

## Il settore energetico: situazione attuale e scenari futuri. Il ruolo delle bio-energie

### I. IL PRESENTE ENERGETICO

Il mix delle varie fonti di energia primaria impiegate nel pianeta (che, nel 2006, risulta pari a 11.700 Mt<sub>ep</sub>; fig. 1) conferma, da un lato, l'assoluta predominanza dei combustibili fossili (81%) e, dall'altro, la straordinaria "voracità" della trentina di Paesi appartenenti all'OECD che, da soli, utilizzano poco meno della metà (48%) dell'energia primaria totale.

Spiccano poi le posizioni di Cina e Asia<sup>1</sup> che, da sole, consumano ¼ dell'energia primaria mondiale mentre, all'opposto, America Latina e Africa non raggiungono il 10%. È, dunque, un dato oggettivo che, relativamente ai consumi energetici, il pianeta procede a "tre velocità" fra loro diverse per molti ordini di grandezza (tab. 1).

Il ruolo fondamentale giocato dal petrolio ma anche, più recentemente, dal gas naturale evidenziano, inoltre, la macroscopica "dipendenza" fra regioni del mondo, causa di continue, e a volte tragiche, tensioni politico-economiche; infatti e in generale, in termini energetici «i Paesi che più consumano, meno producono e, soprattutto, di minori riserve dispongono per il futuro» (fig. 2).

Le profonde differenze socio-economiche esistenti sul pianeta trovano cruda e puntuale conferma rapportando per ciascun Paese l'energia annualmente consumata (Mt<sub>ep</sub>; TWh) con alcuni semplici parametri (popolazione, PIL, ecc.) e confrontando fra loro i risultati ottenuti (tab. 2).

Sul fronte dei "benefici socio-economici" connessi alla disponibilità di energia primaria vi sono regioni del mondo i cui abitanti mediamente dispon-

\* *Dipartimento Ingegneria Agraria, Università degli Studi di Milano*

<sup>1</sup> Identificata come tale con esclusione della Cina, considerata a parte nelle statistiche.

FONTE ENERGETICA	%	Mt <sub>EP</sub>
Petrolio	34,4%	4.039
Carbone	26,0%	3.053
Gas naturale	20,5%	2.407
Nucleare	6,2%	728
Biomasse	10,1%	1.186
Altre Rinn.	0,6%	70
Biomasse + Altre Rinn.	10,7%	1.256
Idro	2,2%	258
<b>TOTALE</b>	<b>100%</b>	<b>11.741</b>
Fonti fossili	81%	9.498
Fonti non-fossili	13%	1.515
Nucleare	6%	728

REGIONE	%	Mt <sub>EP</sub>
OECD	47,1%	5.530
Medio Oriente	4,5%	528
ExUSSR	8,7%	1.021
NonOECD EU	0,9%	106
ExUSSR & NonOECD EU	9,6%	1.127
Cina	16,2%	1.902
Asia	11,3%	1.327
America Latina	4,5%	528
Africa	5,2%	611
Bunkeraggi	1,6%	188
<b>MONDO</b>	<b>100%</b>	<b>11.741</b>
Paesi OECD	47%	5.530
Paesi NonOECD	51%	6.023
Bunkeraggi	2%	188

Tab. 1 Anno 2006: impiego di energia primaria ripartito per fonte (a sinistra) e per regione del mondo (a destra) [Fonte: IEA e successive elaborazioni]

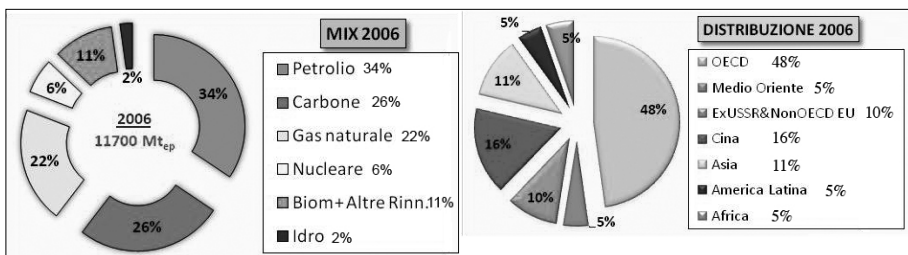


Fig. 1 Anno 2006: impiego di energia primaria ripartito per fonte (a sinistra) e per regione del mondo (a destra)

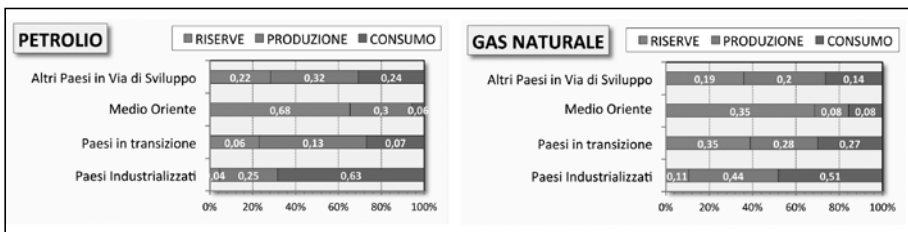


Fig. 2 Petrolio: 5 Paesi possiedono il 63% delle riserve, 10 Paesi l'84%; 5 Paesi producono il 42% del totale, 10 Paesi il 62%; 5 Paesi consumano il 47% del totale, 10 Paesi il 60%. Gas Naturale: 5 Paesi possiedono il 61% delle riserve, 10 Paesi il 75%; 5 Paesi producono il 59% del totale, 10 Paesi il 72%; 5 Paesi consumano il 51% del totale, 10 Paesi il 65% [Fonte: IEA, 2008]

REGIONE/PAESE	POPOLAZ.	PIL	ENERGIA PRODOTTA	IMPORT ENERGIA	CONSUMI ENERGIA PRIMARIA	CONSUMI ELETTRICI (#)	EMISSIONI CO <sub>2</sub> (\$)	CONSUMI PROCAPITE ENERGIA PRIMARIA	INTENSITA' ENERGETICA	CONSUMI ELETTRICI PROCAPITE	EMISSIONE SPECIFICA CO <sub>2</sub>	EMISSIONE PROCAPITE CO <sub>2</sub>	EMISSIONE SPECIFICA CO <sub>2</sub>
	POP	mld\$ <sub>2000</sub>	Mt <sub>ep</sub>	Mt <sub>ep</sub>	CEP	CEE	CO <sub>2</sub>	CEP/POP	CEP/PIL	CEE/POP	CO <sub>2</sub> /CEP	CO <sub>2</sub> /POP	CO <sub>2</sub> /PIL
	milioni				Mt <sub>ep</sub>	TWh	Mt <sub>CO2</sub>	t <sub>ep</sub> /capita	t <sub>ep</sub> /000\$ <sub>2000</sub>	kWh/capita	t <sub>CO2</sub> /t <sub>ep</sub>	t <sub>CO2</sub> /capita	kg <sub>CO2</sub> /\$ <sub>2000</sub>
OECD	1.178	29.169	3.842	1.845	5.537	9.872	12.874	4,70	0,19	8380	2,33	10,93	0,44
Medio Oriente	189	838	1.529	- 990	523	599	1.291	2,77	0,62	3169	2,47	6,83	1,54
Ex-USSR	284	568	1.610	-577	1.017	1.274	2.395	3,58	1,79	4486	2,35	8,43	4,22
Europa Non OECD	54	162	64	45	108	171	271	2,00	0,67	3167	2,51	5,02	1,67
Cina	1.319	2.315	1.749	161	1.897	2.716	5.648	1,44	0,82	2059	2,98	4,28	2,44
Asia	2.120	2.139	1.187	176	1.330	1.414	2.718	0,63	0,62	667	2,04	1,28	1,27
America Latina	455	1.796	704	-169	531	808	972	1,17	0,30	1776	1,83	2,14	0,54
Africa	937	773	1.110	-489	614	522	854	0,66	0,79	557	1,39	0,91	1,10
MONDO	6.536	37.759	11.796	-	11.740	17.377	28.003	1,80	0,31	2659	2,39	4,28	0,74
Italia	58,86	1157	27,43	163,19	184,17	339,18	448,03	3,13	0,16	5762	2,43	7,61	0,39
Francia	63,2	1468,3	137,02	140,22	272,67	479,33	377,49	4,31	0,19	7584	1,38	5,97	0,26
Germania	82,37	2011,2	136,76	215,56	348,56	590,98	823,46	4,23	0,17	7175	2,36	10,00	0,41
Giappone	127,76	5087,1	101,07	431,11	527,56	1.050,13	1.212,7	4,13	0,10	8220	2,30	9,49	0,24
USA	299,8	11.265,2	1.654,23	730,44	2.320,7	4.052,24	5.696,77	7,74	0,21	13515	2,45	19,00	0,51
Russia	142,5	373,2	1219,98	-531,12	676,2	872,39	1.587,18	4,75	1,81	6122	2,35	11,14	4,25
India	1.109,81	703,33	435,64	134,83	565,82	557,97	1.249,74	0,51	0,80	503	2,21	1,13	1,78
Brasile	189,32	765,13	206,72	20,35	224,13	389,95	332,42	1,18	0,29	2060	1,48	1,76	0,43
Nigeria	144,72	63,53	235,34	-129,69	105,07	16,85	51,42	0,73	1,65	116	0,49	0,36	0,81
Qatar	0,82	28,36	94,95	-76,87	18,12	14,11	39,67	22,10	0,64	17207	2,19	48,38	1,40
Eritrea	4,69	0,75	0,51	0,16	0,7	0,23	0,53	0,15	0,93	49	0,76	0,11	0,71

Note: (#) Produzione + import – export – perdite trasmissione/distribuzione; (\$) Dovute all'uso di combustibili

Tab. 2 Dati statistici e parametri energetici nelle diverse regioni del mondo e in alcuni Paesi significativi [Fonte: IEA]

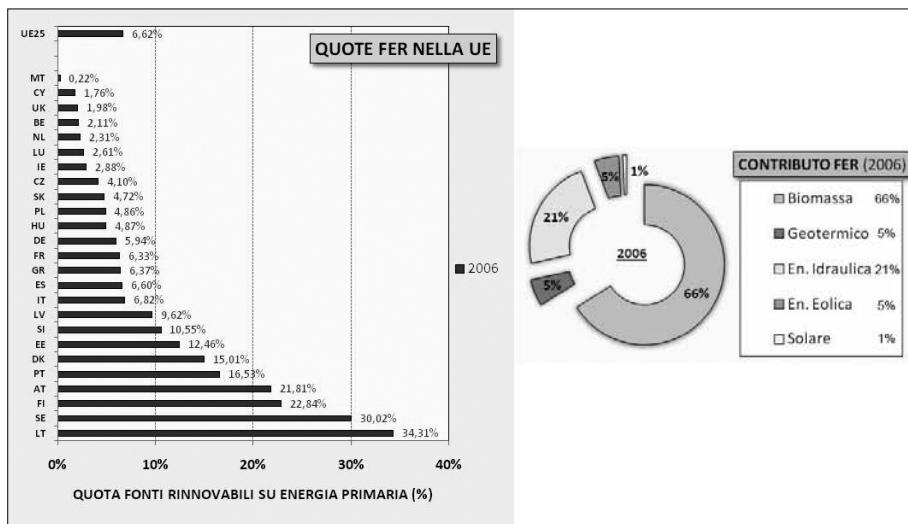


Fig. 3 *A sinistra: contributo delle Fonti Energetiche Rinnovabili alla copertura dei fabbisogni di energia primaria nei Paesi della UE25 nel 2006. A destra: contributo delle differenti fonti [Fonte: EurObserv'ER 2007]*

gono 7 volte l'energia ( $t_{ep}$ /anno-capite) che hanno altri; nel caso dell'energia elettrica (kWh/anno-capite) la differenza addirittura raddoppia, raggiungendo le 15 volte.

Ma anche sotto il profilo delle "responsabilità climatiche" correlabili all'impiego di energia il mondo dimostra tutta la sua diversità: il carico di emissioni di  $CO_2$  addebitabili a un abitante ( $t_{CO_2}$ /anno-capite) dell'Africa è al momento mediamente 12 volte minore rispetto a quello di un Paese Industrializzato.

Naturalmente, la "forbice" si apre in modo ancor più marcato se i confronti si fanno fra singoli Paesi. Tali aspetti sono solo una componente, sebbene abbastanza indicativa, delle difficoltà che la politica incontrerà nel trovare accordi internazionali che si basino su richieste e aspettative di sviluppo in grado di soddisfare tutti.

Analizzando con maggior risoluzione l'attuale situazione energetica mondiale, per quanto riguarda l'Europa va innanzitutto evidenziato come l'obiettivo fissato nel *Libro Bianco*<sup>2</sup> – che prevedeva di coprire nel 2010 almeno il 12% dei fabbisogni di energia primaria mediante Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) – non sarà raggiunto.

Difatti, nella UE25 al 2006, il contributo delle FER alla "bolletta energetica" risulta, mediamente, del 6,6%, con punte del 30% in Svezia e minimi

<sup>2</sup> Una politica energetica per l'Unione Europea, gennaio 1996.

	EOLICO (MW <sub>e</sub> )	SOLARE FOTOVOLTAICO (MW <sub>p</sub> )	SOLARE TERMICO (MW <sub>t</sub> )	BIOGAS (kt <sub>ep</sub> )	CONSUMO BIO- CARBURANTE (kt <sub>ep</sub> )	BIOMASSE SOLIDE (kt <sub>ep</sub> )
Italia	2.213	5.181	606	354	177	1.967
UE25	48.009	3.127	14.280	5.142	2.992	62.413

Tab. 3 Anno 2006: contributo delle Fonti Energetiche Rinnovabili in Italia e nella UE a 25

del 1,8% a Cipro (fig. 3, a sinistra). Relativamente alle differenti tecnologie impiegate (fig. 3, a destra), la quota maggiore è fornita dalle biomasse (solide e bio-carburanti) con il 66%. Seguono l'energia idraulica (23%), la geotermica e l'eolica (6% ciascuna) e il solare (termico e FV) con meno dell'1%.

In Italia, nel 2006, il contributo complessivo delle FER raggiunge il 6,82% e, come tale, si allinea alla media comunitaria, presentando i contributi riportati in tabella 3.

Un secondo obiettivo previsto dal *Libro Bianco* riguarda il progressivo ricorso alle FER per la produzione di EE che, nell'Europa del 2010, avrebbe dovuto raggiungere il 21% dei consumi totali di elettricità. Purtroppo anche questo obiettivo non verrà centrato in quanto, nel 2006, l'elettricità generata da FER (principalmente ricorrendo a: eolico, biomasse e biogas) segna a malapena il 14,6% del totale.

I risultati dell'Italia anche in questo caso non risultano particolarmente brillanti, raggiungendo soltanto quota 14,8%.

Non va, da ultimo, dimenticato che la UE nel 2007 si è formalmente (ma unilateralmente) impegnata – e ha emesso un pacchetto di misure attuative – a raggiungere entro il 2020, i seguenti ambiziosi obiettivi: (a) consumo finale di energia primaria sostenuto per 20% da FER; (b) riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera del 20%; (c) miglioramento dell'efficienza degli impianti energetici del 20%; (d) utilizzazione del 10% di bio-combustibili nei carburanti utilizzati nel settore dei trasporti.

## 2. IL BIVIO

Secondo il parere unanime dei più autorevoli esperti, il sistema energetico mondiale si trova oggi di fronte a una decisione da prendere assai urgente, la cui importanza non ha precedenti nella storia dell'uomo sul pianeta per le conseguenze sulla stessa possibilità di sopravvivenza.

Tale decisione, che presuppone di raccogliere sfide diffusamente ritenute di “dimensioni impressionanti” è sinteticamente causata dalla palese insoste-

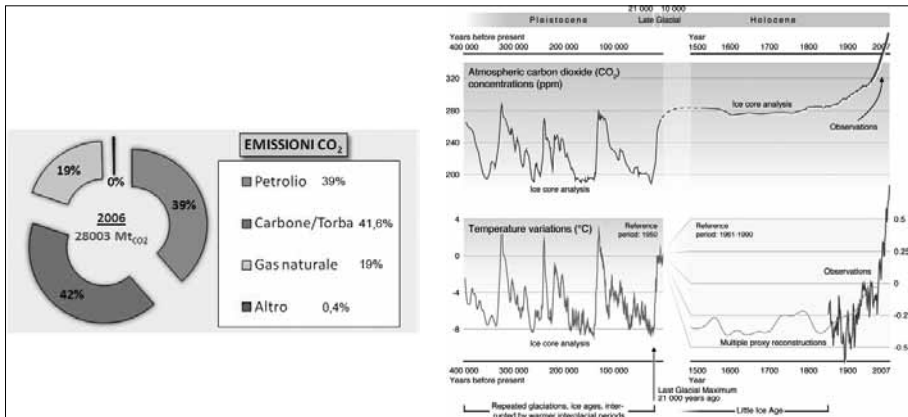


Fig. 4 *A sinistra: emissioni equivalenti di CO<sub>2</sub> da soli combustibili nel 2006; esse rappresentano poco più del 60% delle emissioni equivalenti totali che raggiungono 46 Gt<sub>CO<sub>2</sub></sub>. A destra: andamento storico della concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera*

nibilità degli attuali consumi di energia con l'ambiente, che – come noto – si esplicita in molteplici forme e manifestazioni ed è sostanzialmente riconducibile all'aumento esponenziale nell'atmosfera della concentrazione di gas a effetto serra, registratosi a partire dal 1800 ovvero l'era dei combustibili fossili (fig. 4).

La “rivoluzione energetica” dalla quale – ormai è affermazione certa – non può prescindere il futuro benessere del pianeta si traduce nell’attuare due azioni – o meglio sfide – tanto semplici da enunciare quanto imponenti da realizzare:

1. assicurare a tutti i Paesi una offerta di energia affidabile a prezzi accettabili che permetta di pianificare lo sviluppo e il progresso di ciascuno di essi;
2. decarbonizzare con grande rapidità le fonti energetiche mondiali, al fine di evitare conseguenze irreparabili sul clima.

La prima sfida fa, fondamentalmente, capo alla “politica” che è chiamata a:

- individuare strategie condivise da tutti i Governi che si traducano in azioni decise, a livello nazionale e locale, rivolte a tutti i settori produttivi e da attuare senza possibilità di deroga o ritardo di sorta.

Per quanto invece concerne il secondo obiettivo, dal punto di vista tecnologico la riduzione delle emissioni di gas serra presuppone:

- il progressivo miglioramento dell'efficienza degli impianti di trasformazione;
- l'impiego sempre più massiccio sia di fonti rinnovabili, sia di tecnologie a basso impatto (*Low-Carbon Technologies, LCT*);
- il ricorso a tecniche di cattura e stoccaggio del carbonio (*Carbon Capture and Storage, CCS*).

Quale, fra queste due sfide, sia la più ardua da raccogliere e da condurre è difficile da stabilire.

Infatti, da un lato, l'attuale dibattito politico fornisce continue prove dell'evidente incapacità al confronto e alla soluzione condivisa di problemi pratici di carattere energetico-climatico, dall'altro, soprattutto fra l'opinione pubblica dei Paesi industrializzati si assiste a una crescente consapevolezza delle dimensioni della questione ambientale e della ristrettezza del tempo rimasto per agire.

Un nuovo accordo internazionale sul clima è un passo imprescindibile verso la sostenibilità del sistema energetico, ma l'efficacia della sua realizzazione è altrettanto cruciale; qualsiasi ritardo significherebbe un aumento dei costi finali per il raggiungimento degli obiettivi climatici.

Quest'ultimo aspetto, insieme alla sempre più diffusa coscienza ambientale, potrebbero essere fattori decisivi (e particolarmente convincenti) per l'intera classe politica internazionale.

### 3. IL FUTURO ENERGETICO

La consapevolezza di essere giunti a un bivio ineludibile ma anche, o forse più realisticamente, la percezione delle enormi difficoltà che si frappongono alla messa in moto delle sfide sul tappeto precedentemente ricordate, fa sì che la quasi totalità degli scenari energetici futuri che vengono proposti da più parti prospettino due situazioni assai diversificate.

La prima – definibile, di continuità e, quindi, di sostanziale immobilismo rispetto alle grandi tematiche climatiche – non prevede siano messi in essere sostanziali cambiamenti delle politiche energetiche planetarie (*business as usual*).

Questa possibile evoluzione – sebbene catastrofica per le conseguenze nel breve-medio termine sulla vita della Terra – si prospetta come lo scenario al quale fare riferimento per quantificare l'efficacia del pacchetto di interventi coordinati e internazionalmente condivisi che dovrebbe – questo è l'auspicio di tutti – mettersi in moto senza più indugio e condurre progressivamente il pianeta verso la piena sostenibilità, per garantendo appropriati livelli di sviluppo e crescita economica a tutti i Paesi. Alcuni “scenari di riferimento” limitano l'analisi ai prossimi 20-25 anni, altri fanno proiezioni a più lungo termine, arrivando al 2050 o, addirittura, a fine secolo.

I risultati prospettati dagli scenari di riferimento permettono di definire percorsi evolutivi diversi, più faticosi ma virtuosi e meno impattanti, che configurano il raggiungimento della sostenibilità energetico-ambientale (“scenari alternativi”).

Essi sono, quindi, caratterizzati da uno spiccato dinamismo, dal possesso di una strategia predefinita, dalla capacità politica di operare scelte, alimentati da una condizione di *agreement* internazionale. Pertanto, tutti questi scenari migliorativi – anch’essi proposti con diverse gittate temporali – innescano, sebbene con tempi, intensità e priorità differenziate a seconda dei vari punti di vista, azioni che nel loro complesso danno sostanza alla “rivoluzione energetica” precedentemente menzionata.

### 3.1 *Scenari di Riferimento*

Lo Scenario di Riferimento al 2030 prospettato dallo IEA<sup>3</sup> si qualifica per l’impressionante incremento della domanda di energia primaria che, passando da 11.700 Mt<sub>ep</sub> nel 2006 a 17.700 Mt<sub>ep</sub> nel 2030, segna un aumento del 51% (tab. 4).

Analizzando più in dettaglio l’autorevole previsione, è interessante rilevare che (fig. 5):

- il mix energetico nel 2030 si presenta sostanzialmente analogo a quello del 2006, ricorrendo ancora per oltre l’80% ai combustibili fossili;
- il consumo di petrolio cresce (+38%) e resta ancora la principale fonte di approvvigionamento. I consumi di carbone e gas naturale aumentano in misura sensibilmente maggiore (+64%), coprendo il 60% dell’aumento complessivo della domanda energetica mondiale. Tali risorse, rispettivamente, rappresentano la 2<sup>a</sup> (28%) e la 3<sup>a</sup> (22%) fonte energetica del pianeta. La maggior parte dell’aumento del consumo di gas naturale è richiesto dal settore elettrico, mentre addirittura l’85% dell’aumento di consumo di carbone è destinato alla produzione di energia elettrica di Cina e India;
- le biomasse e le altre rinnovabili (solare, eolica, geotermica, talassica), nel loro complesso, pur segnando un sensibile aumento (+52%) e confermandosi la 4<sup>a</sup> risorsa energetica del pianeta, giocano un ruolo non predominante nel sostenere l’aumento complessivo della domanda. Da segnalare, tuttavia, che a esclusione delle biomasse, le rinnovabili moderne crescono complessivamente più velocemente di ogni altra fonte, concentrandosi l’aumento soprattutto nel settore della generazione di Energia Elettrica (dall’1% del totale prodotto nel 2006 al 4% nel 2030).

Sempre nel contesto di questo Scenario di Riferimento, non meno importante è osservare le significative variazioni dalla distribuzione della domanda

<sup>3</sup> International Energy Agency.



FORTE ENERGETICA	%	Mt <sub>EP</sub>	REGIONE	%	Mt <sub>EP</sub>
Petrolio	31,5%	5.582	OECD	38,4%	6.805
Carbone	28,2%	4.997	Medio Oriente	5,8%	1.028
Gas naturale	22,3%	3.952	ExUSSR		nd
Nucleare	4,8%	851	NonOECD EU		nd
Biomasse		nd	ExUSSR & NonOECD EU	8,1%	1.435
Altre Rinn.		nd	Cina	21,6%	3.828
Biomasse + Altre Rinn.	10,8%	1.914	Asia	14,7%	2.605
Idro	2,4%	425	America Latina	4,9%	868
			Africa	5,3%	939
			Bunkeraggi	1,2%	213
TOTALE	100%	17.721	MONDO		17.721
Fonti fossili	82%	14.531	Paesi OECD	38%	6.805
Fonti non-fossili	13%	2.339	Paesi NonOECD	61%	10.703
Nucleare	5%	851	Bunkeraggi	1%	213

Tab. 4 Anno 2030: impiego di energia primaria ripartito per fonte (a sinistra) e per regione del mondo (a destra), nel caso non sia presa alcuna iniziativa in favore della sostenibilità energetica e del miglioramento climatico del pianeta (Scenario di Riferimento) [Fonte: IEA e successive elaborazioni]

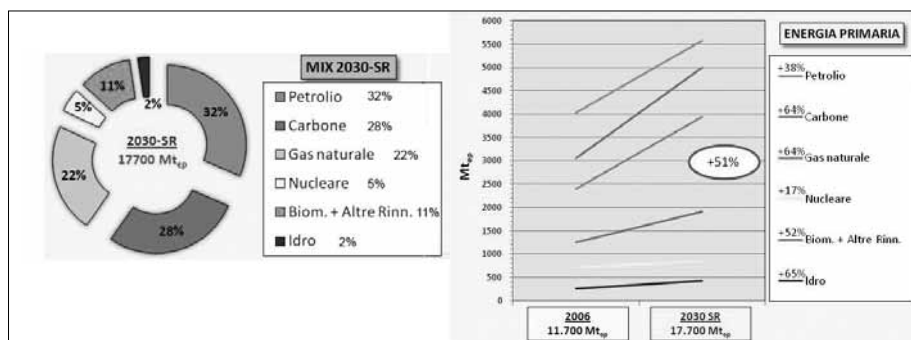


Fig. 5 Scenario Riferimento 2030: impiego di energia primaria ripartito per fonte (a sinistra) e relative variazioni (a destra)

di energia primaria nelle varie macro-aree e/o regioni della Terra che si registrano nell'arco temporale 2006-2030 (fig. 6).

Più in particolare:

- i Paesi OECD – pur restando i più energivori in assoluto – si caratterizzano per un aumento “contenuto” dei propri consumi (+23%), riducendo di quasi 9 punti percentuali la loro incidenza sul bilancio energetico mondiale

le. Incidenza che, di fatto, si trasferisce a Cina e Asia che – lanciate in un trend di sviluppo senza paragoni e conseguentemente andando a colmare l'attuale loro gap energetico – evidenziano aumenti di energia primaria scioccanti (rispettivamente, +101% e +96%) e motivano più della metà (3.200 Mt<sub>ep</sub>) dell'aumento mondiale di energia nel periodo considerato. Analogamente, il Medio Oriente, confermando le proprie formidabili prospettive di sviluppo, compie un balzo in avanti nei consumi (+95%); al contrario, pur essendo le regioni socialmente ed economicamente più arretrate del pianeta, America Latina e Africa presentano incrementi di energia primaria molto meno eclatanti (rispettivamente, +64% e +54%), segnale abbastanza inequivocabile di un divario che al 2030 appare non solo confermato ma, forse anche, peggiorato;

- la corsa all'urbanizzazione risulta inarrestabile e le metropoli e le città consolidano il loro primato nel consumare l'energia che muove il mondo: se nel 2006 i centri urbani ne assorbono circa il 67% (8.000 Mt<sub>ep</sub>, in cifra tonda), nel 2030 si sale al 75% (13.200 Mt<sub>ep</sub>).

Le diverse regioni del mondo, affrontano e poggiano il loro sviluppo 2006-2030, su fonti energetiche diverse (fig. 7); Cina e India identificano nel carbone e nel petrolio le fonti cruciali, Medio Oriente su petrolio e gas naturale. Indicativa la posizione dei Paesi OECD che, accanto al gas naturale, prevedono un forte sviluppo di biomasse e altre rinnovabili.

Qualora, malauguratamente, prendesse corpo e si compisse lo Scenario di Riferimento, gli effetti sul clima mondiale sarebbero catastrofici e irreversibili: le emissioni di CO<sub>2</sub> e degli altri gas a effetto serra passerebbero nel periodo 2006-2030 da 44 a 60 Gt<sub>CO2</sub>/anno, pari a un aumento del 35% (addirittura, le emissioni dovute al solo uso di energia registrerebbero un incremento del 45%, passando da 27 a 41 Gt<sub>CO2</sub>/anno). Ciò anche a causa ridotta applicazione delle tecnologie CCS alle centrali elettriche.

Tale trend di crescita comporterebbe, entro la fine del secolo, il raddoppio della concentrazione di gas serra nell'atmosfera (circa 1.000 ppm di CO<sub>2</sub> equivalente) con conseguente incremento della temperatura media del pianeta valutato dallo IEA in 6 °C.

Sebbene il 97% dell'aumento di CO<sub>2</sub> da sola energia proviene dai Paesi non-OECD e il 75% (poco meno di 10 Gt<sub>CO2</sub>) da Cina, India e Medio Oriente, le emissioni pro-capite dei Paesi OECD restano estremamente più elevate rispetto a quelle degli altri Paesi e, nel 2030, solo in Europa e Giappone risultano inferiori ai livelli 2006. Per quanto detto in precedenza sul fenomeno dell'urbanizzazione, la maggior parte dell'incremento delle emissioni di CO<sub>2</sub> da energia avverrà nelle città e nelle aree metropolitane.

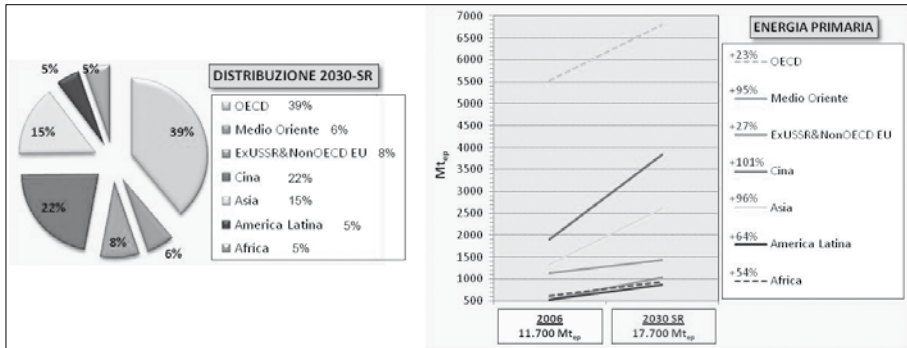


Fig. 6 Scenario Riferimento 2030: distribuzione della domanda di energia primaria per regione del mondo (a sinistra) e relative variazioni (a destra)

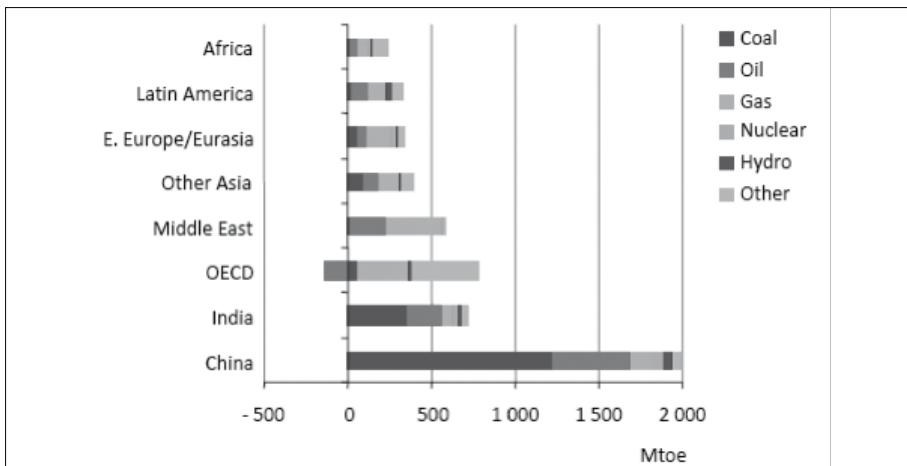


Fig. 7 Scenario Riferimento 2030: variazione della domanda di energia primaria nelle regioni del mondo suddivisa per fonte [Fonte: IEA]

### 3.2 Scenari alternativi

Gli scenari per uno sviluppo alternativo del pianeta e del suo stato di salute sono ormai numerosi e vengono proposti a ritmo serrato da vari Enti di Ricerca, Agenzie Governative, nonché da privati.

Si tratta di modelli di calcolo estremamente complessi e articolati chiamati a considerare innumerevoli aspetti, variabili e/o parametri di analisi con previsioni modulate su target ambientali predefiniti e spesso riconducibili alla stabilizzazione nel medio termine della concentrazione media nell'atmosfera

FORTE ENERGETICA	%	Mt <sub>EP</sub>	REGIONE	%	Mt <sub>EP</sub>
Petrolio	31,1%	4.909	OECD	39,9%	6.297
Carbone	23,4%	3.693	Medio Oriente	5,5%	868
Gas naturale	21,8%	3.441	ExUSSR		nd
Nucleare	6,8%	1073	NonOECD EU		nd
Biomasse		nd	ExUSSR & NonOECD EU	8,2%	1.294
Altre Rinn.		nd	Cina	20,6%	3.251
Biomasse + Altre Rinn.	14,0%	2.210	Asia	14,2%	2.241
Idro	2,9%	458	America Latina	4,9%	773
			Africa	5,4%	852
			Bunkeraggi	1,3%	205
TOTALE	100%	15.783	MONDO		15.783
Fonti fossili	76%	12.042	Paesi OECD	40%	6.297
Fonti non-fossili	17%	2.667	Paesi NonOECD	59%	9.280
Nucleare	7%	1.073	Bunkeraggi	1%	205

Tab. 5 Anno 2030: impiego di energia primaria ripartito per fonte (a *sinistra*) e per regione del mondo (a *destra*), nel caso in cui vengano assunte iniziative in favore della sostenibilità energetica e per contenere le emissioni a 550 ppm di CO<sub>2</sub> equivalenti (Scenario Alternativo 550 ppm) [Fonte: IEA e successive elaborazioni]

dei gas a effetto serra (in termini di CO<sub>2</sub> equivalenti) su valori predefiniti (scenario a 450 ppm; scenario a 550 ppm, ecc.).

Lo IEA prospetta per il 2030 uno Scenario Alternativo a quello di Riferimento (brevemente descritto in precedenza), associato alla stabilizzazione delle emissioni a 550 ppm, corrispondenti a un aumento medio della temperatura mondiale di 3 °C.

Secondo tale Scenario Alternativo 550 ppm, tale concentrazione limite verrebbe raggiunta intorno al 2020 e nel successivo decennio si stabilizzerebbe; il risultato più eclatante sarebbe che in tutti i Paesi attualmente maggiormente inquinanti<sup>4</sup> il livello di emissioni complessive (energia + altre cause) risulterebbe significativamente più basso. Considerando l'andamento delle sole emissioni dovute ai consumi energetici, se tutti i Paesi sapessero varare nuove ed efficaci politiche, le emissioni mondiali aumenterebbero "solo" fino a 34 Gt<sub>CO2</sub>/anno (1/5 in meno rispetto alle 42 Gt<sub>CO2</sub>/anno proprie dello Scenario di Riferimento, ma comunque superiori del 22% rispetto alle 27 Gt<sub>CO2</sub>/anno del 2006).

Sul piano energetico, lo Scenario Alternativo 550 ppm si caratterizzerebbe per una domanda complessiva di energia primaria di 15.780 Mt<sub>ep</sub> (tab. 5), presentando un aumento molto più contenuto rispetto a quello dello Scenario di Riferimento (+34% contro +51%).

<sup>4</sup> Attualmente, Cina, USA, UE, India e Russia producono 2/3 delle emissioni complessive.

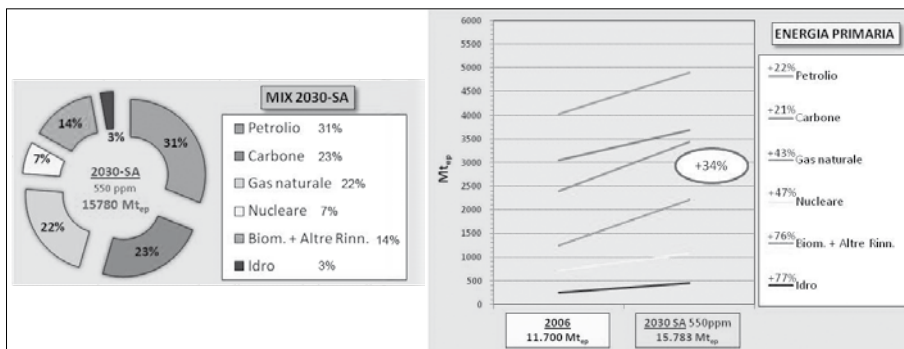


Fig. 8 Scenario Alternativo 2030 con emissioni  $\text{CO}_2$  a 550 ppm: impiego di energia primaria ripartito per fonte (a sinistra) e relative variazioni (a destra)

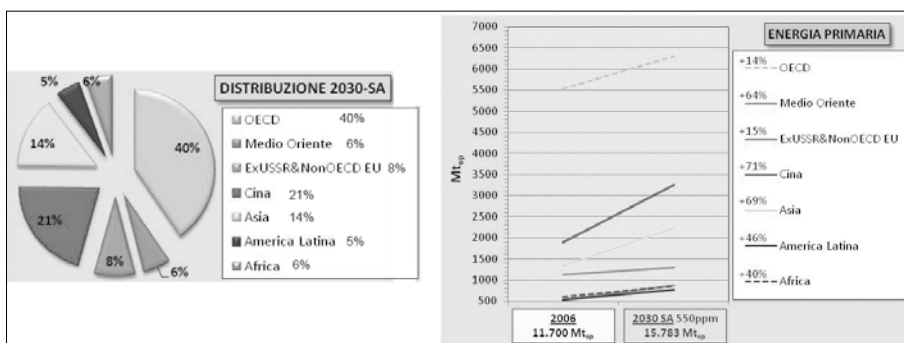


Fig. 9 Scenario Alternativo 2030 con emissioni  $\text{CO}_2$  a 550 ppm: distribuzione della domanda di energia primaria per regione del mondo (a sinistra) e relative variazioni (a destra)

Il mix energetico si presenterebbe sensibilmente modificato, con i combustibili fossili che perderebbero di importanza a favore delle rinnovabili e del nucleare (fig. 8, a sinistra).

Petrolio, carbone e gas naturale mostrerebbero ancora cospicui incrementi nel consumo (rispettivamente, +22%, +21% e +43%), ma essi risulterebbero decisamente meno marcati se paragonati allo Scenario di Riferimento (fig. 9, a destra).

Il minor ricorso alle fonti fossili, soprattutto al carbone, si ripercuoterebbe positivamente sul sopraccennato contenimento delle emissioni totali, favorito anche dalla buona diffusione di tecnologie CCS (centrali elettriche per 160 GW).

Viceversa, le biomasse e le rinnovabili – a seguito della maturazione delle tecnologie ma, soprattutto, per la presenza di specifiche azioni governative

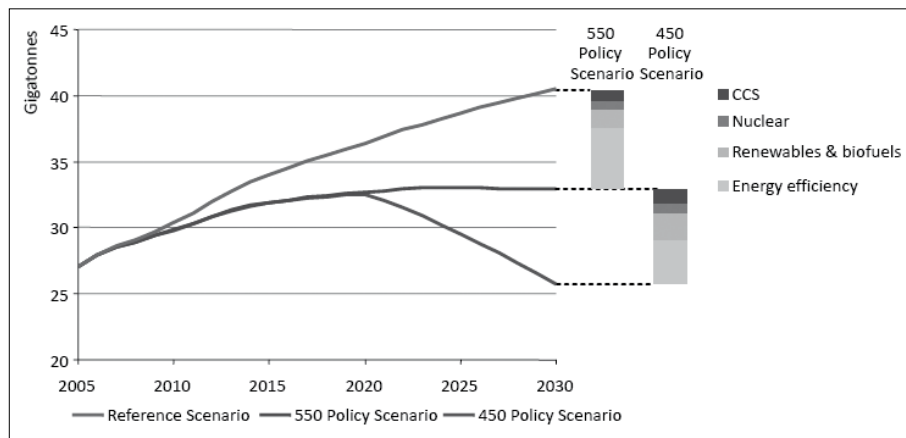


Fig. 10 Andamento delle emissioni di  $\text{CO}_2$  derivanti da consumo energetico nei vari scenari e ruolo giocato dalle diverse tecnologie. Rispetto allo Scenario di Riferimento ( $40,5 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}$  nel 2003), il contenimento delle emissioni a  $34 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}$  (Scenario Alternativo 550 ppm) è imputabile a: aumento dell'efficienza energetica per  $5,0 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}/\text{anno}$ ; fonti rinnovabili e biocarburanti per  $1,7 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}/\text{anno}$ ; nucleare per  $0,6 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}/\text{anno}$ ; tecnologie CCS per  $0,6 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}/\text{anno}$ . L'ulteriore contenimento delle emissioni a  $23 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}$  (Scenario Alternativo 450 ppm) è ascrivibile ai seguenti contributi aggiuntivi: aumento dell'efficienza energetica per  $3,8 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}/\text{anno}$ ; fonti rinnovabili e biocarburanti per  $2,4 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}/\text{anno}$ ; nucleare per  $0,7 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}/\text{anno}$ ; tecnologie CCS per  $1,0 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}/\text{anno}$ . [Fonte: IEA]

di sostegno e il contestuale aumento del greggio (che raggiungerebbe circa  $100 \text{ US\$}_{2007}$  a barile, -20% rispetto alla Scenario di Riferimento) – avrebbero l'opportunità di rimuovere la propria dipendenza da sussidi e incentivi e di permettere l'espansione delle tecnologie su larga scala.

Questi sono i motivi per il loro deciso incremento (+75%) che, da solo, varrebbe  $\frac{1}{4}$  dell'aumento complessivo della domanda di energia primaria.

Poiché, come brevemente accennato, anche nello Scenario Alternativo 550 ppm le emissioni di  $\text{CO}_2$  risulterebbero comunque superiori a quelle attuali, lo IEA individua anche un percorso capace di stabilizzare nel 2030 delle emissioni di  $\text{CO}_2$  equivalente a 450 ppm (Scenario Alternativo 450 ppm) che – a fronte di trasformazioni tecnologiche di portata e velocità di diffusione senza precedenti – porterebbe le emissioni nel 2030 a  $23 \text{ Gt}_{\text{CO}_2}/\text{anno}$ , associate a un aumento della temperatura media mondiale limitato a  $2^\circ\text{C}$ .

Per raggiungere questo ambizioso obiettivo occorrerebbe tuttavia fare pieno ricorso alle tecnologie CCS, al nucleare di 4<sup>a</sup> generazione e alle biomasse/fonti rinnovabili; tuttavia, sarebbe l'aumento dell'efficienza energetica che giocherebbe di gran lunga il ruolo più importante (fig. 10).

Le biomasse e le FER, in questo contesto, conoscerebbero uno sviluppo intenso nel settore elettrico arrivando a contare nel 2030 fino al 40% della generazione elettrica mondiale.

#### 4. LE TECNOLOGIE ENERGETICHE

Molte sono le tecnologie già disponibili e mature, sia sul fronte della rinnovabili vere e proprie (solare, eolico, geotermico), sia sul fronte dell'impiego delle biomasse per la generazione diretta o indiretta di bio-energia a livello centralizzato o distribuito nel territorio; le caratteristiche salienti delle tecnologie che attualmente rivestono la maggior importanza anche sotto il profilo commerciale sono riassunte in tabella 6.

Inoltre, è indispensabile sottolineare come in tutto il mondo siano in atto innumerevoli studi e progetti mirati a sperimentare nuove soluzioni tecnologiche, migliorare l'efficienza dei processi, ridurre i costi di investimento e i costi di gestione, ottimizzare le filiere eliminando sprechi energetici e/o migliorandone i punti critici.

Tale straordinaria vivacità che caratterizza ogni branca del settore energetico certamente contribuirà – in pochi anni – ad ampliare l'offerta di soluzioni convenientemente praticabili e a rendere sempre più efficienti, affidabili e meno costose le tecnologie attualmente già diffuse.

La descrizione basilare delle più importanti tecnologie basate sull'impiego delle Fonti Energetiche Rinnovabili nonché il contributo energetico da esse attualmente fornito è indicato nelle “Schede Tecnologiche”, riportate sottoforma di Allegato al presente contributo.

#### 5. CONCLUSIONI

Il ruolo che giocheranno le biomasse e le altre rinnovabili nel futuro energetico del pianeta non è in discussione.

Qualsiasi scenario, dal più irresponsabile (e, dunque, devastante) al più difficoltoso (e, dunque, benefico) coglie le grandi potenzialità legate a queste fonti che, pertanto, diventano un passaggio obbligato mediante il quale – nel 2030 – immettere nel sistema energetico mondiale da 1.900 (Scenario di Riferimento) a 2.200 (Scenario Alternativo 550 ppm)  $Mt_{ep}$ /anno, raggiungendo una fetta del mix planetario variabile tra 11% e 14%.

FONTE	TECNOLOGIE FILIERA	MICRO-GENERAZIONE				MACRO-GENERAZIONE			
		DIFFUS.	TIPO (\$)	IMPIANTI	DESTINAZIONE PRINCIPALE	DIF- FUS.	TIPO (\$)	IMPIANTI	DESTINAZIO- NE PRINCIPALE
SOLE	Fotovoltaico	+++	EE	Moduli FV	Autoconsumo, rete elettrica	+	EE	Campi FV	Rete elettrica
	Solare termico	+++	ET	Collettore piani	Autoconsumo	+	EE, ET	Collettori concentra- tori (olio diatermico, sali fusi)	Rete elettrica
VENTO	Eolico	+	EE	Minigeneratori	Autoconsumo, rete elettrica	+++	EE	Aerogeneratori	Rete elettrica
	Geotermia	+	ET	Pompa calore	Autoconsumo	+	EE ET	Centrali termoelet- triche	Rete elettrica Reti TLR
ENERGIA INTERNA	Olio puro	+	EE+ET	Imp. estrazione + motori	Rete elettrica				
	Biodiesel					+++	FUEL	Imp. estrazione/raf- finaz.	Trasporti
	Bioetanolo1° g.					+	FUEL	Imp. fermentaz.	Trasporti
	Bioetanolo2° g.					(?)	FUEL	Imp. fermentaz.	Trasporti
BIOMASSE RESIDUALI UMIDE (reflui, scarti agro-alimentari, FORSU)	Bio-Idrogeno	+	FUEL	Digestori	Vettore energetico				
	Biogas	+++	EE+ET FUEL	Imp. fermentaz. + motori Imp. fermentaz.	Rete elettrica Reti gas				
BIOMASSE LIGNO-CELLULOSICHE (legna foreste, SRF, pellet, sottoprodotti agricoli, scarti agro-alimentari secchi)	Combustione	+++	ET ET+EE	Gen. termici domestici Gen. termici consortili	Autoconsumo Rete elettrica, reti TLR	+++	EE+ET	Centrali termoelet- triche	Rete elettrica
	Gassificazione, pirolisi	++	EE	Gassificatori Piroлизatori	Autoconsumo, rete elettrica	+	EE, ET FUEL	Gassificatori Piroлизatori	Rete elettrica Trasporti

Tab. 6 Principali tecnologie e filiere: forme di energia prodotte e impianti utilizzati sia nella micro-generazione (distribuita), sia nella macro-generazione (centralizzata)  
 Note: (\$) EE = Energia Elettrica; ET = Energia Termica; FUEL = Biocarburante



Nel primo caso, tuttavia, il loro impiego risulterebbe incontrollato e obbedirebbe prevalentemente alla logica di massimizzare lo sfruttamento delle risorse, senza alcun limite e/o vincolo e, dunque, generando nuove problematiche e competizioni di non poco conto.

Viceversa, nel secondo caso, il ricorso alle rinnovabili e alle bio-energie, ancorché più intenso e differenziato, risulterebbe un importantissimo tassello di un sistema complesso nel quale tutte le risorse disponibili fornirebbero il loro contributo in modo equilibrato e armonioso, diventando esse stesse vettori di sviluppo e, dunque, con ricadute positive in termini socio-economici e con effetti durevoli e capitalizzati.

Nel documento *State of the World – 2008*, si legge: «*abbiamo bisogno di un sistema economico che sia fermamente messo al sicuro entro i limiti ecologici della Terra; un sistema economico diversificato, adattabile, capace di reagire alla difficoltà. Tutti questi obiettivi possono essere ricompresi entro il concetto di sviluppo sostenibile*».

Le bio-energie vanno proprio in questa direzione essendo in grado di coniugare sviluppo economico e progresso sociale, coinvolgendo produttori di tutti i Paesi e consegnando loro gran parte del valore aggiunto che si genera lungo le filiere produttive. Inoltre, alla produzione di bio-energia si associa di norma anche una elevata attenzione verso l'ambiente facendo sì che il recupero e la successiva trasformazione delle biomasse possa generare cura e manutenzione del territorio e porti a soluzione numerosi questioni ambientali locali ancora aperte.

#### BIBLIOGRAFIA

BRITISH PETROLEUM (BP) (2008): *Statistical Review of World Energy*, June, pp. 48, [www.bp.com](http://www.bp.com).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2008): *The State of Food and Agriculture*, [www.fao.org](http://www.fao.org).

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2008): *World Energy Outlook*, [www.iea.org](http://www.iea.org).

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2008): *Key World Energy Statistics*, pp. 82, [www.iea.org](http://www.iea.org).

ROYAL DUTCH SHELL, *Shell energy scenario to 2050*, pp. 50, [www.shell.com](http://www.shell.com).

*Photovoltaic Energy Barometer*, EurObserv'ER, [www.eurobserv-er.org](http://www.eurobserv-er.org).

*Wind Energy Barometer*, EurObserv'ER, [www.eurobserv-er.org](http://www.eurobserv-er.org).

*Solid Biomass Barometer*, EurObserv'ER, [www.eurobserv-er.org](http://www.eurobserv-er.org).

*Solar Thermal Barometer*, EurObserv'ER, [www.eurobserv-er.org](http://www.eurobserv-er.org).

*Biogas Barometer*, EurObserv'ER, [www.eurobserv-er.org](http://www.eurobserv-er.org).

*Biofuels Barometer*, EurObserv'ER, [www.eurobserv-er.org](http://www.eurobserv-er.org).

## Allegati - FER: SCHEDE TECNOLOGICHE

### SOLARE TERMICO

**Descrizione:** intercettazione della radiazione solare da parte di differenti tipologie di collettori e trasmissione dell'Energia Termica (ET) assorbita a un fluido termovettore (acqua, aria, oli diatermici) in essi circolante e trasporto/cessione del calore all'utenza.

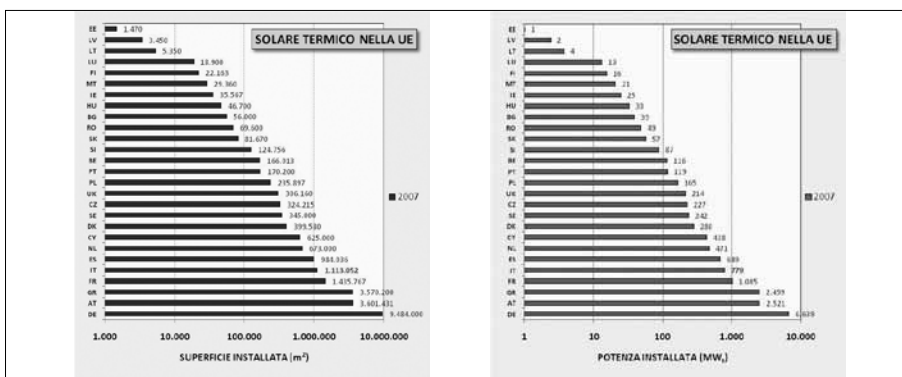
**Tipologie impiantistiche:** i collettori solari più diffusi si suddividono in: (a) vetrati piani; (b) vetrati sotto vuoto; (c) non vetrati (scoperti); (d) a concentrazione. In relazione al circuito del fluido termovettore gli impianti si suddividono in: (a) a circuito aperto; (b) a circuito chiuso (che rappresentano la quasi totalità degli impianti esistenti) che, a loro volta, risultano a circolazione: (b1) naturale; (b2) forzata.

**Impieghi principali:** micro-generazione di ET a bassa temperatura (45-65 °C) per riscaldamento acqua a uso sanitario; riscaldamento edifici; raffrescamento edifici; riscaldamento di acqua piscine.

**Rendimento medio:** 45-60%, in relazione alla tipologia di collettore.

**Situazione mondiale: -**

**Situazione UE (2007):** nella UE27 la superficie complessivamente installata è pari a circa 23,9 milioni di m<sup>2</sup>, pari a una potenza termica di 16.750 MW<sub>t</sub><sup>5</sup>.



UE27 (anno 2007), solare termico: superficie (a sinistra) e potenza totale installata [Fonte: EurObserv'ER]

<sup>5</sup> Sulla base di una potenza media specifica media di 0,7 KW/m<sup>2</sup>

Germania, Austria e Grecia sono le tre nazioni europee con la maggior superficie installata in assoluto; a fronte di una media UE27 pari a 48,7 m<sup>2</sup> installati ogni 1.000 abitanti, Cipro è il Paese che raggiunge il valore più elevato (803 m<sup>2</sup>/1.000ab).

Nel 2007 sono stati installati 2.912.124 m<sup>2</sup> pari a 2.038 MW<sub>t</sub> (85,9% collettori vetrati piani; 8,6% collettori vetrati sotto vuoto; 5,5% collettori non vetrati), 7% in meno rispetto all'anno precedente, causa con una marcata flessione del mercato tedesco (-37%), una mancata crescita del mercato austriaco (-3%), in parte compensati dagli aumenti dei mercati spagnolo (+50%), italiano (+33%) e francese (+9%).

La stima della superficie totale installata nella UE nel 2010 è di 35 milioni di m<sup>2</sup>, molto al di sotto (35%) dell'obiettivo fissato dal "Libro Bianco" dalla UE per questa tecnologia.

**Situazione Italia (2007):** il nostro Paese si colloca al 5° posto per di superficie complessiva installata (984.036 m<sup>2</sup>, 689 MW<sub>t</sub>), ma soltanto in 14<sup>a</sup> posizione in termini di superficie pro-capite (18,8 m<sup>2</sup>/1.000ab), meno di Austria (433 m<sup>2</sup>/1.000ab), Germania (115 m<sup>2</sup>/1.000ab), Danimarca (73 m<sup>2</sup>/1.000ab), Svezia (38 m<sup>2</sup>/1.000ab), Paesi Bassi (41 m<sup>2</sup>/10.00ab), Lussemburgo (40 m<sup>2</sup>/1000ab) e Repubblica Ceca (31 m<sup>2</sup>/1.000ab), tutti Paesi posti a latitudini maggiori del nostro e, dunque, con meno disponibilità della fonte energetica.

**Investimenti:** impianti domestici (< 5 m<sup>2</sup>): 800-1.000 €/m<sup>2</sup>.

## SOLARE FOTOVOLTAICO

**Descrizione:** la radiazione solare colpendo due strati – sottili, contrapposti e opportunamente trattati – di un semiconduttore (silicio o altri elementi) libera elettroni che possono scorrere in un circuito esterno generando Energia Elettrica (EE) di tipo continuo (cc). Quest'ultima può essere: (a) accumulata in batterie, trasformata in alternata (ac) da un inverter e autoconsumata da piccole utenze collegate all'impianto oppure (b) trasformata in alternata e immessa nella rete di distribuzione.

**Tipologie impiantistiche:** i moduli al silicio (i più diffusi) si suddividono in: (a) Si-monocristallino; (b) Si-policristallino; (c) Si-amorfo. L'impiego di altri semiconduttori ( $\text{CuInGaSe}_2$ ,  $\text{CdTe}$ ) permette la realizzazione di moduli: (d) in film sottile policristallini. In relazione alla rete di distribuzione di energia elettrica, si distinguono: (a) impianti isolati (*off-grid*) direttamente collegati a utenze di potenza modesta; (b) impianti connessi alla rete di distribuzione elettrica (*on-grid*).

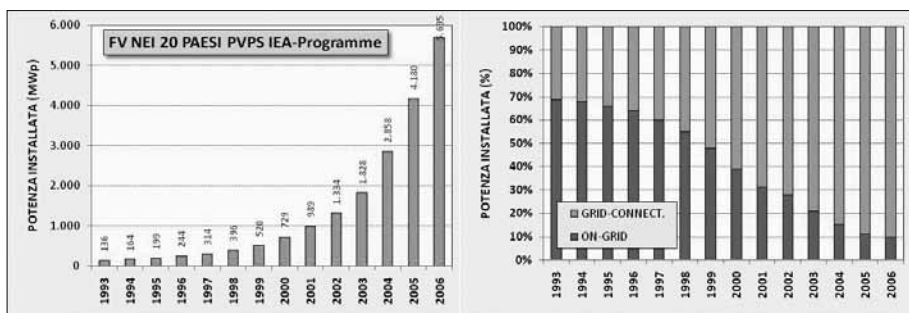
**Impieghi principali:** micro-generazione di EE da cedere della rete di distribuzione elettrica (impianti *on-grid*) con forme di incentivazione/compensazione sui consumi elettrici domestici. Limitato a situazioni particolari è il ricorso a impianti FV *off-grid* per la copertura dei fabbisogni di utenze isolate, mentre sono in forte espansione i campi FV la generazione di EE in da immettere alla rete di distribuzione per ricavarne utile economico grazie agli incentivi.

**Rendimento medio:** Moduli: Si-monocristallino 13-17%; Si-policristallino 12-14%; Si-amorfo 5-7%; CIGS/CT (film sottile) 10-11%. Inverter: 95-97%. Cablaggi: 85-90%.

**Situazione mondiale (2006):** nei 20 Paesi aderenti al Programma PVPS dello IEA<sup>6</sup>, nel 2006, la potenza complessivamente installata raggiunge 5.695  $\text{MW}_p$  (+36% rispetto all'anno precedente); di questi: 574,6  $\text{MW}_p$  sono impianti *off-grid* (domestici: 39%; non domestici: 61%); 5.117,0  $\text{MW}_p$  sono impianti *on-grid* (distribuiti: 93%; centralizzati: 7%). La potenza elettrica di picco complessivamente installata nell'anno di riferimento è 1.514,6  $\text{MW}_p$ , il 95,6% dei quali per impianti *on-grid* e il restante 4,4% per impianti *off-grid*.

Nello stesso anno, la produzione mondiale di celle fotovoltaiche (3.733  $\text{MW}_p$ , +50% rispetto al 2006) è concentrata presso 15 grandi gruppi indu-

<sup>6</sup> PhotoVoltaic Power Sistem Programme (IEA-PVPS).



PVPS-Programme (20 Paesi): potenza totale di picco installata (a sinistra) e tipologia impianti (a destra) [Fonte: IEA]

striali; tale produzione è ubicata in: Europa (28,5%), Giappone (24,6%); Rep. Popolare Cinese (22,0%, in grande espansione); Taiwan (9,9%, pure in grande espansione).

**Situazione UE (2007):** nella UE27 la potenza elettrica di picco complessivamente installata nell'anno di riferimento è 4.690 MW<sub>p</sub>, il 97,3% dei quali per impianti *on-grid* e il restante 2,7% per impianti *off-grid*.

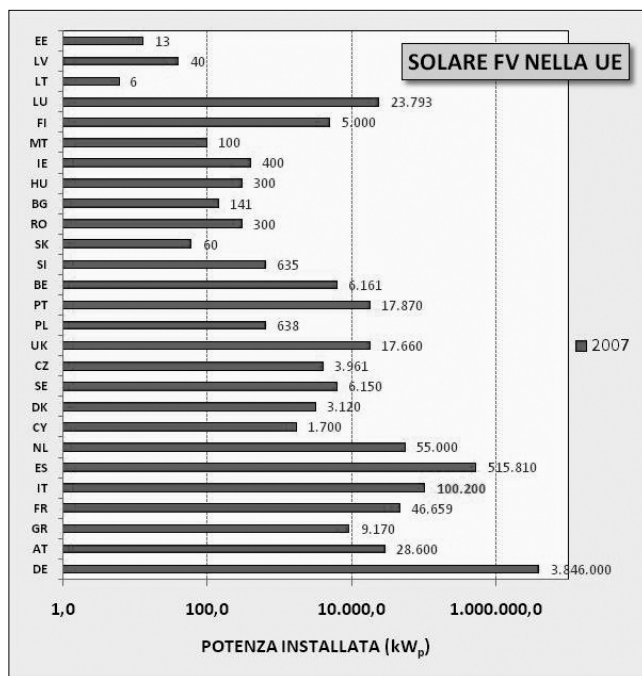
Germania, Spagna e Italia sono le 3 nazioni europee con la maggior potenza installata in assoluto; a fronte di una media UE27 pari a 8,5 kW<sub>p</sub> installati ogni 1000 abitanti, il Lussemburgo è il paese che raggiunge il valore più elevato (51,2 kW<sub>p</sub>/1000ab).

Nel 2007 sono stati installati impianti FV per 1.541 MW<sub>p</sub> (99,5% impianti *on-grid*; 0,5% impianti *off-grid*), 57% in più rispetto all'anno precedente, causa i forti incrementi registrati su tutti i più importanti mercati (Germania: +32%; Spagna: +196%; Italia: +301%).

La potenza totale installata nella UE nel 2010 è stimata in 10.300 MW<sub>p</sub>, superiore di 3,5 volte rispetto all'obiettivo fissato per questa tecnologia nel Libro Bianco della UE.

**Situazione Italia (2007):** il nostro Paese si colloca la 3° posto in termini di potenza complessiva installata (100,2 MW<sub>p</sub>), ma soltanto in 7ª posizione in termini di potenza pro-capite (1,7 kW<sub>p</sub>/1000ab), meno di Lussemburgo (51,2 kW<sub>p</sub>/1000ab), Germania (46,5 kW<sub>p</sub>/1000ab), Austria (3,5 kW<sub>p</sub>/1.000ab) e Paesi Bassi (3,3 kW<sub>p</sub>/1000ab), tutti Paesi posti a latitudini maggiori del nostro e, dunque, con minor disponibilità di energia radiante.

**Investimenti:** FV bassa potenza (1-5 kW<sub>c</sub>): 5.500-6.500 €/kW<sub>p</sub>.



UE27 (anno 2007), fotovoltaico: potenza di picco complessivamente installata [Fonte: EurObserv'ER]

## EOLICO

**Descrizione:** trasformazione, da parte di differenti tipologie di macchine eoliche (aero-motori), del moto del vento in Energia Meccanica (EM) utilizzata come tale (azionamento pompe) o trasformata in Energia Elettrica (EE). In quest'ultimo caso le macchine sono definite aero-generatori. L'EE viene auto consumata (minieolico, Ø 3-9 m, torri 10-20 m, 2-10 kW<sub>e</sub>) oppure ceduta alla rete di distribuzione (media-elevata potenza, Ø 30-60 m, torri 100-150 m, 0,3-3,0 MW<sub>e</sub>).

**Tipologie impiantistiche:** in relazione all'orientamento dell'asse dei rotori le macchine eoliche si suddividono in: (a) rotori verticali (Darrieus; Savonius); (b) asse orizzontale. Queste ultime, che rappresentano la quasi totalità degli impianti realizzati, si distinguono per il numero di pale (1, 2, 3, multipala). Negli aero-generatori di grande potenza la configurazione a 3 pale è la più diffusa e queste macchine possono essere: (a) sincrone (dotati di moltiplicatore di giri); (b) asincrone (privi di moltiplicatore di giri). In relazione alla ubicazione degli impianti di grande potenza, che possono essere isolati o raggruppati e collegati fra loro (*wind farm*), si distinguono aero-generatori: (a) su terra ferma (*on-shore*); (b) su mare (*off-shore*).

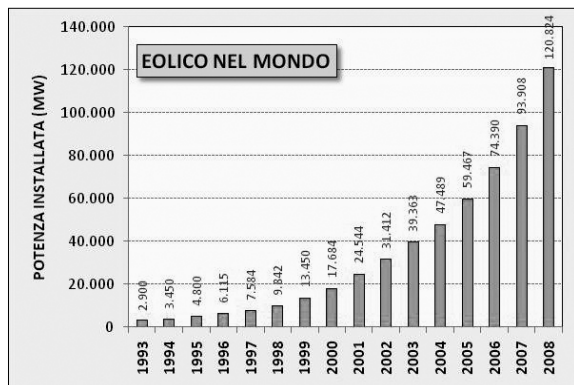
**Impieghi principali:** gli aero-generatori di medio-grande potenza generano EE da cedere ai gestori locali delle reti di distribuzione a cui sono connessi; recentemente anche il mini-eolico si sta diffondendo, permettendo la micro-generazione di EE per utenze domestiche e/o da immettere in rete.

**Rendimento medio:** 55-60%.

**Situazione mondiale (2008):** nessun settore fra le "*green energies*" ha conosciuto sviluppo così rapido e intenso come l'eolico che, a livello mondiale nel 2008, raggiunge 120,8 GW<sub>e</sub> (+28% rispetto al 2007).

Sebbene il mercato UE abbia registrato una piccola flessione (-1,8%), l'incremento in alcuni Paesi è stato straordinario (USA: + 60% con 8,3 GW<sub>e</sub>; Repubblica Popolare Cinese: +91% con 6,3 GW<sub>e</sub>). La potenza eolica complessivamente installata risulta distribuita come segue: UE 54,6%; Nord-America: 22,8%; Asia: 20,2%; altre localizzazioni: 2,4%.

Gli USA, pionieri nello sfruttamento dell'energia eolica, restano i leader mondiali presentando il 30,9% della potenza complessivamente installata (25,2 GW<sub>e</sub>), da soli capaci di coprire i fabbisogni di almeno 7 milioni di abitazioni. Appaiono enormi i potenziali della tecnologia in Cina e India che, nel 2008, raggiungevano rispettivamente 12,2 e 9,6 GW<sub>e</sub> installati.



*Mondo, eolico: andamento storico della potenza installata*

**Situazione UE (2008):** con 64,98 GW<sub>e</sub>, la UE possiede il 54% della potenza totale installata. Sono 7 i Paesi europei che rientrano nelle prime 10 nazioni al mondo: Germania 23,9 GW<sub>e</sub> (19,2% della potenza totale mondiale); Spagna 16,7 GW<sub>e</sub> (13,9%); Italia 3,7 GW<sub>e</sub> (3,1%); Francia 3,4 GW<sub>e</sub> (2,8%); UK: 3,3 GW<sub>e</sub> (2,7%); Danimarca 3,2 GW<sub>e</sub> (2,6%); Portogallo 2,8 GW<sub>e</sub> (2,4%). La potenza derivante da impianti *off-shore* raggiunge complessivamente 1,4 GW<sub>e</sub>, settore che vede il Regno Unito la nazione leader (566 MW<sub>e</sub>), seguita da Danimarca (426 MW<sub>e</sub>) e Paesi Bassi (247 MW<sub>e</sub>).

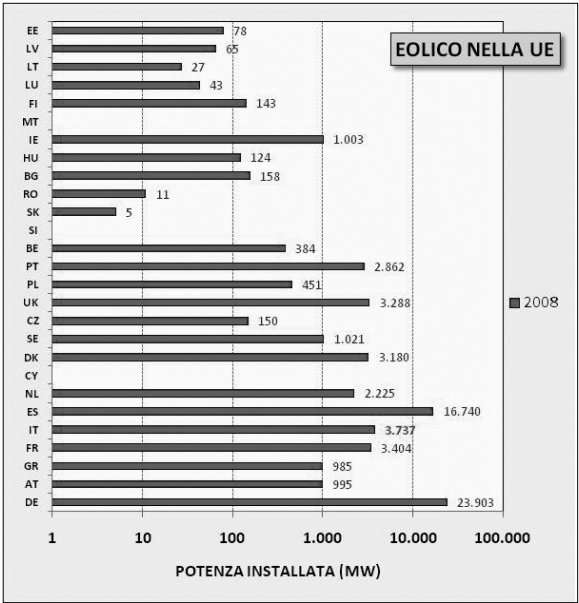
La taglia media degli aerogeneratori europei installati è in continuo aumento; nel 2008 si registra: UK 2,1 MW<sub>e</sub>; Germania e Francia 1,9 MW<sub>e</sub>; Spagna 1,7 MW<sub>e</sub>; Italia 1,6 MW<sub>e</sub>.

L'EE prodotta con il vento raggiunge 122,7 TWh (fabbisogno di 41 milioni di abitazioni), pari al 3,6% del totale.

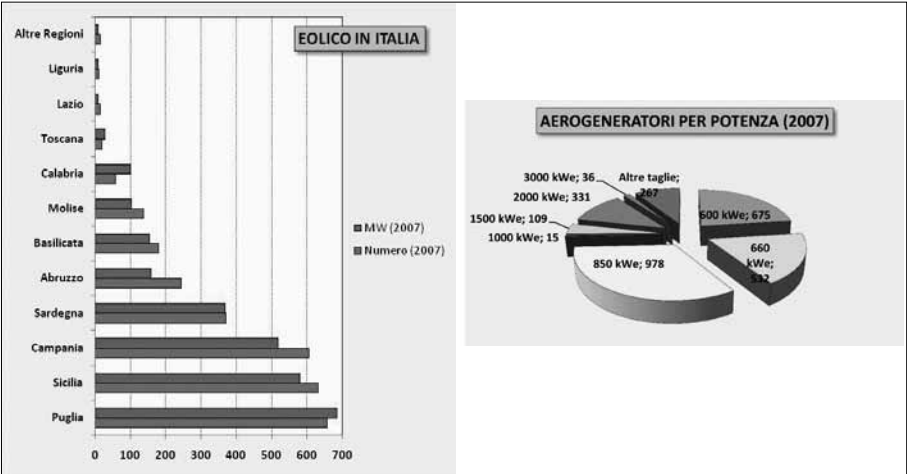
A fronte di una media UE27 di 231 kW<sub>e</sub> installati ogni 1.000 abitanti, la Danimarca è il Paese che raggiunge il valore più elevato (581 kW<sub>e</sub>/1.000ab). Nel 2008 sono stati installati impianti per 8.447 MW<sub>e</sub>, leggermente meno rispetto alle previsioni, causa il forte decremento del mercato spagnolo e la stagnazione di quello tedesco. Tenuto conto dei possibili affetti della attuale crisi finanziaria, per l'eolico si stima una crescita media annua del 15% e, conseguentemente, una potenza totale nella UE nel 2010 di 86 GW<sub>e</sub>, più del doppio (2,1 volte) rispetto all'obiettivo fissato per questa tecnologia nel Libro Bianco della UE.

**Situazione Italia (2007):** gli aero-generatori installati nel nostro Paese sono 2.943, con una capacità media di 900 MW<sub>e</sub>, tuttavia, le più recenti realizzazioni riguardano macchine da 2-3 MW<sub>e</sub> (Sicilia e Puglia). Nel 2008,





UE27 (anno 2008), eolico: potenza complessivamente installata [Fonte: EurObserv'ER]



Italia (anno 2007), eolico: numero impianti e potenza complessivamente installata (a sinistra) e classi di potenza (a destra)

l'Italia è diventato il 3° Paese europeo per potenza installata (3.736 MW<sub>e</sub>) ma resta solo all'11° posto per potenza pro-capite (63 kW<sub>e</sub>/1.000ab).

**Investimenti:** minieolico (2 kW<sub>e</sub>): 2.000-2.500 €/kW<sub>e</sub>; *on-shore* (1,5 MW<sub>e</sub>): 800-1.500 €/kW<sub>e</sub>; *off-shore* (2,0 MW<sub>e</sub>): 1.500-2.000 €/kW<sub>e</sub>.

## BIOGAS

**Descrizione:** fermentazione anaerobica in condizioni mesofile o termofile di substrati organici di varia provenienza (reflui zootecnici, residui agro-industriali, colture energetiche, rifiuti urbani), introdotti – singolarmente o miscelati – in appositi impianti (digestori) con produzione di una miscela gassosa combustibile (biogas) e di un effluente (digestato). I tempi di ritenzione idraulica nel digestore variano da 20 a 50 gg in funzione della tipologia impiantistica. Il biogas contiene elevate quantità di  $\text{CH}_4$  (50-70%) e possiede elevato Potere Calorifico Inferiore ( $5,3\text{-}7,6 \text{ kWh}_t/\text{m}^3_N$ ) <sup>7</sup>; esso viene convertito in Energia Elettrica (EE) e/o termica (ET), mentre il digestato è smaltito in differenti modalità (fini agronomici, discarica) in relazione alla sua composizione.

**Tipologie impiantistiche:** in ambito agricolo la configurazione più diffusa è quelle bistadio, nelle quale alla fase di fermentazione attuata in un primo digestore, segue quella di post-fermentazione in un secondo digestore che ha anche funzioni di accumulo del biogas nella parte superiore (cupola, semplice o pressurizzata a 2-3 membrane). La presenza di una seconda vasca di fermentazione aumenta la resa in biogas del 15-20%.

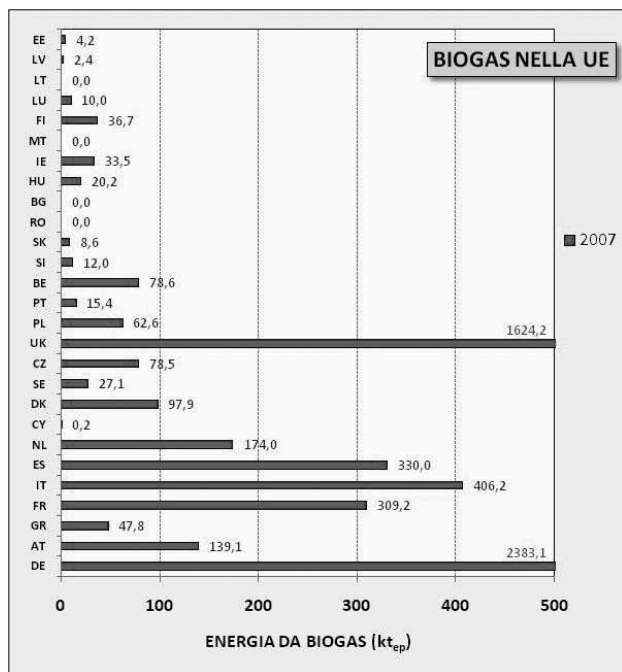
**Impieghi principali:** Il biogas, preventivamente deumidificato e depurato: (a) alimenta motori a combustione interna per cogenerazione (*Combined Heat and Power*, CHP) producendo ET (autoconsumo) e EE (cessione alla rete di distribuzione); (b) viene, previa eliminazione della  $\text{CO}_2$ , immesso in reti di distribuzione (bio-metano con  $\text{CH}_4 > 99,5 \text{ vol.}\%$ ).

**Rendimento medio:** produzione di biogas:  $200\text{-}800 \text{ m}^3 \text{ biogas}/t_{SO}$  di Sostanza Organica immessa nel digestore, in funzione del tipo di substrato. Trasformazione energetica in sistemi CHP: EE 35-40% + ET 40-50%; produzione di calore (combustione diretta in generatori termici): ET 80-85%.

**Situazione mondiale (2007):** -

**Situazione UE (2007):** l'energia primaria corrispondente alla produzione di biogas raggiunge  $5,9 \text{ Mt}_{ep}$ , in sensibile aumento (+21%) rispetto all'anno precedente. La produzione riguarda il biogas derivato da: discarica (*landfill gas*;  $2,9 \text{ Mt}_{ep}$ ; 49% del totale); depurazione acque reflue urbane e industriali ( $0,9 \text{ Mt}_{ep}$ ; 15%); altre fermentazioni ( $2,1 \text{ Mt}_{ep}$ ; 36%), con substrati organici per lo più di origine agricola. Quest'ultima fonte di biogas

<sup>7</sup> Metro cubo normale: volume di gas posto in condizioni di pressione atmosferica (1 atm; 1,013 bar) e temperatura di 0 °C.



UE27 (anno 2007), biogas: energia primaria corrispondente [Fonte: EurObserv'ER]

è quella che guida la recente forte crescita del settore, principalmente basata sul ricorso – oltre che a reflui zootecnici e scarti agro-industriali – a colture energetiche (mais, sorgo, tritiale, loiessa, ecc.). Le nazioni che maggiormente sfrutta *landfill gas* sono: UK (1,43 Mt<sub>ep</sub>), Germania (0,42 Mt<sub>ep</sub>), Italia (0,35 Mt<sub>ep</sub>); il biogas da depurazione trova maggior impiego in: Germania (0,27 Mt<sub>ep</sub>), UK (0,19 Mt<sub>ep</sub>), Francia (0,14 Mt<sub>ep</sub>), mentre quelli in cui più diffuso è il “biogas agricolo” sono: Germania (1,69 Mt<sub>ep</sub>), Austria (0,12 Mt<sub>ep</sub>) e Paesi Bassi (0,08 Mt<sub>ep</sub>).

Complessivamente, dunque, Germania con 2,38 Mt<sub>ep</sub>, UK (2,38 Mt<sub>ep</sub>) e Italia (0,41 Mt<sub>ep</sub>) sono le prime 3 nazioni europee per impiego di biogas. A fronte di una media UE27 pari a 11,9 t<sub>ep</sub> ogni 1.000 abitanti derivanti dall'impiego di biogas, la Germania è la nazione che raggiunge il valore più elevato (29 t<sub>ep</sub>/1.000ab).

In termini energetici, nell'anno di riferimento, dal biogas in Europa si producono 19.937 GWh elettrici, il 58,4% dei quali in impianti CHP e 356,9 kt<sub>ep</sub> termici.

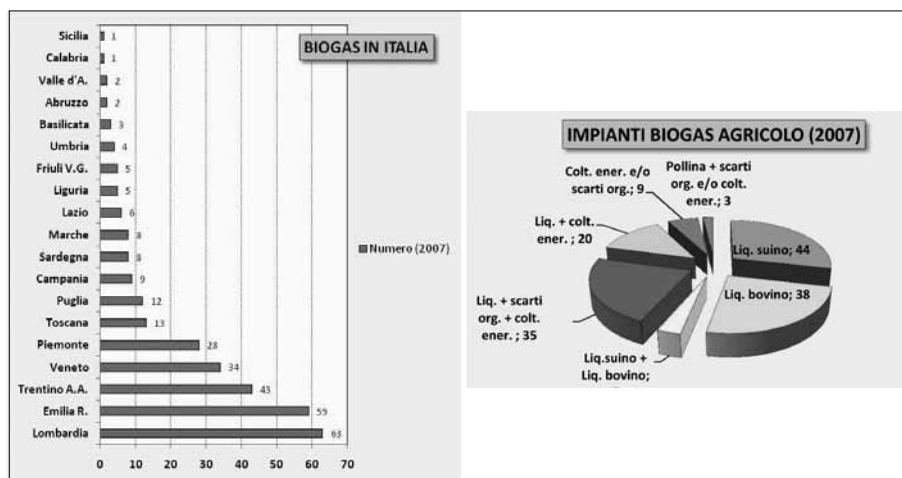
La tecnologia legata all'impiego di “biogas agricolo” è attualmente in rapida evoluzione, conseguente la crescita potenziale del biogas è assai elevata

soprattutto nelle nazioni europee nei quali l'agricoltura risulta essere settore trainante (Francia, Polonia). Tuttavia, il ricorso su larga scala di colture energetiche per incrementare la produzione di biogas, pone il medesimo problema della corretta destinazione d'uso dei terreni agricoli autorevolmente sollevato per i bio-carburanti. Peraltro, nonostante la grande vivacità del settore, l'energia derivata dal biogas nella UE nel 2010 è stimata in 7,8 Mt<sub>ep</sub>, cioè poco più della metà rispetto all'obiettivo fissato per questa tecnologia nel Libro Bianco.

**Situazione Italia (2007):** l'Italia si colloca al 3° posto nella UE27 per energia derivata da biogas e al 12° posto per valore procapite (6,9 t<sub>ep</sub>/1.000ab). Nel 2007 gli impianti di biogas in attività sono 306, dei quali: 154 (50%) alimentati con reflui zootecnici + scarti organici + colture energetiche; 121 (40%) con fanghi di depurazione civile; 22 (7%) con scarti agro-industriali; 9 (3%) con FORSU + fanghi di depurazione. Dei 154 impianti di "biogas agricolo" 44 hanno potenza < 100 kW<sub>e</sub> e 14 > 1 MW<sub>e</sub>.

L'esistenza, in particolare in Pianura Padana, di una delle più estese e articolate reti di gasdotti d'Europa, costituirebbe una condizione assai favorevole per la diffusione del bio-metano, soluzione sviluppata soprattutto in Svezia. La tecnica, assai interessante per la riduzione degli investimenti associati, presenta in Italia al momento forti ritardi sul piano normativo.

**Investimenti:** estremamente variabili. Indicativamente per un impianto



Italia (anno 2007), biogas: numero impianti (a sinistra) e tipologia substrati impianti agricoli (a destra)

completo a soli reflui zootecnici (100 kW<sub>e</sub>): 4.000-5.000 €/kW<sub>e</sub>; impianto completo per reflui zootecnici e colture energetiche (250 kW<sub>e</sub>): 4.500-5.500 €/kW<sub>e</sub>; impianto completo per colture energetiche (400-500 kW<sub>e</sub>): 4.000-5.000 €/kW<sub>e</sub>; impianto completo per colture energetiche (1.000 kW<sub>e</sub>): 2.500-2.800 €/kW<sub>e</sub>.

## BIO-COMBUSTIBILI SOLIDI

**Descrizione:** la conversione dei biocombustibili solidi (legna e derivati, sottoprodotti agro-forestali, scarti di lavorazione, colture energetiche) in Energia Termica (ET) avviene a opera del calore che fraziona progressivamente le componenti organiche a struttura chimica complessa (lignina, cellulosa, emicellulosa). Le tecnologie di riferimento sono: (a) combustione che si attua mediante generatori termici, con eccesso di ossidante (aria) e porta alla completa ossidazione del carbonio ( $\text{CO}_2$ ) con liberazione di ET di norma ceduta a un fluido termo-vettore (acqua, vapore, oli diatermici) per la successiva utilizzazione; (b) gassificazione che si attua mediante gassificatori, in difetto di ossidante (aria, vapore d'acqua,  $\text{O}_2$ ) e porta all'ossidazione all'incompleta del C con formazione di una miscela gassosa ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ , ecc.) a basso Potere Calorifico Inferiore, di norma impiegata per alimentare un gruppo elettrogeno con generazione di Energia Elettrica (EE).

**Tipologie impiantistiche:** **Combustione:** (a) generatori termici di piccola potenza ( $< 50 \text{ kW}_t$ ): letto fisso con griglia orizzontale, combustione montante o inversa, carico manuale discontinuo, suddivisione aria in  $1^{\text{aria}}$  e  $2^{\text{aria}}$ , scarico ceneri manuale; (b) generatori termici di media potenza ( $100\text{-}2.000 \text{ kW}_t$ ): letto fisso con griglia inclinata, combustione montante, carico meccanico continuo (coclee, nastri, pistoni idraulici), suddivisione aria in  $1^{\text{aria}}$  e  $2^{\text{aria}}$ , camera di post-combustione, scarico ceneri meccanico, abbattimento inquinanti e controllo fumi; (c) generatori termici di elevata potenza ( $2.000\text{-}50.000 \text{ kW}_t$ ): letto fisso con griglia inclinata o letti fluidi, carico meccanico continuo (coclee, nastri, pistoni spingitori), suddivisione aria in  $1^{\text{aria}}$  e  $2^{\text{aria}}$ , scarico ceneri meccanico, abbattimento inquinanti e controllo fumi. Gassificazione: (a) gassificatori di piccola potenza ( $100\text{-}500 \text{ kW}_t$ ): letto fisso con flussi biomassa-gas in controcorrente o in equicorrente, carico manuale o meccanico (coclee, nastri) discontinuo, dispositivi (a secco e a umido) di pulizia/raffreddamento gas, scarico ceneri manuale, motore-generatore elettrico; (b) gassificatori di elevata potenza ( $500\text{-}1.500 \text{ kW}_t$ ): letto fisso con flussi biomassa-gas in equicorrente o letto fluido, carico meccanico (coclee, nastri), dispositivi (a secco e a umido) di pulizia/raffreddamento gas, scarico ceneri meccanico, motore-generatore elettrico, abbattimento inquinanti e controllo fumi.

**Impieghi principali:** **Combustione:** (a) generatori  $< 50 \text{ kW}_t \rightarrow$  produzione ET per usi domestici (riscaldamento, acqua sanitaria); (b) generatori  $100\text{-}2.000 \text{ kW}_t \rightarrow$  produzione ET centralizzata per usi domestici e/o produt-

tivi, teleriscaldamento; possibilità di cogenerazione (ET+EE) mediante Ciclo Rankine a fluido organico (ORC) e turbina-generatore elettrico; (c) generatori 2.000-50.000 kW<sub>t</sub> produzione di EE+ET attraverso Ciclo Rankine a vapore d'acqua e turbina-generatore elettrico. Gassificazione: (a e b) → produzione di EE mediante motore endotermico alternativo-generatore elettrico alimentato a gas.

**Rendimento medio: Combustione:** (a) generatori < 50 kW<sub>t</sub> → ET 50-85%; (b) generatori 100-2.000 kW<sub>t</sub> → ET 70-75%, EE 18-20%; (c) generatori 2.000-50.000 kW<sub>t</sub> → ET 70-75%, EE 18-20%. Gassificazione: (a e b) → EE 18-20%.

**Situazione mondiale (2007):** Le biomasse soddisfano il 15% circa degli usi energetici primari mondiali, con 1.230 Mt<sub>ep</sub>/anno. I Paesi in Via di Sviluppo, con 1.074 Mt<sub>ep</sub>/anno, in media soddisfano con le biomasse il 38% della propria domanda energetica, ma in molti casi l'impiego della risorsa arriva fino al 90%. Nei Paesi Industrializzati, invece, le biomasse contribuiscono solo per il 3% agli usi energetici primari, con 156 Mt<sub>ep</sub>/anno. Gli USA utilizzano bioenergia solo per il 3,2% del proprio fabbisogno mentre l'Europa raggiunge il 3,5% (con punte del 18% in Finlandia, del 17% in Svezia, del 13% in Austria). L'Italia, con il 2,5% del proprio fabbisogno coperto dalle biomasse, è nettamente al di sotto della media europea.

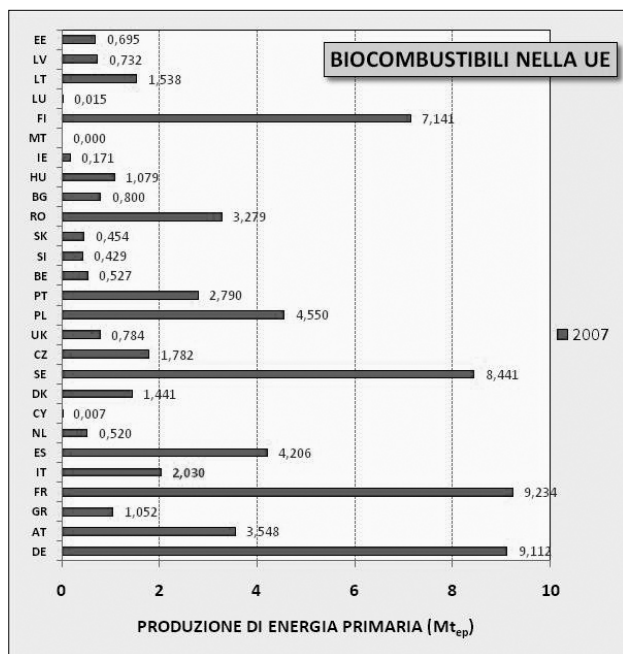
**Situazione UE (2007):** nonostante il forte incremento del prezzo del petrolio, l'energia primaria generata da bio-combustibili aumenta solo di 0,66 Mt<sub>ep</sub> (1%) rispetto all'anno precedente, raggiungendo 66,3 Mt<sub>ep</sub>.

La principale causa di tale moderato aumento risiede nell'eccezionale mitezza (il più caldo da quando registrazioni meteo) dell'inverno 2007 registratasi soprattutto nei Paesi Scandinavi; ciò a determinato una contrazione nella produzione di calore per le numerosissime reti di teleriscaldamento (TLR) presenti in tale area dell'Europa (in Finlandia 1,2 milioni di famiglie, pari a 2,5 milioni di persone, sono riscaldate con TLR).

I Paesi del Nord-Europa caratterizzati da grandi superfici forestali (Francia: 9,23 Mt<sub>ep</sub>, Germania: 9,11 Mt<sub>ep</sub>, Svezia: 8,44 Mt<sub>ep</sub>, Finlandia: 7,14 Mt<sub>ep</sub>, Polonia: 4,55 Mt<sub>ep</sub>) sono i principali produttori, detenendo da soli il 58% dell'energia prodotta.

Tuttavia, anche in questo caso, l'indicazione più realistica del livello di impiego della fonte energetica rinnovabile viene dalla quota per abitante. A fronte di un valore medio per la UE27 di 0,134 t<sub>ep</sub>/ab, si ha: Finlandia: 1,35 t<sub>ep</sub>/ab; Svezia: 0,960 t<sub>ep</sub>/ab; Lettonia: 0,67 t<sub>ep</sub>/ab; Estonia: 0,52 t<sub>ep</sub>/ab; Austria: 0,43 t<sub>ep</sub>/ab.





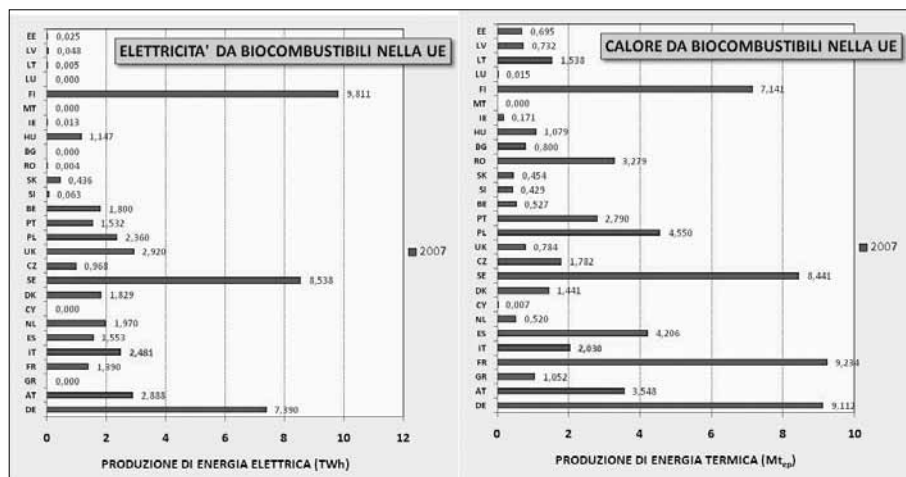
UE27 (anno 2007), biocombustibili solidi: energia primaria corrispondente [Fonte: EurObserv'ER]

La **generazione di elettricità** deriva in gran parte (76,8%) da impianti co-generati (CHP, *Combined Heat and Power*) di grande potenza appartenenti a industrie del legno e della carta che valorizzano gli scarti di lavorazione (black liqueur, ritagli, corteccia, segatura), coprendo i fabbisogni interni e producendo grandi surplus sia di EE (venduta e immessa nelle reti dei gestori locali) sia di ET (impiegata per teleriscaldamento).

Nel 2007 l'aumento (+4,4%) della produzione EE da bio-combustibili è stato meno forte di quello registrato nei due anni precedenti (+11% nel 2004-2005; 13% nel 2005-2006).

Finlandia (9,811 TWh; 19,9% del totale UE), Svezia (8,538 TWh; 17,3%) e Germania (7,390 TWh; 15,0%) sono i Paesi collocati ai primi 3 posti. I dati relativi alla generazione di calore da bio-combustibili (limitatamente a quello prodotto in centrali termiche e impianti CHP, escludendo quindi le caldaie domestiche) sono piuttosto scarsi e non disponibili per tutti i Paesi della UE.

Il calore da bio-combustibili venduto (4,896 Mt<sub>ep</sub>) è, rispetto all'anno precedente, in diminuzione (-2,2%); come già accennato prevalgono Sve-



UE27 (anno 2007), biocombustibili solidi: energia elettrica (a sinistra) ed energia termica (a destra) [Fonte: EurObserv'ER]

zia (2,112 Mt<sub>ep</sub>; 43,1% del totale UE), Finlandia (1,192 Mt<sub>ep</sub>; 24,3%) e Danimarca (0,466 Mt<sub>ep</sub>; 9,5%).

**Situazione Italia (2007):** l'energia primaria prodotta con bio-combustibili nel 2007 è 2,0 Mt<sub>ep</sub> (10° posto), ma in quota abitante si registrano solo 0,034 t<sub>ep</sub> che collocano il nostro Paese fra gli ultimi nella UE27 (22° posto). Secondo l'ISTAT attualmente si prelevano dalle foreste italiane circa 6 Mm<sup>3</sup>/anno (60% dei prelievi totali) destinati a legna da ardere, corrispondenti a circa 1,2 Mt<sub>ep</sub>/anno. Tuttavia, l'utilizzo di legna da ardere è notevolmente superiore a quello evidenziato dalle statistiche ufficiali sia per una prevedibile sottostima del rilievo, sia perché più della metà della legna è legata ad autoconsumo. Pertanto, il consumo residenziale risulta molto più elevato, 14-16 Mt<sub>tq</sub>/anno (circa 2,7 Mt<sub>ep</sub>), secondo stime prudenziali.

Nella generazione EE da bio-combustibili l'Italia, con 2,888 TWh (5,8% del totale UE), si colloca al 6° posto nella classifica europea; tuttavia, solo il 60% di tale EE viene prodotta in impianti CHP.

**Investimenti: Combustione:** (a) generatori 25-50 kW<sub>t</sub> (ET domestica): 200-350 €/kW<sub>t</sub> (legna in tronchetti), 400-600 €/kW<sub>t</sub> (pellet); (b) generatori 100-2.000 kW<sub>t</sub> (ET centralizzata o cogenerazione ET+EE): 150-250 €/kW<sub>t</sub> (legna cippata) mediante Ciclo Rankine a fluido organico (ORC) e turbina-generatore elettrico. Gassificazione: impianti completi 100 kW<sub>c</sub> (EE per rete o cogenerazione ET+EE): 2.500-4.000 €/kW<sub>c</sub>.

## BIO-CARBURANTI

**Descrizione:** il **bio-diesel (BD)** si ottiene dalla trans-esterificazione di oli vegetali puri (*Pure Vegetable Oil*; PVO) di semi di colture oleaginose alimentari (colza, girasole, soia, palma da olio) e non (*Jathropa Curcas*) o da alghe marine ottenuti per spremitura meccanica seguita da raffinazione.

Il bio-etanolo (BE) è invece un alcol derivato dalla fermentazione di substrati amidacei o zuccherini (1<sup>a</sup> generazione) provenienti da colture agrarie (barbabietola, sorgo zuccherino, canna da zucchero, cassava, mais e altri cereali) o da scarti di lavorazione dell'agro-industria (borlande, vinacce). Il BE di 2<sup>a</sup> generazione invece si ottiene sottoponendo a fermentazione cellulosa ed emicellulosa derivate da biomasse non alimentari (sorgo, panico, canna comune, miscanto, ecc.) preventivamente separate dalla frazione ligninica.

**Tipologie impiantistiche:** il BD e il BE, pur derivando da materie prime agricole, sono prodotti ottenuti in impianti industriali di grande scala; si attua pertanto una "filiera lunga" (agro-industriale) che conduce all'immissione sul mercato di carburanti che alimentano motori endotermici convenzionali (ciclo Otto e ciclo Diesel). Il PVO, precursore del BD, è anche ottenibile in piccoli impianti di spremitura ubicati in aziende agricole e impiegabile in "filiera corta" per alimentare specifici motori ad accensione per compressione con i quali generare EE da riversare in rete. Possibile l'uso del PVO per alimentare trattori aziendali, equipaggiati tuttavia di motori specifici.

**Impieghi principali:** BD e BE hanno come destinazione il settore dei trasporti (autotrazione) sostituendo (BD) e/o integrando (BE) in diversa concentrazione i carburanti fossili convenzionali (gasolio, benzina). Motori speciali, ad accensione per compressione, per generazione di EE o EM, possono essere alimentati da PVO provenienza da diverse oleaginose.

**Rendimento medio:** nella produzione di BD, l'estrazione di PVO avviene con rese medie variabili dal 30-33% (meccanica) al 40-42% (chimica o mista), residuando nel primo caso "panello grasso" o *expeller* (67%), "farina" (59%) e "farina disoleata" (58%), rispettivamente, con il secondo e il terzo sistema. Il pannello può essere impiegato come alimento zootecnico proteico (facilmente irrancidibile), migliorando sensibilmente al sostenibilità della filiera. Il PVO (100%) può essere successivamente raffinato (centrifugazione, degommaggio e neutralizzazione) e – mediante aggiunta di  $\text{CH}_3\text{OH}$  (11%) come catalizzatore – trans-esterificato a BD (100%) e glicerolo (11%).

Le rese medie in BD sono: girasole (acheni 2,0-2,2 t/ha): 1.000  $\text{dm}^3/\text{t}$ ; colza (2,0-2,5 t/ha): 1.000  $\text{dm}^3/\text{t}$ ; palma da olio (semi 18-20 t/ha): 230  $\text{dm}^3/\text{t}$ ; soia (semi 2,5-2,7 t/ha): 205  $\text{dm}^3/\text{t}$ .

Nella produzione di BE di 1<sup>a</sup> generazione le fasi fondamentali sono: (a) estrazione zucchero (materie prime zuccherine) o idrolisi dell'amido (materie prime amidacee), (b) fermentazione alcolica, (c) distillazione.

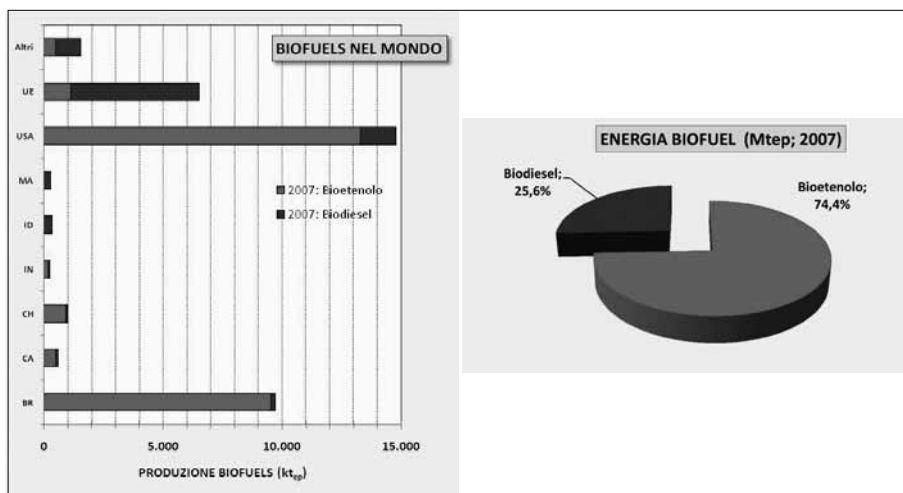
Le rese medie in BE sono: barbabietola da zucchero (radici 45-50 t/ha): 110 dm<sup>3</sup>/t; sorgo zuccherino (steli 20-25 t/ha): 380 dm<sup>3</sup>/t; mais (granella 9-12 t/ha): 400 dm<sup>3</sup>/t; canna da zucchero (steli 70-75 t/ha): 75 dm<sup>3</sup>/t; cassava (11-15 t/ha): 110 dm<sup>3</sup>/t; riso (4-6 t/ha): 430 dm<sup>3</sup>/t.

Nella produzione di BE di 2<sup>a</sup> generazione le fasi fondamentali sono: (a) pretrattamento biomassa (NaOH, *steam explosion*, *steam explosion* + H<sub>2</sub>S, AFEX, biologico), (b) idrolisi della cellulosa, (c) fermentazione alcolica, (d) distillazione.

**Situazione mondiale (2007):** fino al 2004 la produzione mondiale di BD si otteneva quasi esclusivamente nella UE ma negli ultimi anni tra produttori sono comparsi anche altri Paesi, con un forte aumento degli USA. La produzione complessiva supera di poco 10.000 Mlt (corrispondenti a 9,0 Mt<sub>ep</sub> circa) e vede al primo posto la UE (60%), seguita da USA (16%), Indonesia (4%) e Malesia (3%).

La produzione mondiale di BE è superiore, raggiungendo 52.000 Mlt (circa 26 Mt<sub>ep</sub>) con posizione di leader per gli USA (51%) seguiti da Brasile (37%) e UE (4%).

In termini energetici, dunque, i bio-carburanti nel loro complesso contribuiscono per circa 35 Mt<sub>ep</sub>/anno, il 75% delle quali dal BE e il restante 25% dal BD.



Mondo (anno 2007), bio-carburanti: produzione (a sinistra) e corrispondente energia (a destra) [Fonte: EurObserv'ER]

**Situazione UE (2008):** il consumo di bio-carburanti aumenta rispetto all'anno precedente e raggiunge 7,7 Mt<sub>ep</sub><sup>8</sup> che rappresenta il 2,6% dell'energia contenuta nei combustibili per autotrazione<sup>9</sup>. Il consumo di BD aumenta del 42% tra il 2006 (4,1 Mt<sub>ep</sub>) e il 2007 (5,8 Mt<sub>ep</sub>) mentre quello di BE, sia miscelato con le benzine sia trasformato in ETBE (EtilTerButilEtere<sup>10</sup>), aumenta del 34% circa (2006: 0,9 Mt<sub>ep</sub>; 2007: 1,2 Mt<sub>ep</sub>). Gli altri biocarburanti, essenzialmente dati dai SVO, rappresentano meno del 10% del consumo UE e non presentano aumenti significativi. Il maggior incremento del consumo di BD è fondamentalmente legato al maggior impiego di gasolio nel parco trasporti europeo (62% circa nel 2006), mentre il ridotto incremento del BE va ricondotto, oltre al minor ricorso alla benzina (38% circa nel 2006), al forte incremento del prezzo dei cereali. La Germania è leader nella UE per consumo di bio-carburanti con 4,0 Mt<sub>ep</sub>/anno (7% BE, 74% BD, 17% PVO), seguita dalla Francia con 1,4 Mt<sub>ep</sub>/anno (19% BE, 81% BD) e dall'Austria con 0,39 Mt<sub>ep</sub>/anno (6% BE, 94% BD). La produzione di BD raggiunge complessivamente 5,7 Mt (3,7 Mt<sub>ep</sub>)<sup>3</sup> in 185 impianti; i maggiori produttori sono: Germania (2,9 Mt), Francia (0,87 Mt) e Italia (0,36 Mt); la produzione di BE raggiunge complessivamente 1.770 Mlt (0,88 Mt<sub>ep</sub>) in 38 impianti; i maggiori produttori sono: Francia (578 Mlt), Germania (394 Mlt) e Spagna (38 Mlt). Nell'UE il BE è attualmente utilizzato in miscela con la benzina al 5% in volume, mentre negli USA e in Canada la percentuale sale al 20%. La tecnologia FFV (*Fuel Flexible Vehicles*) ha consentito la diffusione in alcuni Paesi europei (Francia, Svezia, Germania) di veicoli a doppio sistema di alimentazione, a benzina e a BE all'85% in volume con benzina. In Brasile il BE azeotropo è utilizzato puro nei veicoli appositamente predisposti.

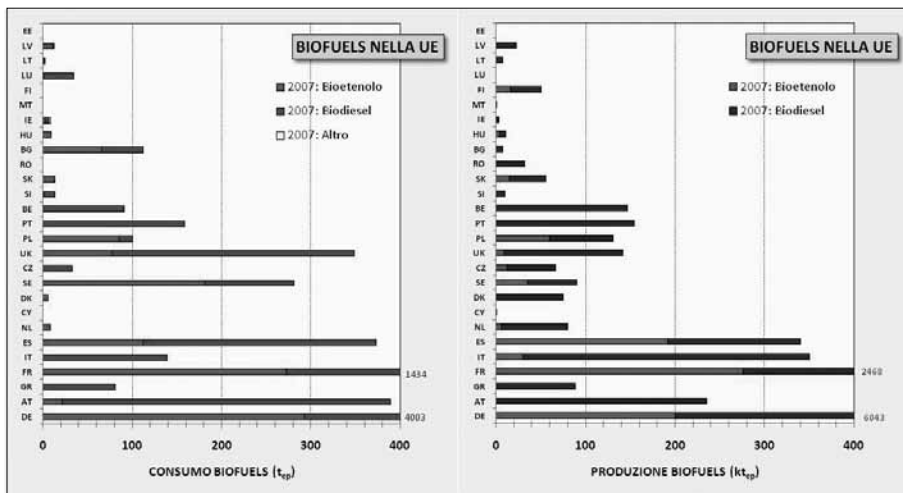
**Situazione Italia (2007):** il nostro Paese si colloca all'8° posto per consumo di bio-carburanti (0,14 Mt<sub>ep</sub>; 100% BD), al 3° posto (0,36 Mt) nella produzione di BD e al 6° posto (60 Mlt) in quella di BE. Sono operativi 2 grandi impianti per BD (Ital Green Oil: 300.000 t/anno; Novaoil:

<sup>8</sup> Conversioni comunemente impiegate dalla UE per i bio-carburanti più diffusi:

PRODOTTO		1 t	1 m <sup>3</sup>	MJ/kg	MJ/lt
BIO-ETANOLO	t <sub>ep</sub>	0,6449	0,5016	27,0	23,0
BIO-DIESEL	t <sub>ep</sub>	0,8837	0,7882	37,0	33,0

<sup>9</sup> Meno della metà dell'obiettivo comunitario fissato per il 2010, pari a 5,75%.

<sup>10</sup> Antidetonante sintetizzato a partire dal BE e può essere utilizzato nella formulazione delle benzine per i motori a ciclo Otto in sostituzione del benzene e del MTBE (MetilTerButilEtere), che – a loro volta – hanno sostituito nella funzione antidetonante il piombo tetraetile.



UE27 (anno 2007), biocarburanti: consumo (a sinistra) e produzione (a destra) [Fonte: EurObserv'ER]

250.000 t/anno) e 1 impianto per BE (IMA: 200 Mlt).

**Investimenti:** **Filiera PVO:** impianti estrazione meccanica (0,1-1 t/h): 240.000-300.000 €/t; motori endotermici ad accensione per compressione (700-1.000 kW<sub>e</sub>): 700-800 €/kW<sub>e</sub>.

**Filiera BD** (impianti europei): capacità 40-50 kt/anno (taglia grande), oli esausti e olio di colza: 120-300 €/t; capacità 1,5-2,0 kt/anno (taglia piccola), olio di colza e girasole: 120-200 €/t.

**Filiera BE:** capacità 3500 t/anno (taglia piccola), 1.200-1.300 €/t; capacità 50-100.000 t/anno (taglia grande), colture saccarifere (barbabietola, sorgo): 400-1.100 €/t, colture amidacee (mais): 700-750 €/t.