

POTENZIALITA' DI SISTEMI TECNOLOGICI ALL'IDROGENO E SOLARI NELLA GESTIONE ENERGETICA DEGLI OSPEDALI

Giacomo Bizzarri*, Iginio Di Federico*,

*Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara, via Quartieri 8, 44100, Ferrara

SOMMARIO

Una società evoluta, dotata di industrie, caratterizzata da traffico veicolare sostenuto, in un paese densamente popolato come l'Italia, inevitabilmente produce una considerevole quantità di emissioni inquinanti. La volontà di attuare uno "sviluppo sostenibile" secondo le linee guida del protocollo di Kyoto, deve così ispirare scelte di politica energetica finalizzate alla diffusione di tutte quelle tecnologie che, caratterizzate da processi di trasformazione energetica poco inquinanti o direttamente alimentate da fonti energetiche rinnovabili, possano garantire un forte contenimento delle emissioni di inquinanti e una riduzione del fabbisogno di energia primaria fossile associato al soddisfacimento dei fabbisogni energetici.

Il presente articolo costituisce la sintesi della ricerca condotta negli ultimi anni sulle potenzialità di alcune di queste tecnologie. In particolare sono stati valutati i benefici ambientali ed energetici che conseguirebbero dall'adozione di impianti all'idrogeno o solari ad integrazione di impianti attualmente operanti all'interno di alcune strutture ospedaliere emiliane scelte come caso di studio.

Le valutazioni economiche basate sugli attuali costi sfortunatamente non confermano gli eccellenti risultati ambientali. Tuttavia tali risultati cambierebbero completamente qualora si tenessero in conto le così dette "esternalità" calcolate in base alle mancate emissioni inquinanti.

1 INTRODUZIONE

Le ricorrenti crisi energetiche, la consapevolezza che la disponibilità di fonti fossili in futuro sarà sempre più limitata, la preoccupazione per la precaria situazione ambientale, stanno destando una crescente preoccupazione nella comunità internazionale. Tuttavia, due grandi equivoci caratterizzano la gestione dello sviluppo nelle società progredite: dietro le formule "sviluppo sostenibile" e "*global warming*" spesso si nascondono moltitudini di provvedimenti che, in nome di un ambientalismo di prima improvvisazione, risultano infine inefficaci se non controproducenti.

Appare oggi chiaro, ma sfortunatamente non da tutti condiviso, che lo sviluppo non deve essere frenato, ma bensì ottimizzato. Inoltre, anziché dedicare risorse per combattere contro i mulini a vento dei cambiamenti climatici su scala globale, sarebbe forse più conveniente investirle per affrontare la ben più concreta minaccia rappresentata dall'inquinamento cittadino. A tal fine è fondamentale proseguire la ricerca ed incentivare lo sviluppo di tutte quelle tecnologie che sfruttando fonti rinnovabili o essendo caratterizzate da processi di trasformazione energetica poco inquinanti possano realmente realizzare il così detto "sviluppo sostenibile". Alcune di queste tecnologie hanno ormai raggiunto la maturità tecnologica e, in certi casi, hanno anche sviluppato un proprio mercato.

In un simile contesto, diventa così fondamentale lo stabilire parametri che consentano di confrontare tra loro le diverse opzioni tecnologiche anche al fine di guidare le scelte delle future politiche energetiche. Alla luce di queste considerazioni, la quantità di emissioni inquinanti, la offerta di energia primaria fossile legata al soddisfacimento dei fabbisogni, il costo economico appaiono essere tre parametri fondamentali per confrontare tra loro le varie opzioni

tecnologiche.

Nel corso degli ultimi cinque anni è stata condotta, presso la Facoltà di Architettura dell'Università di Ferrara, una ricerca sulla energetica degli ospedali, prendendo in considerazione un campione di studio costituito da ventiquattro strutture ospedaliere emiliane. Una volta ultimate le operazioni di rilievo dello stato di fatto architettonico e di quello impiantistico, si è giunti ad una piena conoscenza dei fabbisogni energetici delle strutture in esame. Il soddisfacimento dei fabbisogni energetici per le diverse utenze proprio in funzione dei tre parametri precedentemente definiti, ha costituito la piattaforma su cui sono stati testati numerosi scenari di produzione energetica. I tradizionali sistemi impiantistici presenti negli ospedali sono stati così posti a confronto con potenziali configurazioni impiantistiche, anche molto articolate, che prevedono l'utilizzo di tecnologie all'idrogeno e di impianti alimentati dalla fonte solare, attraverso la tecnologia fotovoltaica e quella a concentrazione. Al fine di sfruttare i benefici associati alla trigenerazione, si è simulato l'utilizzo di gruppi frigoriferi ad assorbimento ogni qual volta i cascami entalpici a disposizione lo consentivano. I risultati elaborati, considerando i soli processi di trasformazioni energetica, hanno confermato che, sebbene i costi di produzione di queste tecnologie innovative rappresentino oggi l'ostacolo principale alla loro diffusione, il considerevole abbattimento delle emissioni inquinanti, che si può conseguire con il loro utilizzo, suggerisce di compiere ulteriori sforzi per incentivarne l'utilizzo. Questo sillogismo appare ancora più giustificato se si tengono in considerazione i costi economici associati alle così dette "esternalità", valutati in termini di mancate emissioni, sebbene sia assolutamente necessario sottolineare come per questi ultimi, la visione deterministica alla base di tutte le altre considerazioni precedenti perda di significatività.

2 CASI DI STUDIO

Lo studio ha preso in esame ventiquattro ospedali dislocati nelle province di Ferrara, Reggio Emilia e Modena: i nove ospedali della provincia di Ferrara sono stati scelti come campione rappresentativo e sono stati sottoposti ad analisi energetiche molto dettagliate [1, 2]. La prima fase della ricerca è stata dedicata alla raccolta dei dati disponibili e ai rilievi dello stato di fatto architettonico ed impiantistico. In un secondo momento sono stati realizzati modelli digitali degli ospedali con i quali sono stati simulati i fenomeni di scambio termico sia in regime stazionario che transitorio in tutti i mesi dell'anno. I programmi utilizzati, in grado di collocare con precisione le strutture nel loro contesto geografico, hanno così consentito di tenere in adeguata considerazione nelle simulazioni anche i fenomeni di irraggiamento. Ultime queste analisi i fabbisogni energetici dei nove ospedali potevano considerarsi completamente noti.

L'obiettivo successivo è stato quello di definire scenari di intervento che, senza alterare la qualità dei servizi resi, consentissero una riduzione o quantomeno l'ottimizzazione dei loro fabbisogni energetici. Questa ultima poteva essere attuata in vista di un duplice obiettivo: la riduzione dei fabbisogni di energia primaria fossile e la riduzione delle emissioni inquinanti associate al soddisfacimento dei fabbisogni. Ogni intervento in tal senso costituiva così l'*incipit* di una successione di eventi concatenati secondo il rapporto di causa-effetto che aveva come virtuoso esito finale la riduzione delle emissioni inquinanti. Ora, poiché l'eziologia individua nell'inquinamento una delle cause principali di numerose patologie, sebbene non sia in grado di fornire precise correlazioni quantitative tra il primo e le seconde (e questo conferisce natura qualitativa alle valutazioni basate sulle esternalità), è chiaro che ad una riduzione delle emissioni corrisponda una diminuzione del numero di persone che, ammalandosi, deve ricorrere a cure mediche e servirsi di quelle strutture ospedaliere che, con il loro funzionamento, costituiscono una concausa del loro malessere.

Sono quindi state individuate numerose strategie di *energy retrofit*. Tra queste sono stati selezionati interventi che prevedessero l'utilizzo di sistemi ad idrogeno [3, 4, 5] e di sistemi solari a concentrazione e fotovoltaici [6]. Per le varie opzioni si è fatto riferimento ad alcuni dei sistemi impiantistici più diffusi e affidabili, i cui dati operativi erano disponibili.

Per l'idrogeno si è fatto riferimento alla cella all'acido fosforico Pure Cell (della UTC Fuel Cells) disponibile in una taglia fissa di 200 kW. Le installazioni solari, più duttili per quanto concerne la potenzialità, sono state studiate riferendosi rispettivamente ai concentratori Solel-IND300 per il solare a concentrazione e al pannello Helios H1000 per il fotovoltaico.

Nel presente articolo sono riepilogati ed implementati alcuni dei risultati ottenuti nei precedenti lavori [1, 3, 6], selezionando le ipotesi di *energy retrofit* rilevatesi più interessanti. In particolare, con riferimento alla configurazione impiantistica ibrida all'idrogeno, sono stati esaminati:

- scenario 1: ospedale di Lagosanto (4 fuel cells),
- scenario 2: ospedale di Cento (1 fuel cell),
- scenario 3: ospedale di Argenta (1 fuel cell),
- scenario 4: ospedale di Comacchio (1 fuel cell).

Infine, per la configurazione impiantistica ibrida solare a concentrazione, scenario 5, e per quella ibrida solare fotovoltaica, scenario 6, è stato considerato l'ospedale di Lagosanto.

Il dimensionamento degli impianti solari è stato eseguito in

modo tale da consentire loro di eliminare l'incremento dei fabbisogni elettrici che si registra, a causa dell'operare dei gruppi frigoriferi a compressione, durante i mesi estivi.

In particolare si è assunto che la auto-produzione solare di elettricità nel mese di luglio fosse uguale alla differenza tra il fabbisogno elettrico del mese di luglio e quello medio calcolato in riferimento ai mesi in cui non è necessario un significativo operare dei *chillers* a compressione.

L'analisi degli scenari a tecnologia solare è stata limitata al solo ospedale di Lagosanto sorgendo questo ultimo in mezzo alle Valli di Comacchio, in una zona cioè con ampia disponibilità di spazio.

Infine nelle configurazioni impiantistiche ad idrogeno e a concentrazione, è stato simulato l'utilizzo di gruppi frigoriferi ad assorbimento per sfruttare i recuperi termici a bassa entalpia entro uno scenario di trigenerazione.

Negli impianti ibridi un eventuale deficit di energia elettrica auto-prodotta sarebbe compensato acquistando elettricità della rete esterna, così come un surplus comporterebbe una cessione alla stessa rete. Nell'ultimo caso, si è ritenuto opportuno tenere in conto di perdite di trasformazione e vettoriamento nell'ordine del 10%, anche ipotizzando un utilizzo dell'elettricità ceduta in prossimità del luogo di produzione.

Nel caso dei sistemi ad idrogeno e solare a concentrazione l'energia termica a bassa entalpia recuperabile dagli impianti può essere efficacemente impiegata per alimentare i *chillers* ad assorbimento (facendoli operare da pompe di calore durante la stagione fredda). Qualora l'energia termica così recuperata non fosse sufficiente, normali caldaie e gruppi frigoriferi a compressione manterrebbero in pareggio il bilancio di energia termica e frigorifera, rispettivamente durante la stagione fredda e quella calda.

Si è infine ipotizzato di dissipare nell'ambiente esterno eventuali eccedenze di energia termica non altrimenti sfruttabili.

3 SCHEMI DI IMPIANTO - BILANCI DI ENERGIA

Nelle Fig. 1, 2, 3, 4 sono rappresentate schematicamente la configurazione impiantistica attuale e quelle ibride scelte per la simulazione, riportando anche i rendimenti attesi dai vari dispositivi selezionati per le analisi.

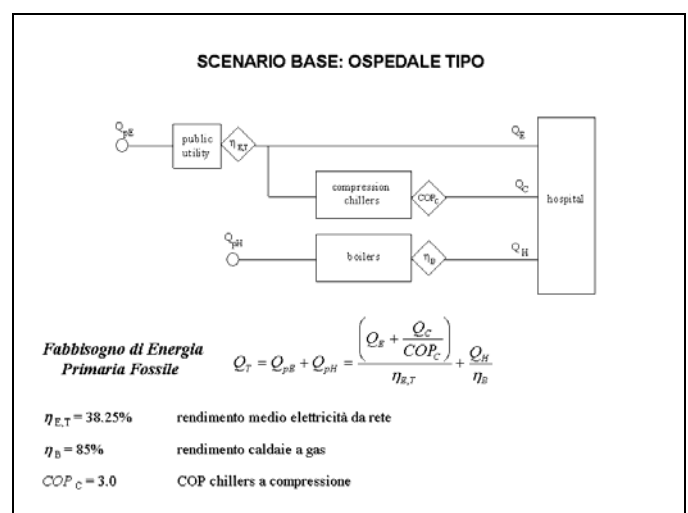


Fig. 1: attuale configurazione impiantistica degli ospedali.

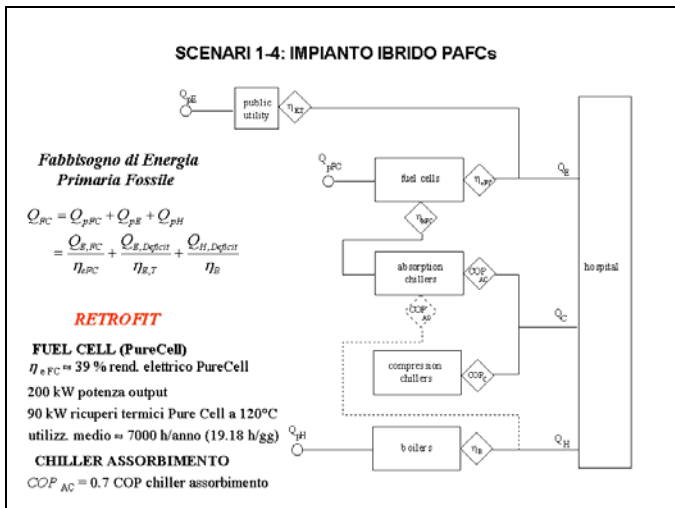


Fig. 2: configurazione ibrida a PAFCs (scenari 1-4)

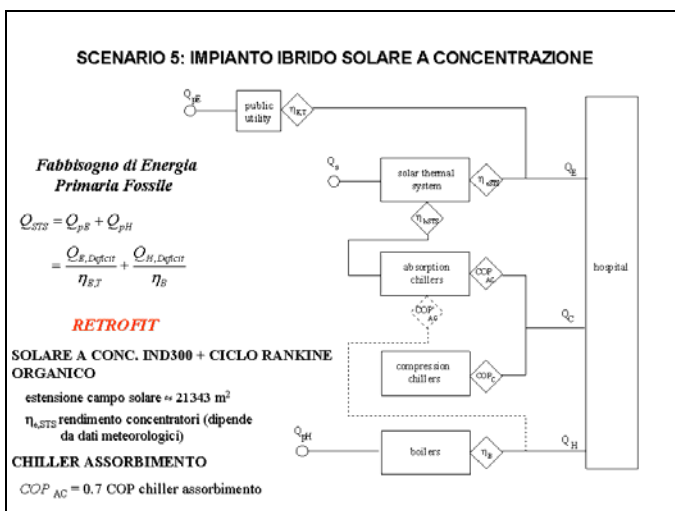


Fig. 3: configurazione ibrida solare a concentrazione (scen. 5)

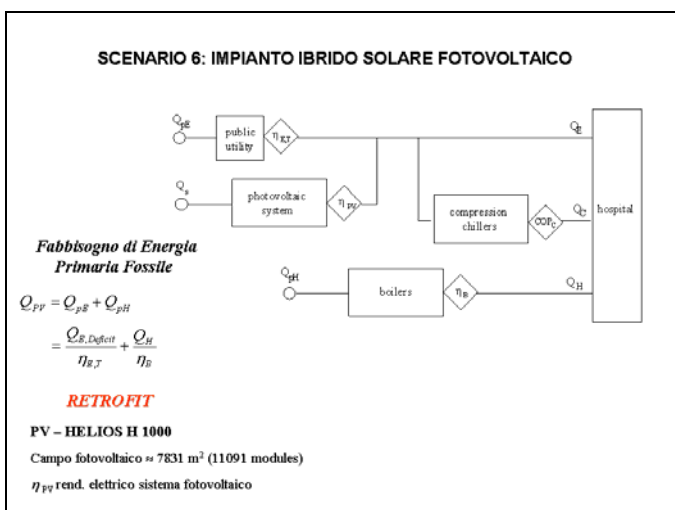


Fig. 4: configurazione ibrida solare fotovoltaico (scen. 6)

Avendo scelto di considerare il fabbisogno di energia primaria fossile e le emissioni inquinanti associate al soddisfacimento dei fabbisogni energetici come i due

parametri significativi per il confronto fra le diverse configurazioni impiantistiche selezionate, sono stati effettuati i bilanci energetici e si è pervenuti ad una valutazione quantitativa delle emissioni inquinanti utilizzando dati di letteratura [1, 3, 4, 6].

4 RISULTATI

I risultati ottenuti hanno confermato che le scelte impiantistiche ipotizzate sono foriere di considerevoli benefici energetici ed ambientali. In Tab. 1 sono riepilogate le riduzioni su base annua della domanda di energia primaria fossile associata al soddisfacimento dei fabbisogni energetici delle strutture e delle emissioni inquinanti a questi ultimi correlate.

Tab. 1: riduzioni annue di energia primaria fossile e delle emissioni inquinanti nei 6 scenari esaminati

	RIDUZIONE FABB. ANNUO ENERGIA PRIMARIA FOSSILE	RIDUZIONE EMISSIONI ANNUE DI CO ₂	RIDUZIONE EMISSIONI ANNUE DI NO _x	RIDUZIONE EMISSIONI ANNUE DI SO _x	RIDUZIONE EMISSIONI ANNUE DI POLVERI
	MWh	t. di CO ₂	kg di NO _x	kg di SO _x	kg di Polveri
Scenario 1: 4 PAFCs Lagosanto	3726	3476	3572	5772	204
Scenario 2: 1 PAFC Cento	1007	879	903	1450	56
Scenario 3: 1 PAFC Argenta	975	241	182	230	47
Scenario 4: 1 PAFC Comacchio	961	867	892	1434	56
Scenario 5: Sol.Conc. Lagosanto	6562	1547	1253	1804	197
Scenario 6: Sol.Fotov. Lagosanto	3362	877	747	1218	36

La Tab. 1 evidenzia che gli impianti ibridi a cella combustibile, sebbene diano luogo a un sostanziale calo delle emissioni inquinanti, non sono caratterizzati da altrettanto sostanziali decrementi nella domanda di energia primaria fossile, essendo le *fuel cells* alimentate con idrogeno prodotto mediante *reforming* di gas naturale. Gli impianti solari a concentrazione sono invece caratterizzati da grandi risparmi di energia primaria fossile, soprattutto concentrati nella stagione più soleggiata.

Per avere una idea dell'efficacia dei singoli interventi esaminati, le riduzioni di domanda di energia primaria fossile e delle emissioni inquinanti sono state ricalcolate (e disaggregate a base mensile) come valori specifici, determinati dividendo le prime per i corrispondenti valori di fabbisogni (Fig. 5) ed emissioni di CO₂ (Fig. 6) riferiti alla configurazione impiantistica attuale. Analoghe analisi, sviluppate per gli altri inquinanti, hanno mostrato le stesse riduzioni specifiche osservate nel caso delle CO₂.

I dati di Fig. 5 e 6 confermano che gli impianti a cella a combustibile possono garantire minori emissioni inquinanti in modo costante durante tutto il corso dell'anno; tuttavia, la necessità di alimentarli con gas da rete (non sussistendo reti per l'approvvigionamento di idrogeno) non consente un sensibile abbattimento della domanda di energia primaria fossile. Gli impianti solari mostrano, al contrario, notevoli riduzioni specifiche concentrate prevalentemente nei mesi estivi, quando, soprattutto nel caso del solare a concentrazione, grazie alla notevole disponibilità di cascami entalpici, le riduzioni specifiche di energia primaria possono avvicinarsi al 50% del relativo fabbisogno energetico.

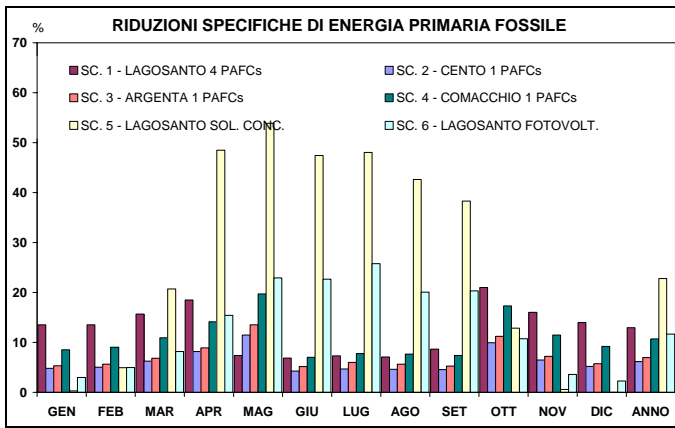


Fig. 5: riduzioni specifiche di energia primaria fossile associata al soddisfacimento dei fabbisogni energetici nei 6 scenari.

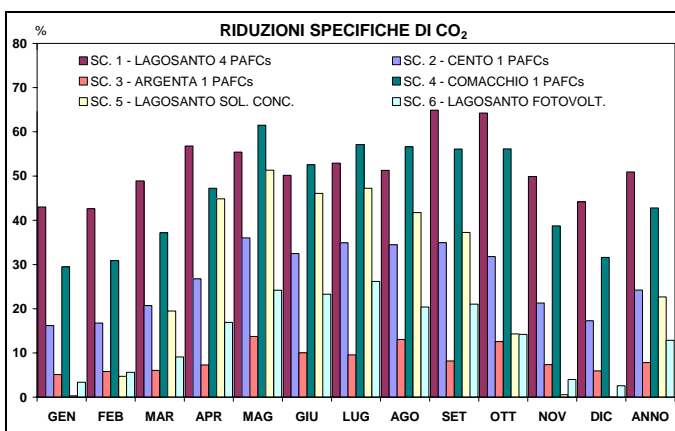


Fig. 6: riduzioni specifiche di emissioni di CO₂ associata al soddisfacimento dei fabbisogni energetici nei 6 scenari.

I diversi risultati ottenuti negli scenari a fuel cells sono stati ampiamente analizzati [1, 3], individuando anche l'esistenza di un *size effect* [4] la cui conoscenza può rivelarsi utile nel dimensionamento degli impianti.

5 ANALISI ECONOMICHE

La fattibilità di ciascuna delle opzioni selezionate è stata analizzata in termini di rendita annuale (*annual return*), *payback period* semplice e IRR, considerando i costi dell'investimento, i costi annuali di esercizio e quelli evitati. Il calcolo dell'IRR è stato effettuato al settimo anno di esercizio. Una tale scelta è stata fatta in relazione alla minore vita di impianto delle fuel cells. I costi di investimento e di manutenzione sono stati calcolati in base ai dati forniti dai produttori [7, 8, 9]. Il tasso di interesse annuo è stato assunto pari al 3%, mentre non si è tenuto in conto degli incentivi fiscali.

Nello sviluppo dell'analisi sono stati considerati i seguenti altri dati:

- costo elettricità: 0.113 €/kWh [10],
- costo gas: 0.413 €/kWh [11],

I risultati riepilogati in Tab. 2, mostrano che in tutti i casi

considerati il *payback period* eccede la vita attesa degli impianti comportando quindi IRR negativi.

Tab. 2: analisi economica

Costi	Scenario	unità	1	2	3	4	5	6
			4PAFC Lag	PAFC Cen	PAFC Arg	PAFC Com	SolCon Lag	SolPV Lag
Costo Iniziale Impianti	costo sistemi	[€]	5364.4	1404.4	1404.4	1404.4	12799.0	7125.8
	contratto assicurazione	[€]	160.0	40.0	40.0	40.0	0.0	0.0
	Totale	[€]	5524.4	1444.4	1444.4	1444.4	12799.0	7125.8
Costi Esercizio Annuali	acquisto supplementare gas	[€/y]	624.5	156.1	156.1	156.1	0.0	0.0
	manutenzione	[€/y]	0.0	0.0	0.0	0.0	323.9	41.6
	Totale	[€/y]	624.5	156.1	156.1	156.1	323.9	41.6
Risparmi Annuali	autoproduzione elettricità	[€/y]	632.9	158.2	158.2	158.2	110.4	145.3
	recuperi termici (riscald.)	[€/y]	125.7	36.0	36.0	36.0	193.0	0.0
	recuperi termici (raffresc.)	[€/y]	27.9	5.6	5.6	5.6	40.0	0.0
	Totale	[€/y]	786.5	199.8	199.8	199.8	343.4	145.3
Ricavi Anni	Totale	[€/y]	161.9	43.7	43.7	43.7	19.5	103.7
IRR	(7 anni)	[%]	-0.309	-0.305	-0.305	-0.305	-0.584	-0.393
Payback Period Semplice		[a]	34	33	33	33	657	69

I risultati dimostrano quindi che, ad oggi, realizzare impianti come quelli analizzati non costituisce un investimento economico praticabile in assenza di significativi incentivi finanziari. Tali incentivi sono tuttavia auspicabili per almeno due motivi: innanzi tutto consentono una riduzione dei costi di prodotto con l'instaurarsi di una economia di scala (il programma 10000 tetti fotovoltaici recepisce proprio questo aspetto), in secondo luogo riescono a trasferire all'utilizzatore parte dei benefici ambientali ed economici di cui l'intera società fruisce nel momento in cui si riducono le emissioni inquinanti. A questo proposito, ma solo a titolo indicativo, può essere interessante ripetere i precedenti calcoli valutando, come entrate annue, i risparmi legati alle minori emissioni inquinanti. Limitando l'esemplificazione alla sola anidride carbonica, considerando che i dati sulle esternalità valutano per l'Italia un guadagno attualizzato di 0.22 €/per ogni kg di CO₂ non emesso in atmosfera [12], i parametri di valutazione economica suggeriscono esiti decisamente diversi, in alcuni casi favorevoli all'adozione dei sistemi tecnologici studiati in questa memoria come evidenziato in Tab. 3.

Tab. 3: analisi economica con esternalità

Costi	Scenario	unità	1	2	3	4	5	6
			4PAFC Lag	PAFC Cen	PAFC Arg	PAFC Com	SolCon Lag	SolPV Lag
Costo Iniziale Impianti	costo sistemi	[€]	5364.4	1404.4	1404.4	1404.4	12799.0	7125.8
	contratto assicurazione	[€]	160.0	40.0	40.0	40.0	0.0	0.0
	Totale	[€]	5524.4	1444.4	1444.4	1444.4	12799.0	7125.8
Costi Esercizio Annuali	acquisto supplementare gas	[€/y]	624.5	156.1	156.1	156.1	0.0	0.0
	manutenzione	[€/y]	0.0	0.0	0.0	0.0	323.9	41.6
	Totale	[€/y]	624.5	156.1	156.1	156.1	323.9	41.6
Risparmi Annuali	autoproduzione elettricità	[€/y]	632.9	158.2	158.2	158.2	110.4	145.3
	recuperi termici (riscald.)	[€/y]	125.7	36.0	36.0	36.0	193.0	0.0
	recuperi termici (raffresc.)	[€/y]	27.9	5.6	5.6	5.6	40.0	0.0
	emissioni evitate CO ₂ (estern.)	[€/y]	763.5	199.1	199.1	199.1	339.8	192.7
	Totale	[€/y]	1550.0	392.9	392.9	392.9	683.2	338.0
Ricavi Anni	Totale	[€/y]	925.5	236.8	236.8	236.8	359.3	296.4
IRR	(7 anni)	[%]	0.011	0.005	-0.185	0.003	-0.315	-0.261
Payback Period Semplice		[a]	6	6	15	6	36	24

6 CONCLUSIONI

Sono state analizzate ipotesi di interventi di retrofit energetico di alcune strutture ospedaliere emiliane oggetto di una ricerca pluriennale svolta presso la Facoltà di Architettura, Università di Ferrara. In particolare sono state analizzate tre tipologie di retrofit attuate tramite l'implementazione dei sistemi impiantistici esistenti con sistemi impiantistici ad idrogeno e con sistemi solari sia a concentrazione che fotovoltaici. Obiettivo dello studio era valutare se e quanto simili interventi fossero caratterizzati da risparmio energetico e consentissero di contenere le emissioni inquinanti associate al normale soddisfacimento dei fabbisogni energetici delle strutture

ospedaliere. Approfondite analisi energetiche sono state sviluppate per alcuni scenari di studio precedentemente selezionati tra i tanti oggetto di indagine nel corso di questi anni. I risultati hanno confermato i notevoli benefici ottenibili in termini di riduzione del fabbisogno di energia primaria fossile e delle emissioni inquinanti, che si conseguirebbero adottando le configurazioni impiantistiche ibride ipotizzate. Le analisi economiche hanno invece mostrato che, in assenza di incentivi, la fattibilità di siffatti impianti non costituisce un redditizio investimento economico. Gli incentivi sarebbero tuttavia auspicabili, in quanto consentirebbero in molti casi una riduzione a medio termine dei costi di produzione e soprattutto un conferimento, all'utente che investe in queste tecnologie innovative, di parte dei benefici anche economici di cui fruisce l'intera società per la minore concentrazione di sostanze inquinanti emesse in atmosfera.

NOMENCLATURA

COP_{AC} COP chillers ad assorbimento ;
 COP_{AC} COP chillers ad assorbimento (in modalità pompa di calore) ;
 COP_C COP chillers a compressione ;
 Q_C fabbisogno mensile energia frigorifera (MWh) ;
 Q_E fabbisogno elettrico mensile (MWh) ;
 $Q_{E,Deficit}$ deficit di energia elettrica mensile acquistato dalla rete esterna (MWh) ;
 Q_{FC} fabbisogno di energia primaria fossile negli scenari 1-4 impianto ibrido a fuel cells (MWh) ;
 Q_H fabbisogno mensile energia termica (MWh) ;
 $Q_{H,Deficit}$ deficit di energia termica mensile acquistato dalla rete esterna (MWh) ;
 Q_{pE} fabbisogno energia primaria fossile mensile associata al soddisfacimento del fabbisogno di energia elettrica da rete esterna (MWh) ;
 Q_{pFC} fabbisogno energia primaria fossile mensile associata al funzionamento delle fuel cells (MWh) ;
 Q_{pH} fabbisogno energia primaria fossile mensile associata al soddisfacimento del fabbisogno di energia termica da rete esterna (MWh) ;
 Q_{pV} fabbisogno di energia primaria fossile nello scenario 6 impianto ibrido solare fotovoltaico (MWh) ;
 Q_S radiazione solare diretta mensile incidente a Lagosanto (Ferrara) (MWh) ;
 Q'_S radiazione solare diffusa mensile incidente a Lagosanto (Ferrara) (MWh) ;
 Q_{STS} fabbisogno di energia primaria fossile nello scenario 5 impianto ibrido solare a concentrazione (MWh) ;
 Q_T fabbisogno di energia primaria fossile nello scenario base (MWh) ;

η_B rendimento caldaie a gas ;
 η_{eFC} rendimento elettrico fuel cells ;
 η_{eSTS} rendimento elettrico solare a concentrazione ;
 $\eta_{E,T}$ rendimento medio elettricità da rete ;
 η_{hFC} rendimento termico (cascami entalpici) fuel cells ;
 η_{hSTS} rendimento termico (cascami entalpici) solare a concentrazione ;
 η_{pV} rendimento elettrico solare fotovoltaico.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. G. Bizzarri, Analisi Energetica di Complessi Ospedalieri, Ph.D. thesis, Università di Ferrara, Ferrara 2003, web: www.giacomo.bizzarri.too.it.
2. G. Bizzarri, Il fabbisogno energetico in ospedale. Indagine sui Fabbisogni di Energia Elettrica in Alcune Strutture Ospedaliere della Provincia di Ferrara, *Tecnica Ospedaliere*, vol. 31, num. 8, pp. 76-82, 2001.
3. G. Bizzarri, G.L. Morini, Greenhouse Gas Reduction and Primary Energy Savings Via Adopting of a Fuel Cells Hybrid Plant in a Hospital, *Applied Thermal Engineering* vol. 24, num. 2, pp. 383-400, 2004.
4. G. Bizzarri, Sul Dimensionamento Ottimale di Impianti Ibridi a Cella a Combustibile in Strutture Ospedaliere, Proc. Giornata di studio "Lorenzo Agnoletto", pp. 75-95, 2003.
5. G. Bizzarri, Cella a Combustibile, la Tecnologia per il Futuro?, *La Termotecnica*, vol. 57, num. 5, pp. 69-77, 2003.
6. G. Bizzarri, G.L. Morini, Greenhouse Gas Reductions and Primary Energy Savings via Adoption of Hybrid Plants in Place of Conventional Ones, Proc. Twelfth International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Air Pollution, pp. 327-337, 2004.
7. Z. Santini, Baxter Engineering, Perugia, Italy, www.baxterenergy.com , Comunicazione Personale, 2004.
8. E. Robie, UTC Fuel Cells, South Windsor, CT, USA, <http://www.utcfuelcells.com> , Comunicazione Personale, 2004.
9. A. Torazza, Ansaldo Fuel Cells, Genova, Italy, www.ansaldofuelcells.com , Comunicazione Personale, 2004.
10. ENEL, www.enel.it/enelistribuzione/tariffe_elettriche .
11. Autorità per l'energia elettrica ed il gas, www.autorita.energia.it .
12. ExternE (Externalities of Energy) National Implementation: Italy, Final Report October 1997; European Commissions, Directorate-General XII, Science Research and Development, <http://ExternE.jrc.es/publica> .