti stand-by [Wh]
Computer	1	3	<input type="checkbox"/>	5	19	20.805	
Monitor	1	3	<input type="checkbox"/>	5	19	20.805	
Stampante	1	3	<input type="checkbox"/>	4	20	21.900	
Casse acustiche	1	2	<input type="checkbox"/>	5	19		
Altro	0	0	<input type="checkbox"/>		0	0	

Possibili dispositivi anti stand-by

- Nessuno
- Multipresa con interruttore
- Multipresa con USB
- Multipresa con presa master

2) Televisione, stereo, etc.

Apparecchi collegati	n° di apparecchi collegati	Potenza media assorbita in stand-by dal singolo apparecchio[W]	Personalizzato	accensione ore/giorno (da 0 a 24 ore)	stand by ore/giorno	Consumo annuale per stand-by [Wh]	Consumo annuale con anti stand-by [Wh]
Televisione	1	5	<input type="checkbox"/>	6	18	32.850	
Decoder	1	3	<input type="checkbox"/>	7	17	18.615	
Letto DVD	1	3	<input type="checkbox"/>	8	16	17.520	
Impianto stereo	0	3	<input type="checkbox"/>				
Altro	0	0	<input type="checkbox"/>				
						Totale	68.985

Possibili dispositivi anti stand-by

- Nessuno
- Multipresa con interruttore
- Multipresa con infrarossi
- Multipresa con presa master

L'interruttore verrà verosimilmente spento (se si ricorda di farlo) quando viene spento l'apparecchio utilizzato per più ore al giorno

50%

Utilizzo del dispositivo (ovvero, in percentuale, quante volte mi ricordo di spegnere l'interruttore della multipresa)

41.428
sarebbero 3285 se
spengessi sempre

Risultati dell'LCCA

LCC
costo cumulato attualizzato dell'energia

NS (Net Savings):

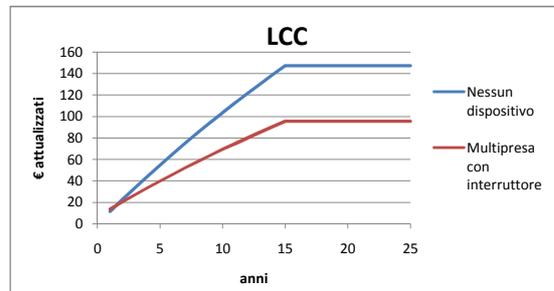
SIR (Savings to Investment):

AIRR (Adjusted Rate of Return):

DPB (Discounted Payback):

Emissioni evitate:

Anti stand-by
95 €
88 €
52 €
8,41
18,71 %
1,54 anni



0,014 tCO₂/anno

Pannelli solari

L'utilizzo dei pannelli solari per la produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS) è una pratica sempre più comune in ambito domestico. L'aspetto vantaggioso è che l'energia solare utilizzata per riscaldare l'acqua è offerta "gratuitamente": gli unici costi associati ai consumi sono quelli relativi al sistema di integrazione (elettrico o a combustione) e all'eventuale sistema di pompaggio (solo se la circolazione è forzata: ella scheda si farà riferimento alla sola circolazione naturale).

Istruzioni per l'uso della scheda

Nel foglio "**Dati e risultati**" dovranno essere inseriti i dati per il confronto (le caselle dei dati di input sono evidenziate in celeste) tra un impianto per la produzione di ACS tradizionale e il solare termico. I dati da inserire sono:

Costo impianto base;

Durata prevista di vita (nel caso di caldaie o boiler elettrici che di solito hanno una vita utile limitata bisogna tener conto del costo di sostituzione);

Manutenzione;

Fonte utilizzata (fonte di energia utilizzata dall'impianto tradizionale per il riscaldamento dell' ACS e che verrà sostituita dall'impianto solare termico);
Selezione del tipo di **Fonte di integrazione** (l'apporto termico del pannello solare in alcuni mesi deve essere integrato con calore derivante da impianti ausiliari, quali caldaie a gas, serpentina elettrica nel serbatoio di accumulo del pannello, ecc.) con la possibilità di inserire un "**valore personalizzato**" per il costo della fonte di energia utilizzata;

Selezione della provincia (restituisce la longitudine corrispondente);

Selezione dell'**inclinazione rispetto al piano orizzontale**;

Possibilità di inserire un "**valore personalizzato**" per la temperatura di prelievo dell'acqua dalla rete;

Selezione dell'**orientamento** (est, sud o ovest);

N° di persone per unità abitativa asservita (restituisce come dato la superficie utile dei pannelli, con la possibilità di inserire un "**valore personalizzato**" per la superficie totale);

Possibilità di inserire un "**valore personalizzato**" per il **costo dell'impianto**;

Selezione dei **meccanismi di incentivazione utilizzati**;

Periodo di studio.

Nella parte **Parametri Economici** i dati da inserire sono:

Tasso di sconto reale (tasso d'interesse usato per calcolare il valore attuale di flussi di cassa futuri dell'investimento);

Inflazione;

E nominale (tasso di crescita nominale dell'energia elettrica);

Costo dell'energia elettrica;

In basso nel foglio verranno riportati i **Risultati dell'LCCA** in termini di :

LCC: costo complessivo attualizzato per entrambi i trasformatori;

Costo cumulato attualizzato dell'energia elettrica;

NS (risparmio netto attualizzato): è la differenza dei due LCC

SIR (risparmio rispetto l'investimento): misura la relazione tra i risparmi prodotti e l'aumento richiesto negli investimenti;

AIRR (rendimento dell'investimento "aggiustato"): misura il guadagno proveniente dall'investimento, in termini di percentuale annua;

DPB (tempo di ritorno dell'investimento). Parametro molto utilizzato in economia, ma ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno

con la possibilità di variare il costo dell'energia elettrica selezionando il collegamento "**Analisi di sensibilità**" oppure aprendo direttamente il foglio "**Analisi**".

Nel foglio "**Consumi e costi**" sarà possibile visionare i valori di minor consumo di energia elettrica ed emissioni evitate di CO2 relativi alla scelta del trasformatore 1 rispetto al trasformatore 2.

Nel foglio "**CEE**" è possibile valutare i risparmi prodotti da un trasformatore più efficiente stimati secondo il metodo utilizzato per il meccanismo di incentivazione francese dei CEE.

I fogli "**LCCA, Sens1, Sens2, Sens3, Sens4**" sono di sola visualizzazione dei calcoli relativi ad LCCA e analisi di sensibilità.

Di seguito viene riportato un esempio realizzato con i fogli di calcolo presenti in questa scheda.

Pannelli solari piani per ACS

Caselle di input

Impianto tradizionale
 Esistente se esistente o adibito anche ad altre funzioni (es. riscaldamento) non ne verranno considerati i costi di installazione

costo impianto base 250 €
 durata prevista 6 anni
 manutenzione 2% % del costo iniziale dell'impianto base, spesa annualmente per la manutenzione

fonte utilizzata elettricità €/kWh 0,17 Valore personalizzato

Impianto solare termico
 fonte di integrazione elettricità €/kWh 0,17 Valore personalizzato

Provincia Torino longitudine [°] 45,12

Inclinazione rispetto al piano orizzontale (orizzontale 0°, verticale 90°) 41° Tacca in ingresso [°C] 12,4 Valore personalizzato
 Orientamento (-90° est, 0° sud, 90° ovest) 0° in prima approssimazione è la temperatura annuale media dell'aria

n° di persone 4 m²/pers m² totali 1,1 4,4 Valore personalizzato accumulo [l] 140 Valore personalizzato

costo dell'impianto [€] 5.280,0 Valore personalizzato

Meccanismi incentivanti utilizzati
 Detrazione 55% in 5 anni

Titoli di efficienza energetica (anche se l'intervento singolarmente non raggiunge la soglia minima)

Periodo di studio: anni 20

Parametri economici:
 Tasso di sconto reale: 3 %
 Inflazione: 2,4 %
 E nominale (energia): 3,1 %
 e reale (energia): 0,7 %

Fabbisogno di energia termica 1.936 kWh/a
 Energia dall'impianto solare 1.714 kWh/a
 Copertura del fabbisogno 89%
 Rendimento medio annuo impianto solare 26%

Energia termica

Risultati dell'LCCA

	Caso base	Impianto solare
LCC	6.259 €	4.790 €
costo cumulato attualizzato dell'energia	5.229 €	599 €
NS (Net Savings):	1.469 €	
SIR (Savings to Investment):	1,03	
AIRR (Adjusted Rate of Return):	3,13 %	Analisi di sensibilità
DPB (Discounted Payback):	12,14 anni	
Tonnellate di CO ₂ evitate ogni anno:	0,97 tCO ₂ /anno	

Opzioni avanzate
 manutenzione annuale 2% del costo dell'impianto

albedo terreno Erba secca p= 0,2

Tmandata ACS 45 °

giorni di utilizzo al mese 100% 100% 100% 100% 100% 100% 100% 100% 100% 100% 100% 100% 100% 100%

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	kWh/anno
Fornita dall'impianto solare kWh/me	97,5	117,9	161,8	159,1	164,4	159,1	164,4	164,4	159,1	153,7	106,5	106,1	1.714,3
Energia richiesta kWh/me	164,4	148,5	164,4	159,1	164,4	159,1	164,4	164,4	159,1	164,4	159,1	164,4	1.936,1

LCC

Pannelli solari piani per ACS

Caselle di input

Impianto tradizionale
 Esistente se esistente o adibito anche ad altre funzioni (es. riscaldamento) non ne verranno considerati i costi di installazione

 costo impianto base 250 €
 durata prevista 6 anni
 manutenzione 2% % del costo iniziale dell'impianto base, spesa annualmente per la manutenzione

 fonte utilizzata | elettricità | €/kWht 0,17 Valore personalizzato

Impianto solare termico

 fonte di integrazione | elettricità | €/kWht 0,17 Valore personalizzato

Provincia Torino | longitudine [°] 45,12

Inclinazione rispetto al piano orizzontale (orizzontale 0°, verticale 90°)

41°

Orientamento (-90° est, 0° sud, 90° ovest)

0°

 Tacca in ingresso [°C] Valore personalizzato

12,4

in prima approssimazione è la temperatura annuale media dell'aria

 n° di persone 4 m²/person.m² totali 1,1 4,4 Valore personalizzato

 accumulo [l] Valore personalizzato
 140

 costo dell'impianto [€] Valore personalizzato
 5.280,0

 Fabbisogno di energia termica 1.936 kWh/a
 Energia dall'impianto solare 1.714 kWh/a
 Copertura del fabbisogno 89%
 Rendimento medio annuo impianto solare 26%

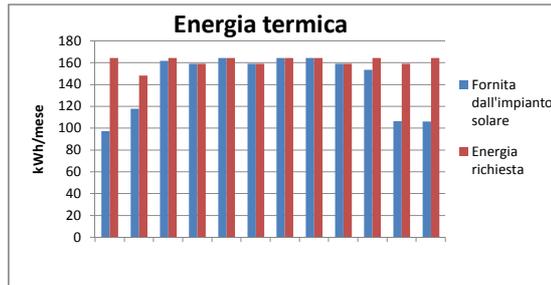
Meccanismi incentivanti utilizzati
 Detrazione 55% in 5 anni

 Titoli di efficienza energetica

(anche se l'intervento singolarmente non raggiunge la soglia minima)

Periodo di studio: anni 20

Parametri economici:

 Tasso di sconto reale: 3 %
 Inflazione: 2,4 %
 E nominale (energia): 3,1 %
 e reale (energia): 0,7 %

Risultati dell'LCCA

	Caso base	Impianto solare
LCC	6.259 €	4.790 €
costo cumulato attualizzato dell'energia	5.229 €	599 €

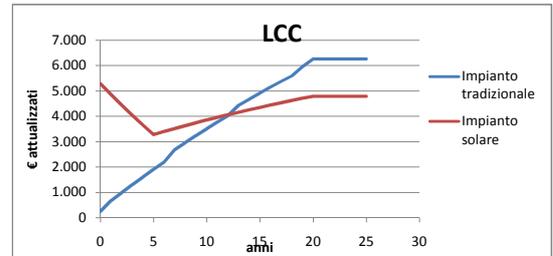
NS (Net Savings): 1.469 €

SIR (Savings to Investment): 1,03

AIRR (Adjusted Rate of Return): 3,13 %

DPB (Discounted Payback): 12,14 anni

 Tonnellate di CO₂ evitate ogni anno: 0,97 tCO₂/anno

[Analisi di sensibilità](#)

Opzioni avanzate

Manutenzione annuale 2% del costo dell'impianto

albedo terreno | Erba secca | p= 0,2

Tmandata ACS 45 °

giorni di utilizzo al mese | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100%

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	kWh/anno
Fornita dall'impianto solare kWh/mese	97,5	117,9	161,8	159,1	164,4	159,1	164,4	164,4	159,1	153,7	106,5	106,1	1.714,3
Energia richiesta kWh/mese	164,4	148,5	164,4	159,1	164,4	159,1	164,4	164,4	159,1	164,4	159,1	164,4	1.936,1