



## Fonti rinnovabili a confronto

*L'energia rinnovabile è quella che si ottiene da fonti presenti in natura, per le quali la velocità di utilizzo è paragonabile alla velocità con la quale la fonte si rende nuovamente disponibile. Nell'articolo un quadro di sintesi delle principali fonti rinnovabili in considerazione di tre aspetti: tecnologia, diffusione territoriale e costi.*

Con il termine energia rinnovabile si indicano fonti energetiche presenti in natura tali per cui la velocità di utilizzo è paragonabile alla velocità con la quale la fonte stessa si rende nuovamente disponibile. A livello normativo sono riconosciute come fonti rinnovabili di energia: l'energia solare, eolica, geotermica, idraulica, maremotrice, del moto ondoso, i gas di discarica, i gas residuati dai processi di depurazione, il biogas e le biomasse<sup>1</sup> (Dir 2001/77/CE, Dlgs 387/2003 e Lr dell'Emilia-Romagna 26/2004).

Nel 2004 le fonti energetiche rinnovabili hanno contribuito alla copertura dell'offerta totale di energia primaria<sup>2</sup> mondiale con una quota pari al 13,1% (Iea 2006a, 2). Nello stesso anno l'offerta di energia primaria è stata soddisfatta per il 34,3% dal petrolio, per il 25,1% dal carbone, per il 20,9% dal gas naturale, per il 6,8% dal nucleare e per lo 0,2% da rifiuti. Nel computo dell'energia prodotta da fonti rinnovabili le biomasse solide hanno il peso maggiore (79,4%), seguite dall'idroelettrico (16,7%).

L'Europa, nel Libro Bianco *Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili* del 1997, pone come obiettivo strategico un contributo delle fonti rinnovabili al consumo di energia primaria del 12%. Al 2004 tale quota era ferma al 5,61%, con un contributo del 65% da biomasse, 27% da idroelettrica, 5% eolica, 2% geotermica e 1% solare (EurObserv'ER, 2005, 27-28).

Nello stesso anno, in Italia, il bilancio energetico nazionale redatto da Enea riporta un contributo delle rinnovabili al consumo interno lordo di energia pari al 7,2%: la quota maggiore è rappresentata da idroelettrico e biomasse, seguite dalla geotermia. Di seguito si cercherà di fornire un quadro di sintesi delle princi-

pali fonti rinnovabili (solare, eolico, geotermico, idroelettrico e biomasse), tenendo in considerazione tre aspetti: tecnologia, diffusione territoriale e costi<sup>3</sup>.

### **Energia solare fotovoltaica**

**Tecnologia.** Gli impianti fotovoltaici sfruttano la radiazione solare per produrre energia elettrica. Il componente base è rappresentato dalla cella fotovoltaica grazie alla quale, sfruttando le proprietà di un materiale semiconduttore (p.e. silicio), avviene la conversione dell'energia radiante in elettricità<sup>4</sup>. Le celle sono elementi modulari, e possono essere facilmente collegate per ottenere impianti di potenza compresa tra qualche centinaio di watt e le decine di MW.

**Diffusione.** Nel 2005, a livello mondiale, risultano installati 3.700 MW (Iea 2006b, 5). Paesi leader sono la Germania (1.429 MW) e il Giappone (1.422 MW), mentre l'Italia, con 37,5 MW installati, è ben al di sotto della media europea (141 MW).

**Costi.** I costi di installazione sono dell'ordine dei 6.000-7.000 Euro/kWp, mentre il costo dell'energia prodotta oscilla tra i 25-40 cEuro/kWh. Questi valori, anche se in diminuzione, fanno sì che la convenienza del fotovoltaico sia ancora fortemente legata a incentivi.

### **Energia solare termica**

**Tecnologia.** In questi impianti l'energia radiante è sfruttata per ottenere energia termica. Componente principale del sistema è il collettore solare, costituito da una piastra captante che assorbe l'energia solare e la converte in calore. Il calore prodotto viene poi inviato a un fluido termovettore (p.e. acqua o aria) che circola all'interno del collettore stesso o in particolari fasci tubieri e utilizzato per il riscaldamento di acqua calda sanitaria o per la climatizzazione.

**Diffusione.** Al 2005 a livello europeo risultano operativi circa 16 milioni di m<sup>2</sup> di collettori solari (Estif 2005). I paesi dove la diffusione è maggiore sono Germania (41% del totale), Grecia (19%) e Austria (14,5%), mentre, a dispetto della radiazione solare presente e quindi dell'alto potenziale di sviluppo, è ancora basso il contributo dell'Italia (3,2%).

**Costi.** I costi variano a seconda della dimensione dell'impianto e della tipologia di circolazione del fluido termovettore (naturale o forzata): si va dai 2.000 euro per un impianto a circolazione naturale da 2-3 m<sup>2</sup> con un serbatoio di accumulo da 200 litri (utile a soddisfare il bisogno di acqua sanitaria di 2-3 persone), fino ai circa 12.000 euro per un impianto a circolazione forzata da 15 m<sup>2</sup> con 1.000 litri di serbatoio (che può soddisfare il fabbisogno di 5 persone e contribuire anche al riscaldamento). I collettori solari possono soddisfare il 70% circa del fabbisogno di acqua calda sanitaria di un'abitazione; se si utilizza il solare anche per il riscaldamento domestico il fabbisogno complessivo che si soddisfa è di circa il 40-60% (Legambiente per le energie rinnovabili).

### **Energia eolica**

**Tecnologia.** Gli aerogeneratori trasformano l'energia cinetica del vento in energia meccanica di rotazione e quindi in energia elettrica. Le pale (generalmente tre) sono collegate a una cabina (navicella), a sua volta montata su una torre ancorata al terreno mediante una fondazione in cemento armato. I moderni aerogeneratori presentano torri alte tra gli 80 e i 100 m, rotor con diametro di 80-100 m (il che significa un'altezza alla pala di circa 120-150 m) e potenze tra i 2 e i 5 MW. Un impianto eolico è costituito da uno o più aerogeneratori (parchi eolici) e, in base alla sua

dislocazione, può essere di tipo *on-shore* (su terraferma) o *off-shore* (in mare).

**Diffusione.** Alla fine del 2005, nel mondo, la potenza totale installata risulta di oltre 59.000 MW (Greenpeace, Gwec 2006). L'Europa guida la scena, con un parco di oltre 40.500 MW, pari al 69% del totale. I paesi con le maggiori installazioni eoliche sono Germania (18.428 MW), Spagna (10.027 MW), Stati Uniti (9.149 MW), India (4.430 MW) e Danimarca (3.122 MW). L'Italia, con un incremento di 452 MW nel 2005, ha raggiunto una potenza installata di 1.717 MW, ponendosi al quarto posto in Europa.

**Costi.** I costi di installazione oscillano tra i 900-1.000 Euro/kW, mentre il costo dell'energia oscilla tra i 4 e gli 8 cEuro/kWh, a seconda della velocità del vento. Nei siti con le condizioni migliori di ventosità il costo di produzione è assolutamente competitivo con quello degli impianti di generazione a combustibili fossili.

### **Energia geotermica**

**Tecnologia.** Il calore endogeno proveniente dalle zone più interne della Terra può essere sfruttato sia per usi elettrici, sia per usi termici. Nel primo caso l'acqua o il vapore ad alta temperatura vengono convogliati a un impianto per la produzione di elettricità e utilizzati (direttamente o indirettamente) per azionare una turbina. Nel secondo caso, il calore (a media e bassa temperatura) è impiegato in applicazioni dirette come pompe di calore, stabilimenti termali, riscaldamento di edifici, serre per floricultura e orticoltura, acquacoltura ecc.

**Diffusione.** Al 2004 risultano installati nel mondo circa 8.910 MWe di potenza geotermoelettrica: Stati Uniti e Filippine sono i paesi leader, seguiti da Messico, Indonesia e Italia che, con una potenza installata di 790 MWe,



ARCHIVIO ARPA, LINEA EDITORIALE

rappresenta circa il 9% del totale. A livello europeo il contributo italiano rappresenta addirittura il 96% della potenza totale (EurObserv'ER, 2005). Per quanto riguarda gli usi termici, si possono distinguere due usi principali: lo sfruttamento diretto di risorse geotermiche a bassa e media temperatura (30-150°C) e l'utilizzo di pompe di calore: al 2004 sono disponibili in Europa circa 6.590 MWth, di cui circa il 70% sono installati in pompe di calore.

**Costi.** Per la produzione di elettricità, nel 2000, i costi di installazione variavano nel range 630-2.360 Euro/kW, mentre i costi di produzione erano dell'ordine di 1,6-8 cEuro/kWh. Nel settore degli usi termici, nello stesso anno, si registravano costi di installazione di 150-1.500 Euro/kW e di produzione di 0,4-4 cEuro/kWh (Undp 2000, 15<sup>5</sup>).

### Energia idraulica

**Tecnologia.** Le turbine idrauliche sfruttano l'energia (potenziale) dell'acqua per produrre elettricità. A livello internazionale le centrali idroelettriche sono suddivise in due classi, *grande idro* e *mini idro*, con una potenza di soglia stabilita in 10 MW. Mentre il grande idroelettrico non rappresenta, nei paesi industrializzati, un'opzione con particolari opportunità di sviluppo (sia per problematiche di impatto ambientale, sia perché quasi tutti i siti utili sono già stati sfruttati), il mini idro rappresenta invece una soluzione di grande interesse per soddisfare fabbisogni energetici locali. Di fatto un impianto mini idro può essere installato anche in presenza di portate limitate e salti di pochi metri, con impatti

ambientali molto ridotti.

**Diffusione.** Dei circa 11.650 MW di impianti mini idro installati in Europa (che rappresentano l'11,2% del totale della produzione idroelettrica), il 22% circa appartiene all'Italia: tale valore fa del nostro paese il primo produttore europeo di energia idroelettrica da impianti con potenza minore di 10 MW, seguito da Francia, Spagna e Germania (EurObserv'ER, 2005).

**Costi.** I costi associati all'energia idroelettrica sono da tempo competitivi con quelli associati alle fonti energetiche fossili. I costi di investimento variano, in funzione delle opere civili necessarie, tra i 1.500 e i 2.000 Euro/kW, mentre quelli di produzione sono dell'ordine dei 4,5-11 cEuro/kWh, anche se nel caso di impianti mini idro tali valori possono essere superati.

### Energia da biomassa

**Tecnologia.** La biomassa può essere considerata un serbatoio di energia solare captata a breve ciclo attraverso la vegetazione, i processi di fotosintesi clorofilliana e il metabolismo degli organismi viventi. Tale energia è utilizzata sia per produrre elettricità e/o calore, sia nel settore dei trasporti. Le principali metodologie di valorizzazione energetica riguardano: la combustione diretta di biomasse legnose di origine agricolo-forestale, l'uso di biocombustibili liquidi (biodiesel e bioetanolo) da colture dedicate e la trasformazione in biogas attraverso processi di fermentazione anaerobica dei reflui zootecnici, civili o agroindustriali. Come tecnologie vicine alla maturità industriale vanno inoltre menzionate

gassificazione, pirolisi e produzione di bioetanolo da lignocellulosici.

**Diffusione.** Nel 2004 le biomasse hanno contribuito alla copertura del 10,4% dell'offerta mondiale di energia primaria. A livello europeo, l'energia da biomassa è la fonte rinnovabile più utilizzata, contribuendo per il 65% alla produzione di energia da rinnovabili (EurObserv'ER 2005, 28): questa quota, tuttavia, rappresenta appena il 3,65% della produzione totale di energia. Per quanto riguarda le tre filiere principali, paesi leader sono Francia e Svezia per le biomasse legnose, Regno Unito e Germania per il biogas, Germania per il biodiesel e Spagna per il bioetanolo. L'Italia, con il 2,7% circa del fabbisogno coperto da biomasse (Enea 2005b), si pone al di sotto della media europea.

**Costi.** Al 2000 per l'elettricità da biomasse erano stimati costi di investimento di 700-2.300 Euro/kW e costi di produzione di 4-12 cEuro/kWh. I costi di investimento e produzione registrati per gli usi termici erano invece minori: 200-600 Euro/kW e 0,8-4 cEuro/kWh, rispettivamente (Undp 2000, 15<sup>6</sup>).

**Michele Sansoni**

*Arpa Emilia-Romagna*

### NOTE

<sup>1</sup> Le biomasse sono intese come parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.

<sup>2</sup> Tpes, *Total primary energy supply*

<sup>3</sup> Particolarmente utili per l'analisi risultano il volume a cura di Carlo Manna *Le fonti rinnovabili 2005 - Lo sviluppo delle rinnovabili in Italia tra necessità e opportunità* (Enea 2005a), il *Rapporto sulle energie rinnovabili* (Ambiente Italia, 2004) e i "barometri" di EurObserv'ER, 2005 ai quali si rimanda per approfondire l'argomento.

<sup>4</sup> Una cella fotovoltaica è in grado di produrre circa 1,5 watt di potenza in condizioni standard, vale a dire quando essa si trova ad una temperatura di 25°C ed è sottoposta a una potenza della radiazione pari a 1000 W/m<sup>2</sup>. La potenza in uscita da un dispositivo fotovoltaico quando esso lavora in condizioni standard prende il nome di potenza di picco (Wp) ed è un valore che viene usato come riferimento.

<sup>5</sup> Valori in dollari Usa convertiti in euro al cambio attuale di 1 dollaro Usa = 0,7873 euro e arrotondati.

<sup>6</sup> v. nota 5.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Ambiente Italia, 2004. *Rapporto sulle Energie Rinnovabili 2004*, [http://www.fonti-rinnovabili.it/attach/7\\_A\\_Rapporto%20Rinnovabili%202004.pdf](http://www.fonti-rinnovabili.it/attach/7_A_Rapporto%20Rinnovabili%202004.pdf)
- Enea, 2005. *Le Fonti Rinnovabili 2005. Lo sviluppo delle rinnovabili in Italia tra necessità e opportunità*, a cura di Manna C., <http://www.enea.it/>
- Enea, 2005b. *Rapporto Energia e Ambiente 2005. I dati* [http://www.enea.it/com/web/pubblicazioni/REA\\_05/Dati\\_05.pdf](http://www.enea.it/com/web/pubblicazioni/REA_05/Dati_05.pdf)
- Estif, 2005. *Solar Thermal Markets in Europe 2005*, <http://www.estif.org>
- EurObserv'ER, 2005a. *2005 European Barometer of Renewable Energies*, [http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/barobilan/barobilan5.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/barobilan/barobilan5.pdf)
- Greenpeace, GWEC, 2006. *Global wind energy outlook 2006*, [http://www.gwec.net/fileadmin/documents/Publications/Global\\_Wind\\_Energy\\_Outlook\\_2006.pdf](http://www.gwec.net/fileadmin/documents/Publications/Global_Wind_Energy_Outlook_2006.pdf)
- Iea, 2006a. *Renewables in global energy supply. An IEA fact sheet*, [http://www.iea.org/textbase/papers/2006/renewable\\_factsheet.pdf](http://www.iea.org/textbase/papers/2006/renewable_factsheet.pdf)
- Iea, 2006b. *Trends in photovoltaic applications. Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2005*, [http://www.iea-pvps.org/products/download/rep1\\_15.pdf](http://www.iea-pvps.org/products/download/rep1_15.pdf)
- Undp, 2000. *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability* <http://www.undp.org/energy/weapub2000.htm>