

Lo sviluppo sostenibile nelle aree urbane: metodi e strumenti per progettare e soddisfare la richiesta di energia.

Paolo Casoli, Agostino Gambarotta, Maria Guerra, Giorgio Pagliarini, Antonio Rizzi
Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università di Parma

Francesco Giusiano
Dipartimento di Sanità pubblica-Sezione di Fisica – Università di Parma

Giulio De Leo
Dipartimento di Scienze Ambientali – Università di Parma

Sara Moretti
Enia Multiutility SpA - Parma

SOMMARIO

I fabbisogni di energia e la richiesta di mobilità assumono attualmente un ruolo centrale nello sviluppo e nel miglioramento della qualità della vita in particolare nei centri urbani, dove le elevate densità abitative esasperano le conseguenze dei fenomeni di inquinamento. La complessità dei problemi che ne originano richiede oggi più che mai una integrazione di competenze assai diverse, che spaziano su tematiche strettamente correlate all'uso dell'energia ed all'impatto ambientale che ne deriva. Presso l'Università di Parma operano attualmente diversi gruppi di ricerca in grado di fornire strumenti e metodologie in numerosi campi di attività, dall'uso razionale dell'energia e delle fonti energetiche, ai trasporti, alla valutazione dell'impatto ambientale, agli aspetti tecnico-economici legati alla programmazione e pianificazione energetica.

Nella memoria, dopo aver presentato sinteticamente la situazione attuale in merito ai fabbisogni energetici di una realtà urbana specifica (la città di Parma), vengono descritte alcune delle soluzioni possibili per l'impiego razionale delle fonti energetiche (con riferimento alla necessità di prevedere una attenta integrazione tra le stesse) e per il risparmio energetico. Particolare attenzione è dedicata ai costi specifici, evidenziando anche i costi connessi con le "esternalità", ovvero con gli impatti sull'ambiente derivante dall'uso dell'energia.

Lo studio è principalmente finalizzato a fornire un quadro di riferimento oggettivo e sintetico delle realtà urbane ed a mostrare come il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile richieda una integrazione profonda di competenze diverse (sia a livello di ricerca che professionali) che porti alla definizione di proposte che siano in grado di tenere conto delle specificità dell'area urbana considerata ed al tempo stesso di consentire l'utilizzazione contemporanea di soluzioni tecniche e tecnologiche diverse. Solo in tal modo, a parere degli autori, sarà possibile pensare di giungere a migliorare a tutti i livelli la qualità della vita nei centri urbani.

1 INTRODUZIONE

Tutte le attività umane, da quelle connesse alla mera sopravvivenza a quelle legate alla diffusione ed allo sviluppo della cultura, richiedono grandi quantità di energia in forme diverse, ed è innegabile che ciò rivesta un ruolo fondamentale nello sviluppo della società umana. Poiché i fabbisogni energetici sono tipicamente proporzionali al numero di individui, la situazione può divenire esasperata soprattutto nei centri urbani, dove le densità abitative risultano tipicamente elevate. In tali contesti la sicurezza e la continuità dell'approvvigionamento energetico sono particolarmente importanti, anche se è sempre più evidente che ciò deve essere coniugato con impatti sull'ambiente circostante che possano essere ritenuti accettabili.

E' d'altronde ormai chiaro che i problemi che originano da tali necessità divengono sempre più complessi, e impongono soluzioni che tengano conto di numerosi aspetti. Ciò richiede oggi più che mai una integrazione di competenze che devono spaziare su tutte le tematiche correlate all'uso dell'energia ed all'impatto ambientale che ne deriva.

Attualmente presso l'Università di Parma operano numerosi gruppi di ricerca che, pur facendo capo a Dipartimenti diversi, affrontano da punti di vista differenti ma complementari i problemi legati all'impiego dell'energia ed al relativo impatto sull'ambiente. Le sinergie che nascono da una collaborazione sistematica (testimoniate anche da questa memoria, che vede riuniti autori di tre Dipartimenti dell'Ateneo) si stanno dimostrando in grado di fornire strumenti e metodologie in numerosi campi, dall'uso razionale dell'energia e delle fonti energetiche rinnovabili, ai trasporti, alla valutazione

dell'impatto ambientale, agli aspetti tecnico-economici legati alla programmazione e pianificazione energetica.

Dopo aver presentato sinteticamente la situazione attuale in merito ai fabbisogni energetici di una realtà urbana specifica (la città di Parma), nella memoria vengono descritte alcune delle soluzioni possibili per l'impiego razionale delle fonti energetiche (con riferimento alla necessità di prevedere una attenta integrazione tra le stesse) e per il risparmio energetico. Particolare attenzione è dedicata ai costi specifici, per i quali occorre tenere conto anche dei costi connessi con le "esternalità", ovvero con gli impatti sull'ambiente derivanti dall'uso dell'energia.

L'obiettivo di questo lavoro, che vuole quindi rappresentare il punto di partenza di un'attività di ricerca congiunta e sistematica sull'argomento, è quello di fornire un quadro di riferimento oggettivo e sintetico delle realtà urbane mostrando come il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile richieda una integrazione profonda di competenze diverse (sia a livello di ricerca che professionali). Solamente in tal modo appare possibile formulare proposte che, tenendo conto delle specificità delle aree urbane (particolarmente critiche data l'elevata densità abitativa), consentano attraverso l'impiego di soluzioni tecniche e tecnologiche diverse di migliorare a tutti i livelli la qualità della vita degli esseri viventi.

In questo contesto occorre mettere in evidenza il ruolo della ricerca, dell'innovazione e del trasferimento tecnologico nella definizione di metodologie e strumenti per lo sviluppo sostenibile, con particolare riguardo alla necessità di rendere possibile una collaborazione effettiva ed efficace tra i diversi

attori, dai gruppi di ricerca accademici, agli enti locali, all'industria ed ai singoli cittadini.

2 LA RICHIESTA DI ENERGIA NELLA ATTUALE SOCIETÀ UMANA

2.1-Valutazioni generali.

Tutte le attività umane, come si è detto, richiedono grandi quantità di energia sotto diverse forme (energia meccanica, energia elettrica, calore), e ciò è indispensabile per permettere l'esistenza ed il progresso del genere umano. E' altrettanto ben noto come il continuo miglioramento delle condizioni di vita delle società umane (con riferimento non solo ai paesi sviluppati, ma anche – e soprattutto- ai paesi in via di sviluppo) porti ad un aumento continuo della richiesta di energia, con un andamento che per ora non accenna nemmeno lontanamente ad essere di tipo asintotico.

La quantità di energia richiesta pro-capite, il relativo andamento giornaliero ed annuale dei consumi e l'incremento nel tempo condizionano, insieme alla disponibilità di fonti naturali, la scelta delle fonti energetiche e dei relativi sistemi energetici.

Nel 2000 il fabbisogno mondiale di energia è stato stimato in 9179Mtep [1]: soltanto in Italia il fabbisogno totale di energia è stato di circa 172Mtep (cioè poco meno del 2% del consumo energetico mondiale) di cui il 36% utilizzato in centrali per la produzione di energia elettrica. Il fabbisogno totale di energia si traduce, in Italia, in un consumo pro-capite pari a circa 3tep/abitante (pari a 34,9MWh), ciò che rappresenta un parametro molto significativo dal punto di vista della politica ambientale (tab.1).

Area geografica/nazione	[tep/abitante]
Paesi industrializzati (OCSE: USA, Canada Messico, UE, Giappone, Australia, Nuova Zelanda, Corea del Sud)	4.74
USA	8.35
Canada	8.16
Italia	2.97
Francia	4.25
Germania	4.13
Paesi europei (non OCSE)	1.64
Paesi dell'ex blocco sovietico	3.18
Medio Oriente	2.30
America Latina	1.10
Cina	0.92
Resto dell'Asia	0.59
Qatar	26.77
India	0.49
Africa	0.64
Mondo	1.68

Tab.1-Fabbisogno pro-capite di energia primaria per l'anno 2002 [1].

In fig.1 è riportata la ripartizione tra le diverse fonti energetiche, nell'anno 2000 (con il termine "fonte rinnovabile" va inteso in questo ambito una fonte energetica caratterizzata da una velocità di consumo paragonabile alla velocità di ricostituzione della fonte stessa, come ad es. l'energia eolica, dalle maree, l'energia solare ecc.).

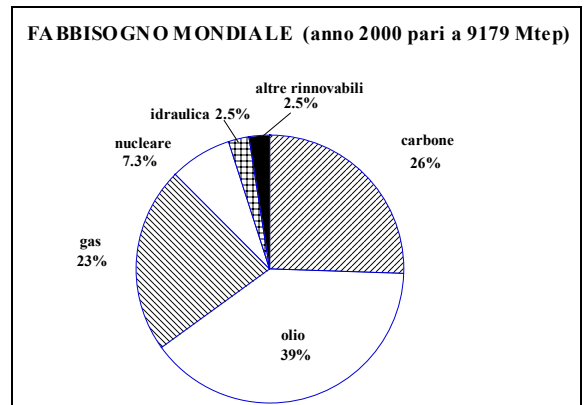


Fig.1-Ripartizione delle fonti energetiche mondiali [1].

E' noto come il fabbisogno di energia vari nel tempo: dall'inizio dell'epoca industriale ad oggi la crescita è stata continua e si prevedono per i prossimi decenni ulteriori aumenti. In fig.2 è riportata una previsione dell'ammontare complessivo del fabbisogno energetico e la ripartizione tra le diverse fonti primarie.

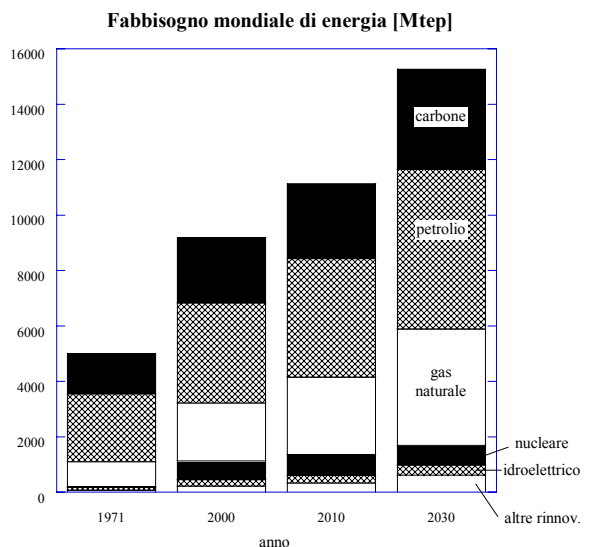


Fig.2-Stima dell'andamento del fabbisogno energetico mondiale [1].

2.2-Ripartizione del fabbisogno energetico tra i diversi usi

Secondo il rapporto Enea 2004 [3], il fabbisogno di energia elettrica in Italia nell'anno 2003, suddiviso per settore di utilizzo, è rappresentato in fig.3.

La ripartizione di fig.3 fa riferimento a dati nazionali, ma si può ritenere accettabile che una simile ripartizione possa essere applicata anche alla città di Parma (ed in generale a qualsiasi realtà urbana italiana caratterizzata da insediamenti produttivi).

Dal rapporto ENEA 2004 emerge che il 70% dei consumi energetici del settore civile, sono da attribuire al settore residenziale, e il restante 30% al settore terziario.

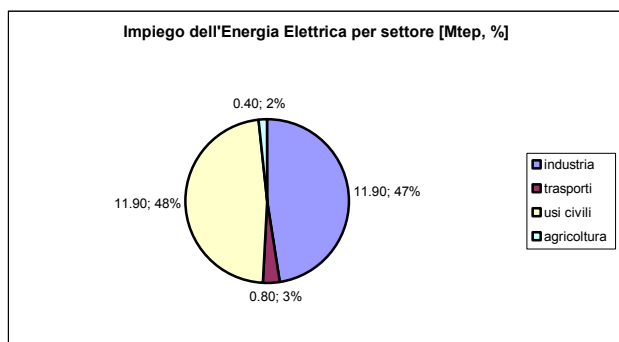


Fig.3-Impiego dell'energia elettrica in Italia (2003) [3].

Restringendo l'analisi al settore residenziale, il gas copre il 57% dei consumi energetici, seguito dai prodotti petroliferi (20%) e dall'energia elettrica (19%); l'utilizzo del carbone sta scomparendo, ed il 4% dei consumi è coperto dalla legna. La quota maggiore di energia è spesa per il riscaldamento (circa il 67%), fig. 4: questo è principalmente dovuto alla struttura delle abitazioni italiane, che per 2/3 sono di costruzione antecedente alla legge 373/77 (recante norme e obblighi per il contenimento dei consumi energetici).

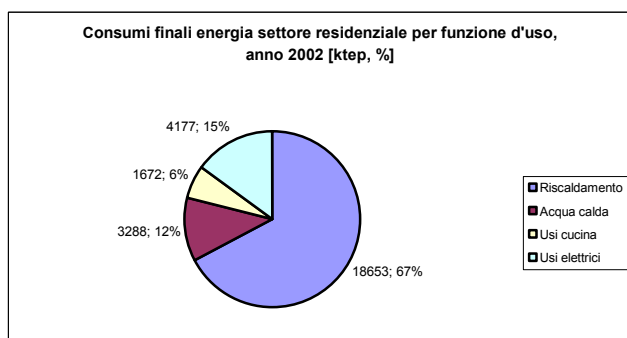


Fig. 4 – Consumo finale di energia nel settore residenziale per destinazione d'uso, 2002 (ktep; %) [3]

2.3-II fabbisogno energetico di una realtà urbana: il caso di Parma.

La provincia di Parma è un'area ad avanzato sviluppo che si qualifica per elevati livelli di reddito pro-capite e un per forte dinamismo imprenditoriale. L'economia parmense si caratterizza per un buon livello di occupazione (tasso di disoccupazione inferiore al 3%), nonché per l'elevato numero di imprese, prevalentemente di piccola e media dimensione.

Il territorio conta una popolazione di oltre 390.000 abitanti con un tessuto economico che supera le 45.000 imprese (cioè con un'impresa ogni 9 abitanti, un indice tra i più elevati in Europa). La città capoluogo ha circa 170.000 abitanti.

L'analisi del fabbisogno energetico della città può essere svolta considerando i consumi di energia elettrica e gas, suddivisi tra usi civili e industriali [13]. I dati analizzati si riferiscono al 2003 e riguardano le utenze civili e industriali di Parma servite da Eni S.p.A. (non sono state infatti

considerate significative eventuali utenze servite da altre società): i consumi di energia elettrica sono riportati in tab.2.

	Consumo annuo [kWh]	%
Usi domestici	209.067.661	25,11%
Usi non domestici	623.683.034	74,89%
Totale	832.750.695	100,00%

Tab.2-Consumi di energia elettrica (Parma, 2003) [2].

Nei consumi non domestici sono comprese sia le utenze industriali sia le utenze rientranti nella categoria commerciale (uffici, negozi, ecc.).

In tab.3 sono riportati i consumi di gas metano. Il gas naturale in ambito residenziale è destinato all'alimentazione di caldaie per riscaldamento e acqua calda sanitaria di tipo individuale o centralizzato oppure per uso cucina.

		Consumo annuo [m ³]	%
Usi civili	Riscaldamento individuale	81.271.870	45,93%
	Riscaldamento centralizzato	35.662.545	20,16%
	Cottura cibi e acqua sanitaria	4.614.914	2,61%
	Altri usi	55.381.027	31,30%
Totale usi civili		176.930.356	100,00%
Totale usi civili		176.930.356	84,04%
Altri usi (industriali+artigianali)		33.596.908	15,96%
Totale		210.527.264	100,00%

Tab.3-Consumi di gas (Parma, 2003) [2].

Pur non essendo riportati i consumi di gasolio e/o altri combustibili, si può assumere il loro contributo non rilevante ai fini della macroanalisi energetica.

E' evidente che una gran parte dei consumi energetici è destinata al riscaldamento, sia individuale sia centralizzato, che viene realizzato con impianti tradizionali che hanno usualmente un impatto significativo sull'inquinamento urbano (non essendo dotati di specifici dispositivi per il contenimento delle emissioni).

3 FONTI ENERGETICHE E LORO UTILIZZAZIONE

Le forme di energia disponibili in natura e direttamente impiegabili sono dette fonti energetiche primarie [4]. Per esse si possono identificare tre differenti origini:

- radiazione solare;
- campo gravitazionale (Sole – Luna – Terra);
- formazione del sistema planetario.

Le fonti energetiche primarie sono quindi il risultato di processi di conversione di natura differente, e presentano caratteristiche diverse legate al fatto di essere:

- **rinnovabili**, cioè tali per cui la velocità di consumo è paragonabile alla velocità di ricostituzione della fonte stessa (come noto, sono considerate rinnovabili l'energia solare, geotermica, eolica, idraulica, l'energia dalle maree, il moto ondoso, ecc., nonché le biomasse);
- **stoccabile**, se il suo utilizzo è legato alla domanda e non alla disponibilità della fonte stessa (sono considerati stoccabili tutti i combustibili, l'energia nucleare e quella idraulica);
- **trasportabile**;
- **economica**.

Tali requisiti condizionano pesantemente le scelte in merito alla utilizzazione delle diverse fonti energetiche: si ha tuttavia ragione di credere che nei prossimi decenni la ripartizione tra le diverse fonti per soddisfare la domanda di energia non vari radicalmente (fig.2) [1].

Nell'ambito di una realtà urbana come quella di Parma, tra le fonti energetiche effettivamente utilizzabili si possono annoverare i combustibili fossili (in particolare il metano, date le caratteristiche della rete di distribuzione), l'energia solare e le biomasse. Per quanto riguarda i primi, che pure continueranno a rappresentare una percentuale importante del totale (fig.2), sembra assolutamente opportuno prendere in considerazione soluzioni ad elevata efficienza energetica, tra le quali in particolare la cogenerazione ed il teleriscaldamento.

3.1-Soluzioni ottimizzate per i sistemi energetici tradizionali: soluzioni concentrate.

Una delle possibili soluzioni per migliorare l'efficienza dei sistemi energetici e ridurre quindi l'impatto sull'ambiente è l'utilizzo di impianti di tipo cogenerativo, cioè impianti destinati alla generazione simultanea di energia elettrica e calore. Se tale calore viene generato mediante un unico impianto di grande taglia, occorre prevedere una rete di distribuzione che utilizza un fluido termovettore: si parla in tal caso di teleriscaldamento, soluzione già presente nella città di Parma. Il teleriscaldamento è un servizio di elevata qualità, come confermano le numerose città italiane ed estere che hanno adottato questo sistema di riscaldamento da decine di anni a questa parte [15].

I benefici derivanti dalla cogenerazione sono legati direttamente al notevole risparmio di energia primaria, e indirettamente alle ridotte emissioni di gas inquinanti (soprattutto se si considera che una buona parte degli impianti di riscaldamento centralizzati sostituiti dalle sottocentrali termiche collegate alla rete di teleriscaldamento sono in genere non molto recenti, e presentano rendimenti di combustione modesti e conseguentemente emissioni inquinanti rilevanti).

Nell'analisi dei benefici ambientali della cogenerazione bisogna considerare principalmente due aspetti:

- la maggior efficienza dell'impianto di teleriscaldamento rispetto alle caldaie domestiche e il maggior controllo sulle emissioni (attualmente i sistemi di trattamento dei fumi assicurano un livello di emissioni molto inferiore ai limiti normativi, attorno a 200 mg/Nm³ di NO_x e 100 mg/Nm³ di CO);
- l'impatto che consegue dal considerare cascate termico il calore derivante dall'impianto di cogenerazione: si tratta di una quota di calore associata alla generazione di energia elettrica, che in alternativa sarebbe prodotta da caldaie domestiche in ambito urbano.

Anche dal punto di vista economico il teleriscaldamento è una scelta sostenibile, soprattutto per gli utenti. Il costo del metano è in media per gli utenti domestici di 0,033€/m³ [2], equivalente a 0,0158 €/MJ a cui va aggiunta l'IVA (20%). La tariffa del teleriscaldamento è di circa 0,0182 €/MJ [2] a cui si aggiunge l'IVA del 10%. Sono assenti però per il singolo utente i costi di gestione e manutenzione, e la quota di ammortamento relativa alla caldaia. Considerando anche queste componenti di costo, il confronto tra una caldaia tradizionale a metano e un sistema di teleriscaldamento porta ai seguenti valori:

- 0,023 €/MJ per la caldaia a metano;
- 0,020 €/MJ per il teleriscaldamento.

Nella città di Parma esiste già una estesa rete di teleriscaldamento che interessa tre aree:

- **Zona semicentrale nord-est:** circa 180 edifici esistenti allacciati più tutti i nuovi comparti nella zona, per una volumetria complessiva pari a circa 2.000.000 m³;
- **Zona sud-est:** 300 appartamenti, un centro commerciale, un centro direzionale e la sede aziendale Amps SpA per una volumetria complessiva pari a circa 230.000 m³;
- **Zona sud-ovest:** nuovo quartiere residenziale-commerciale adiacente il Campus universitario 300 appartamenti ed un centro commerciale, per una volumetria riscaldata complessiva di oltre 75.000 m³.

La rete di teleriscaldamento è basata su una centrale, alimentata a gas metano, costituita da un motore a combustione interna alternativo che opera in assetto cogenerativo, con una potenza di 3,3 MWe e 3,2 MWt. Esso opera mediamente per 4000 ore all'anno, erogando annualmente 8.530 MWh di energia elettrica e 8.600 MWh di energia termica. Considerando l'energia termica erogata dal motore cogenerativo un cascate termico, si può stimare un risparmio di energia primaria pari a quella che occorrerebbe utilizzare in caldaie tradizionali per ottenere la stessa energia (pari a 924,5 tep, considerando il rendimento del sistema convenzionale sostituito pari a 0,8).

3.2-Possibile integrazione del sistema energetico tradizionale. Soluzioni distribuite: la microgenerazione.

Attualmente vengono proposte numerose soluzioni che consentono la generazione di energia elettrica su piccola scala, in particolare mediante impianti di tipo cogenerativo di piccola taglia. Ciò consente di collocare tali impianti in prossimità dell'utenza termica, poiché l'energia termica può essere trasferita meno agevolmente rispetto a quella elettrica, con vantaggi dal punto di vista ambientale ormai assodati [5].

Tale soluzione, che viene chiamata cogenerazione distribuita, consta nell'impiego di diversi impianti di piccola taglia dimensionati soprattutto sulle esigenze dell'utenza termica locale: in particolare quando l'utenza è quella domestica tipicamente la taglia dell'impianto è piccola (minore di 50 kWe). In questo caso la direttiva Europea sulla Cogenerazione definisce Microcogenerazione (Micro-CHP) sistemi in grado di fornire una potenza elettrica non superiore a 50 kW.

In un contesto urbano, caratterizzato dalla necessità di disporre di energia per usi prevalentemente domestici, la taglia dell'impianto può scendere sensibilmente fino a 4kWe per la fornitura di energia a singole unità abitative. In questo caso l'impianto deve essere di piccole dimensioni al fine di poter essere collocato con facilità anche all'interno dell'abitazione. Il mercato potenziale in Europa potrebbe essere notevolissimo se si pensa ai 5 milioni di caldaie domestiche vendute ogni anno: occorre però affrontare il problema dei costi ancora elevati, in relazione alla tipologia di acquirente, sia attraverso una riduzione degli stessi sia mediante contributi finanziari e/o agevolazioni fiscali.

Le tecnologie attualmente disponibili per la microcogenerazione prevedono l'utilizzo di convertitori diversi, quali motori Stirling, celle a combustibile, motori a combustione interna, microturbine a gas.

L'utilizzo del motore Stirling sembra essere la soluzione migliore, soprattutto per le capacità di adattarsi alle richieste del carico e per la bassa potenza elettrica in relazione a quella termica. Tuttavia le potenze in gioco sono assai modeste, dati i tipici svantaggi di questi motori.

Le celle a combustibile sono sistemi elettrochimici in grado di convertire l'energia chimica del combustibile in energia elettrica senza l'intervento intermedio di un ciclo termodinamico che, come noto, comporta rendimenti di conversione assai modesti. L'assenza di un processo di combustione consente inoltre di ridurre notevolmente le emissioni inquinanti. Per applicazioni residenziali le celle a combustibile sono caratterizzate da potenze comprese fra 1 e 100kW: in tale campo le tipologie più indicate sono le celle alcaline e quelle polimeriche, perché hanno efficienze elettriche più elevate. Le celle ad alta temperatura hanno però il vantaggio di funzionare a gas metano senza la necessità di un reformer. I costi ancora elevati limitano la diffusione su piccola scala di questa tecnologia.

I motori a combustione interna costituiscono una tecnologia ormai consolidata e ben 8000 microcogeneratori per usi domestici sono attualmente installati in Europa. Purtroppo alcuni svantaggi significativi, quali la rumorosità e le vibrazioni, limitano la diffusione di questa tecnologia.

Vanno infine citate le microturbine a gas che, se da un lato rappresentano una tecnologia ormai matura, dall'altro sono affette dagli stessi problemi di rumorosità e vibrazioni dei motori a combustione interna.

Da un punto di vista economico si possono avere diversi casi a seconda della tecnologia impiegata, del tempo di utilizzo annuo, ecc. Nelle tabelle che seguono si presentano alcuni esempi di calcolo del tempo di ritorno dell'investimento [5,14].

Con riferimento ad un microcogeneratore con Motore Stirling (WhisperTech) in grado di produrre 0,8 kWhe e 6 kWh installato presso una tipica famiglia residente nel Regno

Unito, alcuni dati significativi (su base annua) sono riportati in tab.4.

Fabbisogno di energia termica	18000 kWh
Ore di funzionamento	3000 ore
Energia elettrica generata	2400 kWh
Utilizzo in proprio dell'energia	85%
Costo per l'acquisto dell'energia elettrica	0.092 €/kWh
Risparmio nell'acquisto di energia elettrica	188 €
Prezzo dell'energia venduta	0.035 €/kWh
Incasso dovuto alla vendita di energia	13 €
Total value	201 €
Costo addizionale del gas	50 €
Costo marginale	700 €
Tempo di ritorno investimento	3-4 anni

Tab.4-Esempio di calcolo per un microcogeneratore con motore Stirling [5].

Un secondo esempio (tab. 5), sempre su base annua, riguarda un edificio tedesco con più unità abitative dotato di un cogeneratore, con motore a combustione interna (SenerTec DACHS) in grado di generare 5.5kWh elettrici e 12.5kWh termici: i valori di interesse sono indicati in tab.5.

Costo installazione	15000 €
Energia elettrica generata	24750 kWh
Energia termica prodotta	52200 kWh
Costo del gas	3400 €
Risparmio nell'acquisto di energia elettrica	2270 €
Risparmio nell'acquisto di energia termica	2140 €
Agevolazione fiscale	1057€
Manutenzione	300 €
Risparmio annuale	2267 €
Tempo di ritorno investimento	7 anni

Tab.5-Esempio di calcolo per un microcogeneratore con MCI [5].

Un ultimo esempio riguarda l'utilizzo di un cogeneratore di taglia intermedia (caratterizzato da una potenza elettrica di 3kW e termica di 9kW) sempre destinato ad usi civili (v.tab.6), basato su Motore Stirling.

Le tabelle 4 e 6 riportano un'analisi economica differenziale: si considera infatti il maggior investimento rispetto al caso in cui si installa una semplice caldaia per la sola produzione di energia termica. Inoltre viene preso in considerazione solo il valore dell'energia elettrica, essendo l'impianto dimensionato sulla domanda termica che comunque sarebbe stata soddisfatta attraverso l'utilizzo della normale caldaia.

Fabbisogno di energia termica	30000 kWh
Ore di funzionamento	3330 ore
Energia elettrica generata	10000 kWh
Utilizzo in proprio dell'energia	45%
Costo per l'acquisto dell'energia elettrica	0.092 €/kWh
Risparmio nell'acquisto di energia elettrica	445 €
Prezzo dell'energia venduta	0.042 €/kWh
Incasso dovuto alla vendita di energia elettrica	253 €
total value	680 €
Costo addizionale del gas	86 €
Costo marginale	2120 €
Tempo di ritorno investimento	3-4 anni

Tab.6-Esempio di calcolo per un microgeneratore con motore Stirling [5].

Sulla base degli esempi riportati si può concludere che il tempo di ritorno dell'investimento di un microgeneratore è attualmente fra i 4 e 7 anni: indubbiamente un periodo lungo, che presumibilmente dovrà essere ridotto per favorire la diffusione della microgenerazione su piccola scala per usi domestici.

In questo senso un ruolo importante sarà quello degli eventuali incentivi statali: sembra significativo riportare quanto deciso dal governo Portoghese, che ha introdotto un premio per ogni kWh di energia elettrica prodotto e venduto sulla rete nazionale. Tale premio, il cui valore si aggiunge al prezzo di vendita dell'energia elettrica, è stato differenziato in base alla tipologia di convertitore, privilegiando quelli con tecnologie più avanzate ed a basso impatto ambientale, come mostra la tab.7.

Tecnologia	premio
Motore a combustione interna	0.010 €/kWh
Microturbina	0.015 €/kWh
Motore Stirling	0.020 €/kWh
Celle a combustibile	0.20 €/kWh
Fotovoltaico	0.20 €/kWh

Tab.7-Premi previsto dal Governo Portoghese per incentivare l'uso di microgeneratori [5].

Altri aspetti, apparentemente di minore importanza, quali la preparazione del personale tecnico qualificato adibito alla manutenzione, dovranno comunque essere affrontati e risolti per rendere effettivamente fruibile ed accettabile questa tecnologia nel prossimo futuro.

In ogni caso la microgenerazione nel settore domestico sembra avere notevoli potenzialità di sviluppo, al punto che la Energy Saving Trust (UK) prevede una rapida crescita dopo il 2005 fino ad arrivare nel 2010 a produrre 3TWh/anno su un totale del settore di 120 TWh/anno [5].

3.3-Energia solare: collettori termici e fotovoltaici.

Nel territorio del comune di Parma la sola risorsa energetica rinnovabile presente in quantità significativa è quella solare primaria, sotto forma di radiazione solare diretta e diffusa. Secondo quanto riportato nella pubblicazione dell'ENEA [6] l'irradiazione solare annua da radiazione diretta e diffusa, al suolo, su superficie orizzontale, è stata in media nell'intervallo 1994-1999 pari a 5080 MJ/m² (1410 kWh/m²). Nella fig.5 è mostrata l'irradiazione mensile, sempre su superficie orizzontale.

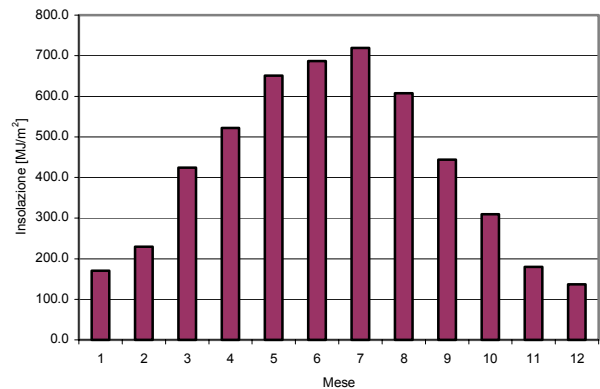


Fig.5-Andamento della irradiazione media mensile [6].

Valutazioni impiantistiche e di costo relative alle prestazioni di collettori solari sia termici che fotovoltaici (FV) sono state fatte nell'ambito di due Workshops organizzati dalla Consulta energetica dell'Amministrazione provinciale di Parma, rispettivamente dedicati alla tecnologia solare fotovoltaica (22/03/04) ed a quella termica (20/10/04) [7].

Nel primo caso si è preso in esame un tipico impianto per utenza familiare da 2.5kW, del costo di 17000€ (6800€/kW). Il costo è perfettamente in linea con i 6655€/kW di costo medio degli impianti installati tramite il progetto "Mediterraneo", sostenuto dalla Commissione Europea per incentivare la penetrazione sul mercato della tecnologia FV e che ha portato tra il 2002 e il 2004 all'installazione complessiva di 862kW in Francia, Italia, Portogallo e Spagna [8].

Tornando all'impianto esaminato, se si ipotizza un costo medio del kWh fornito dalla rete pari a 0.13 €, risultano tempi di ammortamento dell'investimento pari rispettivamente a 18 anni nel caso di contributo pubblico "in conto capitale" pari al 50%, 14,5 anni per contributo pari al 60% e 10 anni per contributo pari al 75%. E' opinione condivisa fra gli autori di questo rapporto che contributi significativi alla generazione decentrata di potenza elettrica fotovoltaica possano essere raggiunti solo in presenza di facilitazioni finanziarie "in conto energia", che favorirebbero gli investimenti volti a realizzare impianti di taglia significativa (10-100 kW) usando superfici disponibili come quelle di capannoni industriali, agricoli e commerciali, tra l'altro prive di particolari vincoli edilizi o estetici. In mancanza di questo cambiamento normativo, sembra ragionevole ipotizzare anche nel parmense solo l'installazione di impianti di piccola o piccolissima taglia che servano soprattutto a "pubblicizzare" la tecnologia fotovoltaica: per questo dovrebbero avere caratteristiche di buona valenza architettonica e di elevata visibilità,

possibilmente da parte di un pubblico particolarmente qualificato. Rientrano in questa categoria gli impianti integrati in edifici scolastici e altri edifici pubblici, oppure facenti parti dell'arredo urbano, come il progetto PV-Shelter per la realizzazione di una pensilina FV per autobus all'interno del campus universitario [9].

La tendenza futura è comunque quella di una diminuzione sostenuta dei costi per kW, legata da una parte all'incremento della capacità produttiva dei pannelli attuali (m-Si, p-Si) da parte di tutti i maggiori produttori mondiali, e dall'altra al previsto arrivo sul mercato di tipologie di pannelli a film sottile di buona efficienza e di costi ridotti rispetto agli attuali. Nel giro di pochi anni si può dunque prevedere un ruolo non più marginale per la generazione decentrata FV, in coincidenza con il rincaro, presumibilmente non del tutto reversibile, dei prodotti petroliferi e del metano.

Per quanto riguarda il solare termico, il suo ruolo può essere da subito quello di contribuire pesantemente alla sostituzione di combustibili fossili per la produzione di acqua calda sanitaria e in prospettiva di dare un contributo più o meno grande al riscaldamento domestico.

In [7], si è messo in evidenza che nel Parmense un tipico impianto monofamiliare per acqua calda sanitaria, con circa 4 metri quadri di superficie captante e del costo di circa 3500 €, è in grado di fornire un contributo attorno al 65% riferito all'intero anno, con copertura praticamente totale nei mesi da aprile a settembre e con tempo di ritorno dell'investimento di 4-5 anni, ipotizzando come contributo pubblico la detrazione fiscale del 36% distribuita su 5 anni.

La convenienza sarebbe maggiore per impianti con richiesta stagionale in fase con la disponibilità (impianti a uso prevalentemente estivo come le piscine scoperte, i campeggi, ecc.)

Nel caso del riscaldamento domestico invece la richiesta non è in fase con la disponibilità di radiazione solare. Condizioni necessarie perché i collettori solari possano dare un contributo importante sono da una parte la diffusione degli impianti a pannelli radianti (a pavimento o a parete) che consentono di utilizzare acqua a temperatura relativamente bassa (circa 30 °C) e dall'altra la messa a punto di sistemi innovativi che consentano l'accumulo stagionale in condizioni accettabili di ingombro e di costo (a questo proposito è in atto un'iniziativa di ricerca e sviluppo dell'IEA [10], a cui sfortunatamente non partecipa nessun ente italiano) e anche la riduzione della richiesta annuale di energia per riscaldamento tipica degli edifici della nostra regione. Secondo dati desunti dal Piano Energetico 2002 della regione Emilia-Romagna [11], in media questa richiesta è compresa fra i 150 e i 200 kWh/m², corrispondenti a 540-720 MJ/m², che potrebbero facilmente essere ridotte di fattori importanti senza aggravii di costo proibitivi. Lo stanno dimostrando alcune iniziative, per ora limitate soprattutto alla provincia autonoma di Bolzano, come la promozione dello standard "CasaClima", che comporta la classificazione CasaClima A (<35 kWh/m²) e CasaClima B (<50 kWh/m²) [12].

5 VALUTAZIONE DELLE ESTERNALITÀ: I COSTI DELL'INQUINAMENTO

E' ben noto che la produzione di energia con combustibili fossili si accompagna inevitabilmente alla produzione di una serie di emissioni gassose inquinanti con effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente ampiamente documentati dalla letteratura scientifica. Alcuni di questi inquinanti - come ad esempio NO_x, SO₂, CO, COV - sono prodotti direttamente dai processi di combustione. Altri composti si formano per reazioni fotochimiche, come l'ozono che affligge le nostre città tipicamente nei periodi estivi e le famigerate polveri fini ed ultrafini che hanno imperversato nei primi mesi di quest'anno superando ampiamente i limiti di legge imposti dalla Unione Europea nei maggiori centri urbani italiani anche in conseguenza di sfortunate condizioni meteo-climatiche che caratterizzano soprattutto la nostra pianura. Secondo lo studio pubblicato nel 2002 dall'OMS, il 4,7% della mortalità nelle principali otto città italiane è attribuibile a concentrazioni di PM10 superiori a 30 µg/m³: in pratica questo si traduce in più 3400 decessi ogni anno e oltre 4500 ricoveri ospedalieri che incidono, fra l'altro, anche sui costi sistema sanitario.

Negli ultimi anni, poi, è emerso con chiarezza sempre maggiore il problema dell'emissione dei gas serra. I 35 mila morti in Europa della lunga estate calda del 2003 e i 17 miliardi di euro di danni generati dalle grandi inondazioni che hanno colpito il centro-nord Europa nel 2002 sono solo un possibile esempio dei problemi che occorrerà affrontare sempre più spesso in un futuro sempre meno lontano.

E' chiaro pertanto che, da un punto di vista collettivo, ovvero di "sistema Italia", una sana politica energetica non dovrebbe tener conto solo ed esclusivamente dei costi industriali, ma anche dei costi esterni socio-ambientali quantificabili in termini di una maggiore spesa sanitaria per malattie respiratorie, di un incremento dei costi di manutenzione delle infrastrutture e di una diminuzione della produttività agricola. Un'analisi costi-benefici del Protocollo di Kyoto nel settore elettrico in Italia [16] ha mostrato che una chiara politica di riduzione dei gas serra produrrebbe, a fronte di un incremento modesto dei costi di produzione di energia, una sensibile riduzione dei costi socio-ambientali con un beneficio netto positivo per il nostro Paese. Senza contare che una maggiore diversificazione delle fonti energetiche con una penetrazione più significativa di quelle rinnovabili, accompagnata a politiche volte ad incentivare decisamente l'efficienza energetica nel settore industriale e il risparmio energetico nel settore civile, porterebbe a ridurre il livello di dipendenza del nostro Paese dai combustibili fossili ed a favorire occupazione in settori di mercato ad oggi poco sviluppati. La monetizzazione dei costi esterni socio-ambientali è problematica e non è sempre perseguibile, tuttavia è in corso una serie di studi, in parte anche presso l'Università di Parma, che porterà ad una valutazione più precisa dei benefici ambientali derivanti dalle soluzioni tecnologiche innovative (come teleriscaldamento e microgenerazione) descritte nei paragrafi precedenti.

5 CONCLUSIONI

Nel lavoro viene presentato il fabbisogno di energia relativo ad una realtà urbana specifica qual è la città di Parma, insieme ad alcune possibili soluzioni per l'impiego razionale delle fonti energetiche. Presso l'Università di Parma operano numerosi gruppi di ricerca che affrontano da punti di vista diversi, ma complementari, i problemi legati all'impiego dell'energia ed al relativo impatto sull'ambiente. Lo studio è principalmente finalizzato a fornire un quadro di riferimento oggettivo e sintetico delle realtà urbane, ed a mostrare come il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile richieda un'integrazione profonda di competenze diverse (sia a livello di ricerca che professionali) che porti alla definizione di proposte che siano in grado di tenere conto delle specificità dell'area urbana considerata, ed al tempo stesso di consentire l'utilizzazione contemporanea di soluzioni tecniche e tecnologiche diverse. Solo in tal modo, a parere degli autori, sarà possibile pensare di giungere a migliorare a tutti i livelli la qualità della vita nei centri urbani.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. AAVV, World Energy Outlook, 2004.
2. AAVV, "Condizioni economiche per la fornitura di gas naturale distribuiti a mezzo rete urbana (anno 2004)", Autorità per l'Energia elettrica e il gas, www.autorita.energia.it, 2004.
3. AAVV, "Rapporto Energia Ambiente 2004", ENEA, 2004.
4. M.Bianchi, A.Gambarotta, A.Peretto, "Impatto ambientale dei Sistemi Energetici", Ed.Pitagora, Bologna, 2004.
5. D. Flin, "Domestic CHP in Europe", Cogeneration & On-Site Power, January-February 2005, Vol. 6, n. 1.
6. S. Petrarca, E. Cogliani, F. Spinelli, "La radiazione solare globale al suolo in Italia", pubbl. ENEA, 2000.
7. Relazioni dei Workshops scaricabili dal sito www.provincia.pr.it oppure dal sito www.fis.unipr.it/sustainability
8. www.mediterraneo-pv.net
9. F.Giusiano, E. Pigaiani, M.Polinelli, "PV-Shelter.An innovative "UrbanIntegrated PhotoVoltaic"", ISES 2003-Goteborg, 14-20 June.
10. Task 32: Advanced storage concepts for solar and low energy buildings –www.IEA-shc.org
11. P.E.R. regione Emilia- Romagna –Supplemento speciale del bollettino ufficiale-16 gennaio 2003
12. www.CasaClima.info
13. Dati di distribuzione di gas ed energia elettrica a Parma per l'anno 2003, Eni SpA.
14. G.L. Berta, L. Garbarino, A. Pini Prato, Riflessioni sulla cogenerazione diffusa, 58° Congresso ATI, Padova, 2003
15. Per J. Agrell and Peter Bogetoft, Economic and environmental efficiency of district heating plants, Energy Policy, Volume 33, Issue 10, July 2005, Pages 1351-1362