

Concetti e numeri per capire meglio l'energia

Edgardo Curcio

Presidente AIEE

Verona, 7 maggio 2009

Concetto di energia

Oggi si parla molto di “energia” e con questa parola si intendono molteplici cose alcune legate al mondo della produzione dei servizi e del commercio; altre più in generale legate al concetto di “forza”, di “dinamismo”, di “efficienza”.

La parola energia viene dal greco e significa lavoro interno “en-ergon”.
Quindi energia è la capacità di produrre lavoro utile.

Misurare l’energia significa misurare le quantità di lavoro che si è in grado di compiere.

Poiché il lavoro nel sistema internazionale viene misurato in **Joule** (1 Joule è il lavoro per sollevare di un metro circa 100 gr da terra) troviamo che la potenza può essere misurata in Joule/secondo (e cioè per il tempo necessario per ottenerla); questa unità che si chiama **Watt**.

Inversamente, l’energia può essere espressa come prodotto della potenza per il tempo:

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Watt} \times 1 \text{ secondo}$$

una unità comunemente usata per misurare l’energia è pertanto il chilowattora (kWh) cioè una potenza di 1000 W (1 kW) per la durata di un ora.

Cosa serve l'energia

L'energia non è un bene a sé stante, ma è necessaria per soddisfare molti bisogni o servizi di cui l'uomo necessita.

All'inizio l'uomo aveva bisogno di riscaldarsi, di cucinare e di illuminare le notti buie. E utilizzò la legna per accendere il fuoco.



Poi volle far navigare le navi sull'acqua e coprire spazi alla ricerca di nuove terre.



Sostituì così la forza muscolare dei rematori con l'energia del vento che serviva far muovere le navi e poi con i mulini a vento ad estrarre l'acqua, a far girare le macchine che fornivano diversi servizi utili (tessitura, forgiatura, macinatura, ecc.).



Poi con la scoperta di nuove tecnologie ed anche di nuove fonti (petrolio e gas) l'uomo ottenne nuovi servizi che migliorarono il suo livello di benessere e di vita.

L'auto, il treno, l'aereo che dettero un grande impulso ai servizi di trasporto e di movimento.



La lampadina, le batterie ed in genere l'elettricità che dettero un formidabile impulso ai servizi di illuminazione ma anche di riscaldamento, condizionamento, intrattenimento e così via.

La telefonia, l'informatica, la robotica che accelerarono le nuove frontiere della scienza e avvicinarono popoli e nazioni.



Pertanto guardando i fabbisogni degli utilizzatori abbiamo alcune grandi categorie di servizi energetici:

servizi per fornire calore (energia termica);
servizi per fornire movimento (energia meccanica);
servizi per fornire illuminazione (energia luminosa);
servizi per fornire elettricità (energia elettrica).

La domanda di servizi richiede appropriate fonti ed ancor più appropriate tecnologie d'uso per la loro trasformazione

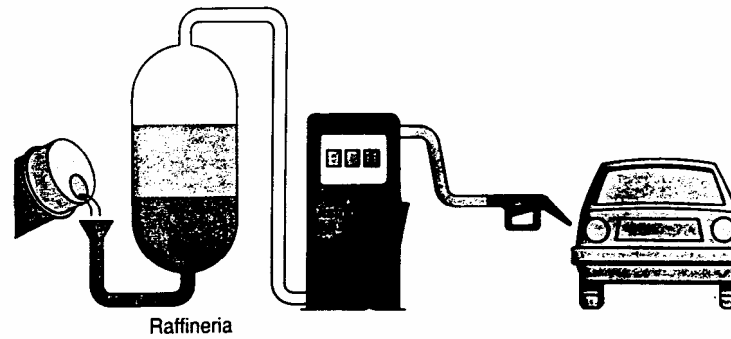
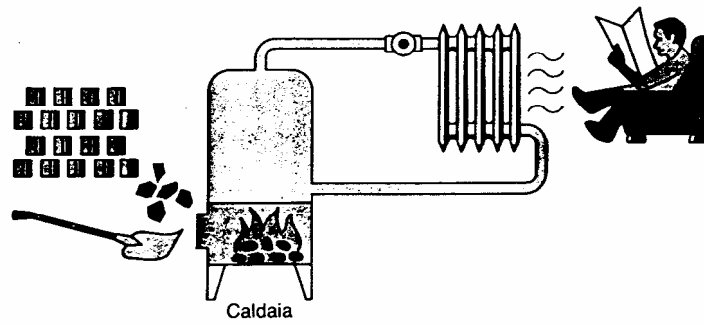
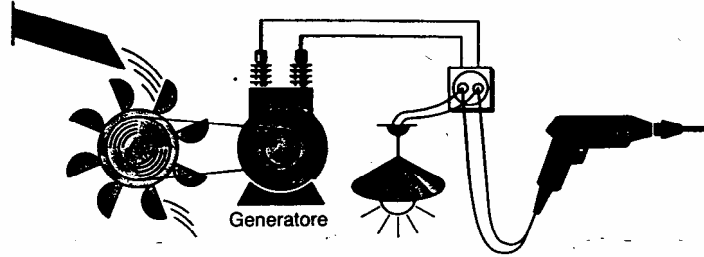
(apparecchiature, motori, propulsori, convertitori, ecc.).



I processi di trasformazione

5) Nelle figure che seguono sono rappresentate alcune fonti di energia primaria e le loro trasformazioni (T) in energia secondaria.

6)
7)



Il petrolio non è mai stato una fonte energetica nella storia dell'umanità.

Era solo un liquido maleodorante, infiammabile. Utilizzato per usi marginali: qualche lanterna, qualche torcia, qualche freccia infuocata, del bitume per calafatare le barche o addirittura come medicinale.



E' diventato una sostanza utile e preziosa solo quando qualcuno ha inventato il motore a scoppio.

Il petrolio, o meglio la benzina, è quindi una parte del motore. In altre parole l'energia contenuta nel petrolio esiste solo in quanto è parte di un sistema tecnologico.



Non è una ricchezza di per sé (come lo sono, invece l'aria, l'acqua o il calore del sole):
diventa una ricchezza soltanto se qualcuno inventa un sistema per trasformare un liquido inutile, e inutilizzato, in una fonte di movimento.



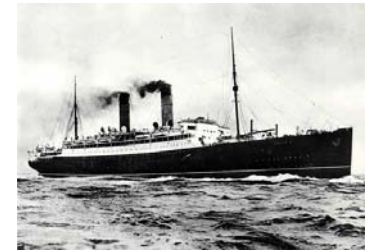
Non solo, ma bisogna inventare anche tutta una serie di altre tecnologie (da quelle per la ricerca dei giacimenti a quelle del pompaggio, del trasporto, della raffinazione, della distribuzione ecc.) affinché questo carburante liquido possa poi essere davvero impiegato nell'auto.

Lo stesso vale per il carbone.

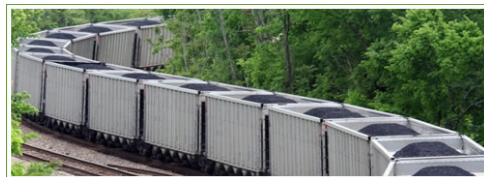
Prima della rivoluzione industriale non era una fonte di energia.



Si è trasformato in una vera fonte energetica quando si sono inventate delle macchine: come ad esempio le navi e le locomotive a vapore



o le centrali elettriche, diventando ogni volta una “parte” del sistema tecnologico. Entrando, tra l’altro, a far parte anche delle macchine destinate a estrarlo, trasportarlo, lavorarlo ecc.



Ciò significa che i giacimenti di petrolio e carbone fino alla seconda metà dell’Ottocento non avevano il valore che oggi gli diamo e nessuno se li sarebbe comprati per via del loro inutilizzo.

Energia utile

Le industrie, gli utenti civili e commerciali, gli automobilisti ed il semplice cittadino hanno tutti bisogno di:

calore (alto, media e bassa temperatura);

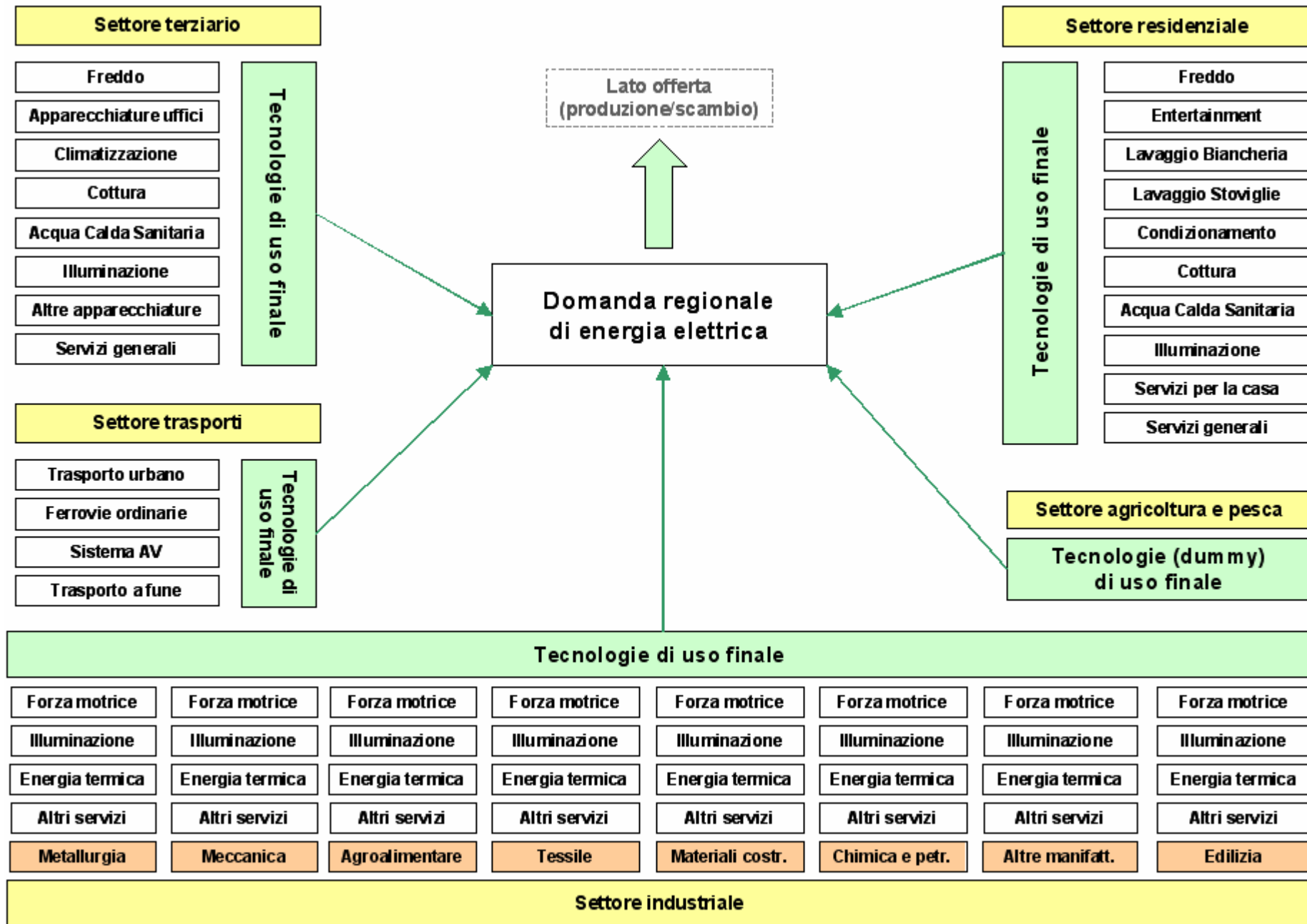
energia meccanica;

elettricità per usi diversi (luce, movimento, servizi vari)

che costituiscono la **domanda di energia utile** che in funzione dell'efficienza degli apparecchi in dotazione agli utenti determina il livello di **domanda finale di energia per uso** (impieghi finali di energia) che a sua volta sempre in funzione delle caratteristiche degli apparecchi di utilizzo viene soddisfatta da un insieme di prodotti energetici che costituiscono la **domanda finale di fonti energetiche**.

In questa catena che porta dagli usi finali e cioè dalla soddisfazione dei vari bisogni con adeguati servizi energetici è fondamentale non solo il ruolo delle varie fonti di energia ma il processo di trasformazione e trasporto che nel corso degli ultimi decenni è cambiato radicalmente.

Esempio di alcuni servizi energetici nel settore elettrico



Le fonti di energia

Si dividono in fonti primarie e fonti secondarie (che derivano dalle primarie):

Fonti Primarie

Petrolio

Carbone

Gas naturale

Uranio



Fonti Secondarie

→ **Prodotti petroliferi (benzina, gasolio, GPL, kerosene, olio combustibile, ecc..)**

→ **Coke, gas illuminante, prodotti chimici, elettricità**

→ **Energia elettrica, calore**

→ **Energia elettrica**



Le fonti di energia

Fonti Primarie

Sole
Vento
Acqua
Biomassa

Fonti Secondarie

- Energia elettrica , calore
- Energia elettrica
- Energia elettrica
- Energia elettrica, carburanti, calore



Da un punto di vista teorico, ogni fonte primaria di energia sarebbe in grado di soddisfare direttamente o attraverso opportune trasformazioni in fonti secondarie le esigenze ed i bisogni degli utilizzatori finali.

In altri termini le scelte fra le diverse fonti di energia da utilizzare dipendono da una serie di fattori tra cui:

- **la disponibilità di risorse;**
- **il costo;**
- **la fiscalità;**
- **l'ambiente;**
- **ecc.**

Le fonti primarie di energia si distinguono in fonti rinnovabili e fonti non rinnovabili (o fossili):

Fonti non rinnovabili:

petrolio, carbone, gas naturale, uranio



Fonti rinnovabili:

idroelettricità, energia solare, energia eolica, biomasse, geotermia.



PRINCIPALI IMPIEGHI DELLE FONTI ENERGETICHE

Petrolio (prodotti petroliferi)

TRASPORTO

USI NON ENERGETICI

PRODUZIONE DI CALORE

PRODUZIONE DI ELETTRICITA'



Gas Naturale

PRODUZIONE DI CALORE

PRODUZIONE DI ELETTRICITA'

USI CHIMICI

(TRASPORTO)



Carbone

SIDERURGIA

PRODUZIONE DI ELETTRICITA'

PRODUZIONE DI CALORE

USI CHIMICI

(TRASPORTO)



Uranio (combustibile nucleare)

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

(PRODUZIONE di CALORE)



PRINCIPALI IMPIEGHI DELLE FONTI ENERGETICHE

Energia Solare

PRODUZIONE DI ELETTRICITA'
PRODUZIONE DI CALORE



Energia Idraulica

PRODUZIONE DI ELETTRICITA'

Energia Eolica

PRODUZIONE DI ELETTRICITA'



Energia Geotermica

PRODUZIONE DI ELETTRICITA'
PRODUZIONE DI CALORE



Fattori d'emissione di CO₂

Combustibili	t C/TJ	t CO ₂ /Mtep	t CO ₂ /Mt	t CO ₂ /Gmc
Fonti fossili gassose				
Gas Naturale	15,3	2,337		1,928
Fonti fossili liquide				
Fonti primarie				
Greggio	20,0	3,040	3,040	
Oriemulsion	22,0	3,310	3,310	
Natural Gas Liquids	17,2	2,627		
Fonti secondarie				
GPL	17,2	2,614	2,875	
Benzina	18,9	2,872	3,016	
Petrolio	19,6	2,979	3,083	
Jet Fuel	19,5	2,964	3,082	
Gasolio	20,2	3,070	3,131	
Olio combustibile	21,1	3,207	3,079	
Altri prodotti	20,0	3,040	2,918	
Combustibili solidi				
Combustibili primari				
Carbone da vapore	25,8	3,881	2,426	
Combustibili secondari				
Coke	29,5	4,438	3,284	

M=10⁶ ; G=10⁹ ; TJ = Tera Joule

Fonte: elaborazione ENI da IPCC *Guidelines*

Il bilancio energetico

La struttura di un determinato sistema energetico, che risulta da una serie di scelte che interessano una pluralità di soggetti, è schematizzabile in una serie di bilanci che partono dalle fonti primarie sino all'energia utile.

Le fonti statistiche ufficiali in realtà più che seguire il modello bottom up sono costruite secondo lo schema top-down.

In particolare le fonti ufficiali partono dalla disponibilità delle fonti primarie per scendere alla domanda settoriale d'energia attraverso la costruzione di un vero e proprio bilancio in quantità fisiche e caloriche, che viene pubblicato annualmente dal Ministero dell'Industria.

Il bilancio energetico

Il bilancio energetico consente di avere un quadro d'insieme del sistema energetico di un paese o di un'area evidenziando le fasi di produzione, trasformazione e utilizzo delle fonti d'energia. Il bilancio espresso in quantità caloriche consente di confrontare il ruolo delle varie fonti ed infine la valutazione del totale delle fonti impiegate.

Le informazioni contenute nel bilancio energetico possono essere poi approfondite, con analisi ad hoc che consentono di passare dalla **domanda finale d'energia per fonte e per settore** alla **domanda d'energia per settore e per uso**:

calore (alta, media, bassa temperatura),
trasporto,
elettricità per usi obbligati,
usi non energetici

Queste analisi sono di particolare importanza per perseguire politiche di razionalizzazione degli impieghi d'energia e d'introduzione di fonti rinnovabili

Dalla domanda finale d'energia per uso si passa, infine, alla valutazione dell'energia utile, quella che corrisponde esattamente al servizio reso all'utente e con la quale si completa il ciclo dalla fonte all'utente.

Questa analisi che consente di valutare il rapporto tra energia utile e quella impiegata dagli apparecchi utilizzatori d'energia, è di grande importanza per poter valutare il potenziale d'interventi di risparmio e di razionalizzazione.

Lungo il percorso fra "**energia primaria**" ed "**energia utile**", si verificano infatti delle **perdite**, che, anche se non totalmente eliminabili, possono essere ridotte, con notevoli vantaggi sul piano economico ed ambientale.

Nella fase della trasformazione da **fonti primarie** a **fonti secondarie** (soprattutto nella produzione termoelettrica) si hanno delle altre **perdite** la cui entità è determinata dal tipo di processo.

L'elettricità d'origine **termoelettrica** è generata con perdite che spesso ammontano al **60 %** del contenuto calorico delle fonti trasformate.



Nei processi di trasformazione **del petrolio** (raffinazione) si registrano perdite nella misura del **5-7 %** in relazione alle tecnologie impiegate.



La trasformazione del **carbone fossile in coke**, processo che avviene nelle cokerie, comporta delle perdite di trasformazione di circa **l'8%**.



Alle perdite di **trasformazione**, occorre aggiungere le **perdite di trasporto e distribuzione** che interessano tutte le fonti sia pure in misura variabile.



L'utilizzo del **gas naturale**, una delle fonti primarie che può essere utilizzata senza trasformazione, comporta, infatti, dei consumi e delle perdite di trasporto e distribuzione che costituiscono peraltro **una frazione trascurabile**, in Europa.



Nel settore dei **trasporti**, i carburanti, che alimentano i motori a scoppio, si trasformano in energia meccanica con **un'efficienza inferiore al 50 per cento**; nel settore della produzione di calore i combustibili sono trasformati in **energia termica** con **un'efficienza che può arrivare al 90 per cento** in funzione delle tecnologie e del tipo di combustibile.

Particolarmente complesso il caso **dell'energia elettrica** che si trasforma in forza motrice, **energia meccanica**, con **un'efficienza del 70-90** per cento, compensando così le perdite nella fase di produzione termoelettrica.

Elevata anche l'efficienza degli apparecchi che utilizzano direttamente l'energia elettrica come dispositivi elettronici e di telecomunicazione.

Qualora **l'energia elettrica** venga, invece, utilizzata per la **produzione di calore**, ad esempio una stufa, si ha, invece, un rendimento complessivo particolarmente basso (per produrre un kWh, in una centrale termoelettrica, sono necessarie, mediamente, 2100-2200 kcal, mentre l'utente finale non può ricavare dallo stesso kwh, che 860 kcal nell'ipotesi, teorica, di mancanza di perdite da parte dell'apparecchio d'utilizzo).

Questa distinzione ha notevoli implicazioni sul piano pratico nel senso che una politica d'uso razionale dell'energia dovrebbe tendere a limitare l'uso dell'energia elettrica per la produzione di calore, poiché questo ultimo può essere ottenuto con metodi più efficienti, ad esempio, utilizzando direttamente fonti primarie o secondarie (scalda acqua a gas o solari, rispetto a scaldacqua elettrico).

Energia in Italia

BILANCIO DI SINTESI DELL'ENERGIA IN ITALIA

(milioni di tonnellate equivalenti di petrolio)

ANNO 2008						
Disponibilita' e Impieghi	Solidi	Gas	Petrolio	Rinnovabili	Energia elettrica	Totale
1. Produzione	0,456	7,635	5,226	16,338		29,655
2. Importazione	16,759	63,415	101,622	0,727	9,459	191,983
3. Esportazione	0,135	0,173	28,405	0,098	0,755	29,566
4. Variaz. scorte	0,125	0,849	-0,992	0,017	0,000	0,000
5. Consumo interno lordo (1+2-3-4)	16,955	70,028	79,435	16,950	8,704	192,073
6. Consumi e perdite del settore energetico	-0,765	-1,231	-5,383	-0,099	-42,076	-49,554
7. Trasformazioni in energia elettrica	-11,692	-28,300	-5,912	-13,870	59,774	
8. Totali impieghi finali (5+6+7)	4,498	40,498	68,140	2,981	26,402	142,520
- industria	4,360	14,367	7,118	0,361	11,627	37,833
- trasporti	-	0,528	42,604	0,595	0,929	44,655
- usi civili	0,007	24,668	5,060	1,801	13,364	44,900
- agricoltura		0,157	2,408	0,224	0,482	3,271

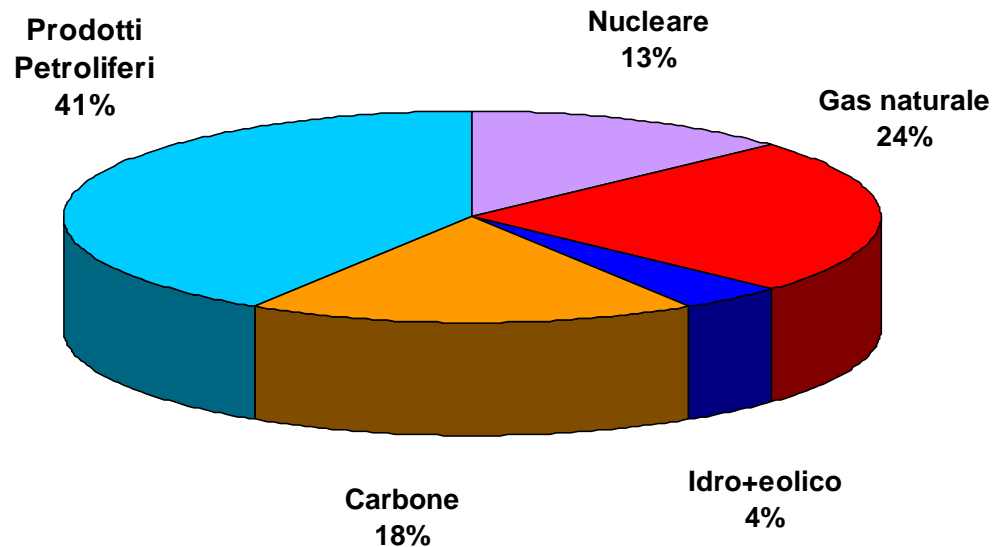
Domanda di energia in Italia in fonti primarie (in Mtep)

	1996	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2010
Combustibili solidi	11,3	15,3	17,1	17,0	17,2	17,2	17,4	18,8
Gas naturale	46,4	64,1	66,5	71,2	69,7	70,0	70,0	74,0
Importazioni di energia elettrica	8,2	11,2	10,0	10,8	9,9	10,2	8,7	9,0
Prodotti petroliferi	94,4	90,8	88,0	85,2	85,2	82,5	79,5	77,0
Fonti rinnovabili	11,4	13,0	14,9	13,5	14,2	14,3	16,5	17,5
TOTALE	171,7	194,4	196,5	197,8	196,2	194,2	192,1	196,3
Elettricità richiesta sulla rete (TWh)	263	320,7	325,4	330,4	337,8	339,9	337,6	345
PIL (miliardi di € costanti)	1084	1217	1232	1233	1256	1279	1270	1300
intensità energetica del PIL (tep/M€)	184,0	159,7	159,6	160,4	156,2	151,8	151,3	151
intensità elettrica del PIL (kWh/mille €)	242,7	263,5	264,2	268,0	269,0	265,8	265,8	265

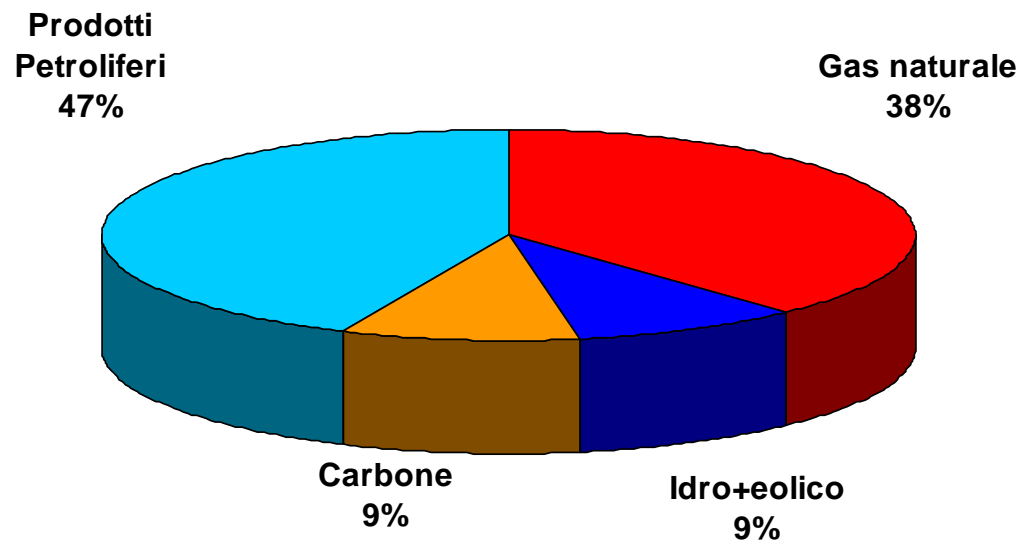
Fonte: Osservatorio Energia AIEE

(Mtep)			variaz. %	variaz. %
	2007	2008	2007-2006	2008-2007
Combustibili solidi	17,21	17,39	1,0%	1,1%
Gas naturale	70,04	69,97	0,5%	-0,1%
Importazioni di energia elettrica	10,18	8,70	2,1%	-14,5%
Prodotti petroliferi	82,46	79,53	-3,2%	-3,6%
Fonti rinnovabili	14,30	16,49	-5,0%	15,3%
TOTALE	194,19	192,07	-1,4%	-1,1%
Elettricità richiesta sulla rete (TWh)	339,93	337,64	0,7%	-0,7%

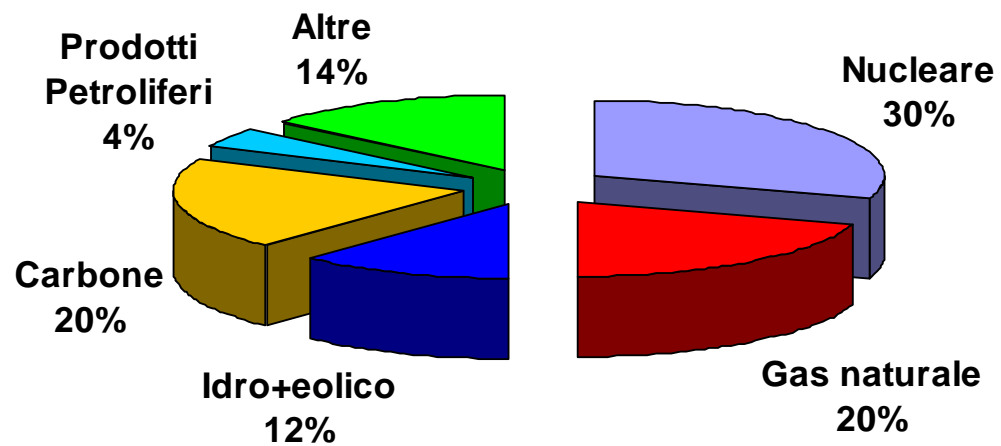
Consumo di energia primaria in UE - 25



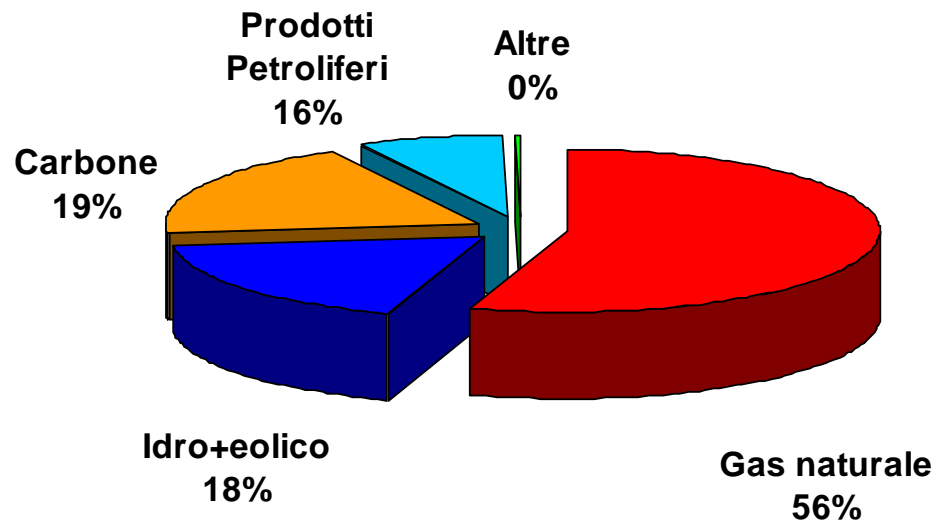
Consumo di energia primaria in Italia



Mix per la produzione di energia elettrica in UE-25



Mix per la produzione di energia elettrica in Italia



Domanda e bilancio energia elettrica in Italia

(GWh)	2004	2005	2006	2007	2008
Produzione lorda	303.321	302.359	315.016	314353	317894
(di cui produzione CIP 6)	55.647	53.794	51.699	53756	48372
Idroelettrica	49.908	42.482	43.022	39043	45511
Termoelettrica	246.125	252.412	263.252	265556	260228
Geotermoelettrica	5.437	5325	5.527	5570	5518
Eolica	1.851	2140	3.215	4184	6637
Consumo servizi ausiliari	13.299	12.704	13.290	12808	12354
Produzione netta	290.023	289655	301.726	301545	305540
<i>Importazione</i>	46425	50264	46323	48570	42997
<i>Esportazione</i>	791	1.110	1605	2640	3431
Saldo estero	45.635	49.155	44.718	45930	39566
Consumo pompaggi	10.300	9.319	8.648	7636	7464
Richiesta sulla rete	325.357	329.491	337.796	339839	337642

	2007	2008	var. %	var. %
(GWh)			2007/2006	2008/2007
Produzione lorda	314353	317894	0,1%	1,3%
(di cui produzione CIP 6)	53756	48372	4,0%	-10,0%
Idroelettrica	39043	45511	-10,1%	18,3%
Termoelettrica	265556	260228	1,3%	-2,1%
Geotermoelettrica	5570	5518	0,8%	-0,9%
Eolica	4184	6637	40,7%	62,9%
Consumo servizi ausiliari	12808	12354	-0,4%	-1,9%
Produzione netta	301545	305540	0,1%	1,4%
<i>Importazione</i>	<i>48570</i>	<i>42997</i>	<i>4,2%</i>	<i>-12,1%</i>
<i>Esportazione</i>	<i>2640</i>	<i>3431</i>	<i>63,9%</i>	<i>29,6%</i>
Saldo estero	45930	39566	2,1%	-14,5%
Consumo pompaggi	7636	7464	-12,8%	-2,5%
Richiesta sulla rete	339839	337642	0,7%	-0,7%

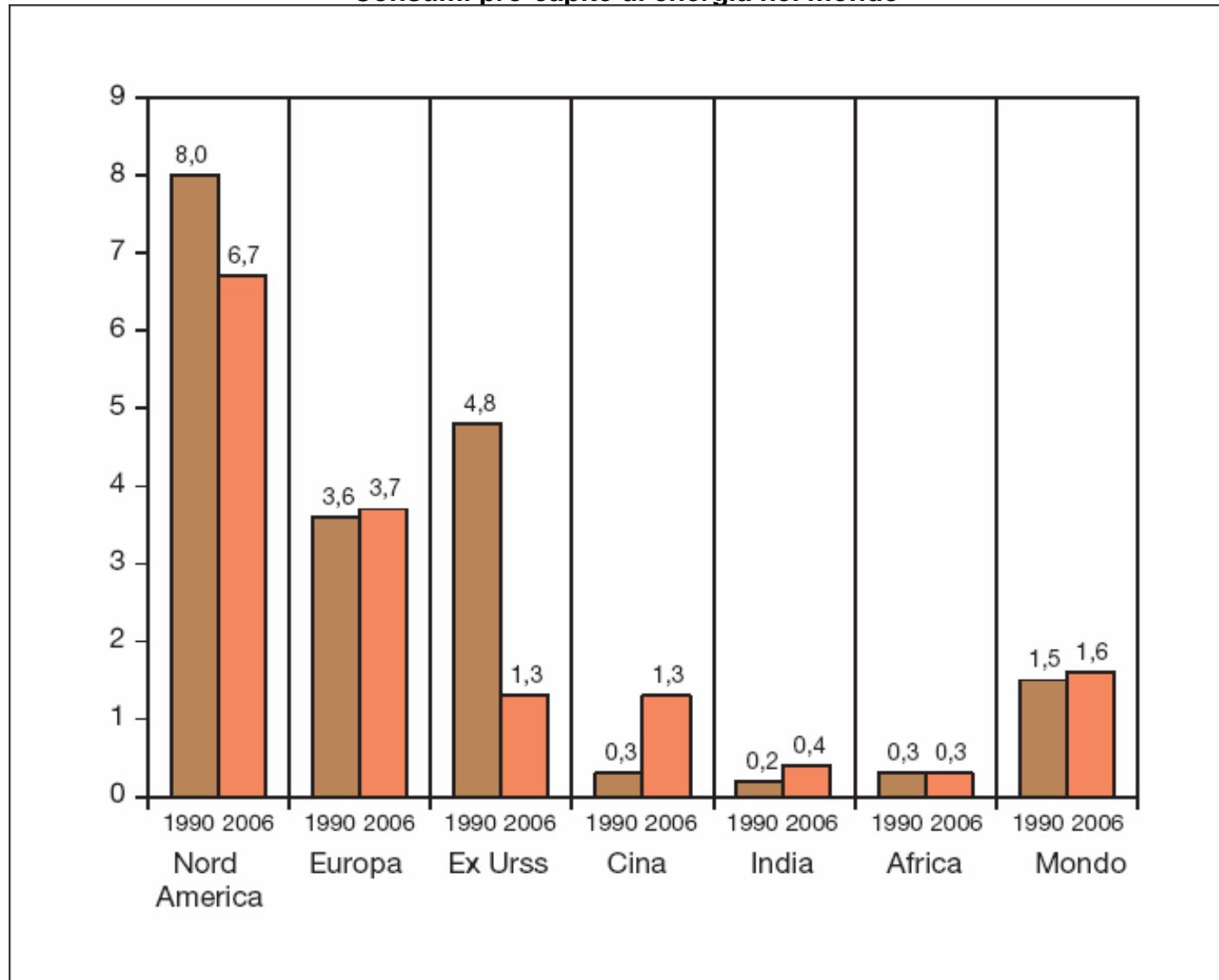
Produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

GWh	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Idrica	44.199,4	46.810,3	39.519,4	36.669,8	42.337,9	36.066,7	36.994,3	32.815,2
Eolica	563,1	1.178,6	1.404,2	1.458,4	1.846,5	2.343,4	2.970,7	4.034,4
Fotovoltaica	6,3	4,8	4,1	5,0	4,0	4,0	2,3	39,0
Geotermica	4.705,2	4.506,6	4.662,3	5.340,5	5.437,3	5.324,5	5.527,4	5.569,1
Biomasse e rifiuti (*)	1.906,2	2.587,3	3.422,6	4.493,0	5.637,2	6.154,8	6.744,6	6.953,6

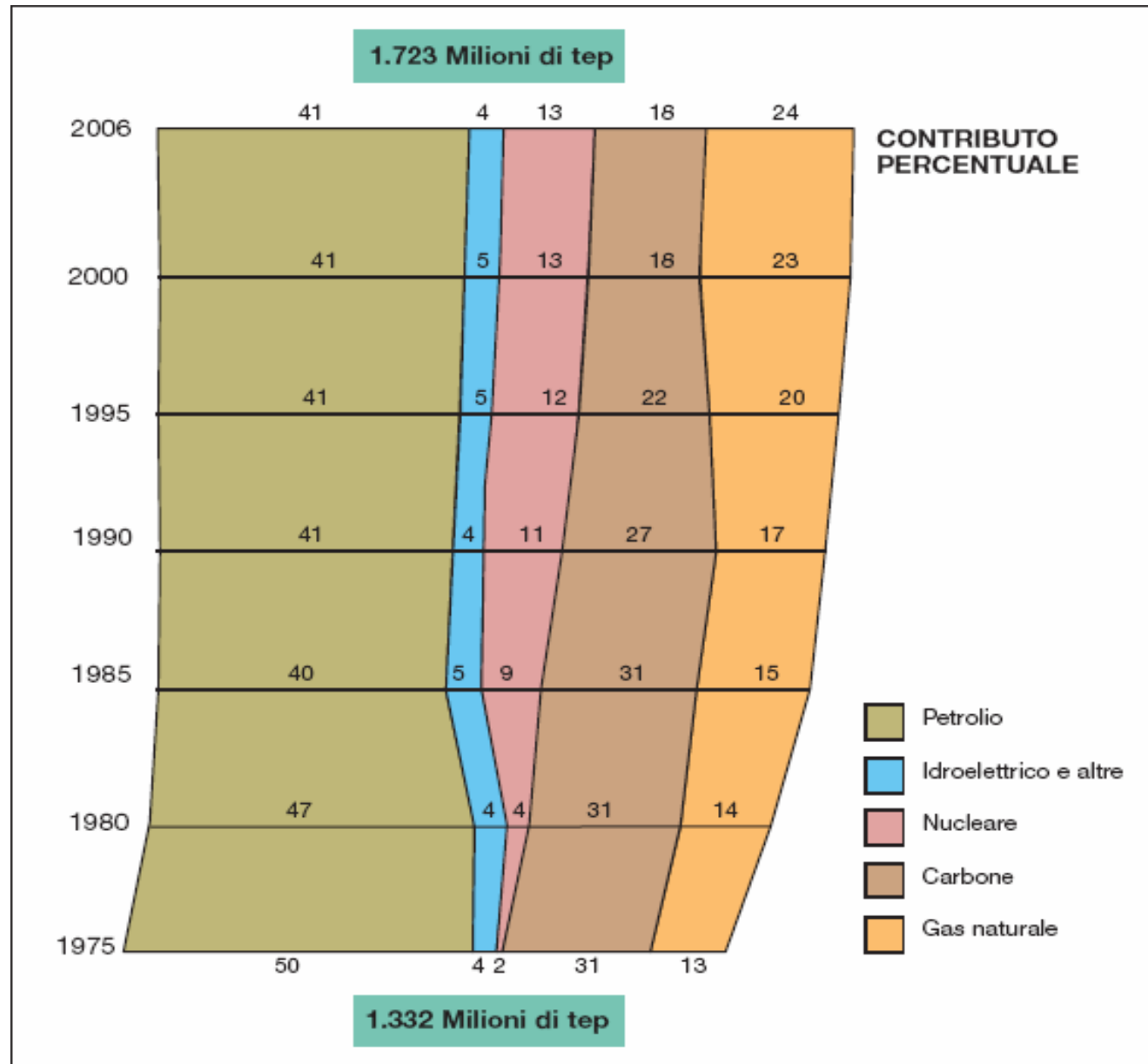
Energia nel mondo

Situazione e scenari energetici mondiali

Consumi pro-capite di energia nel mondo



Domanda di energia in Europa e fonti utilizzate



Domanda di energia primaria nel mondo scenario base o di riferimento

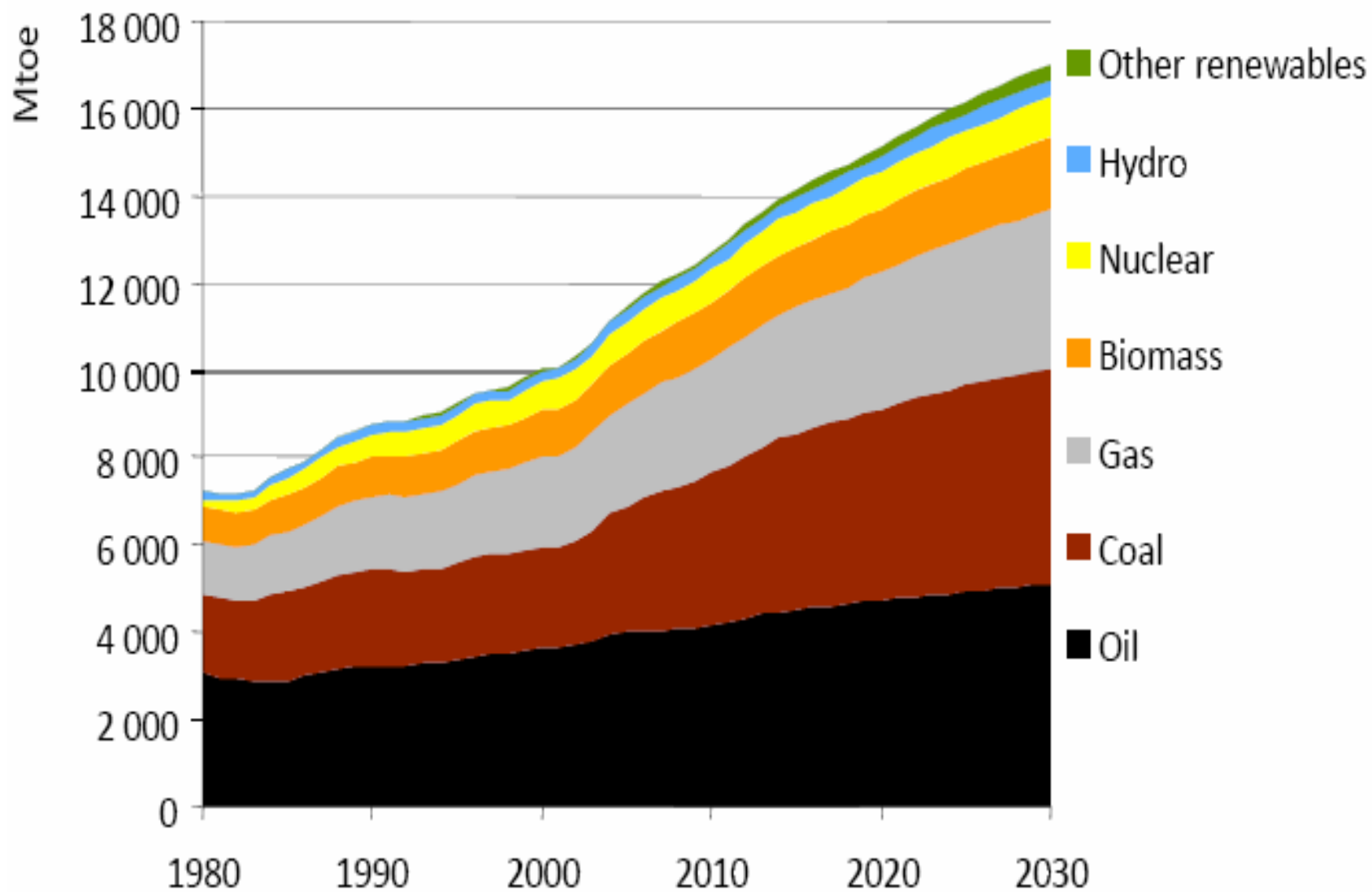
(Mtoe)	1980	2000	2006	2015	2030	2006-2030*
Coal	1 788	2 295	3 053	4 023	4 908	2.0%
Oil	3 107	3 649	4 029	4 525	5 109	1.0%
Gas	1 235	2 088	2 407	2 903	3 670	1.8%
Nuclear	186	675	728	817	901	0.9%
Hydro	148	225	261	321	414	1.9%
Biomass and waste**	748	1 045	1 186	1 375	1 662	1.4%
Other renewables	12	55	66	158	350	7.2%
Total	7 223	10 034	11 730	14 121	17 014	1.6%

* Average annual rate of growth.

** Includes traditional and modern uses.

Fonte: World Energy Outlook 2008

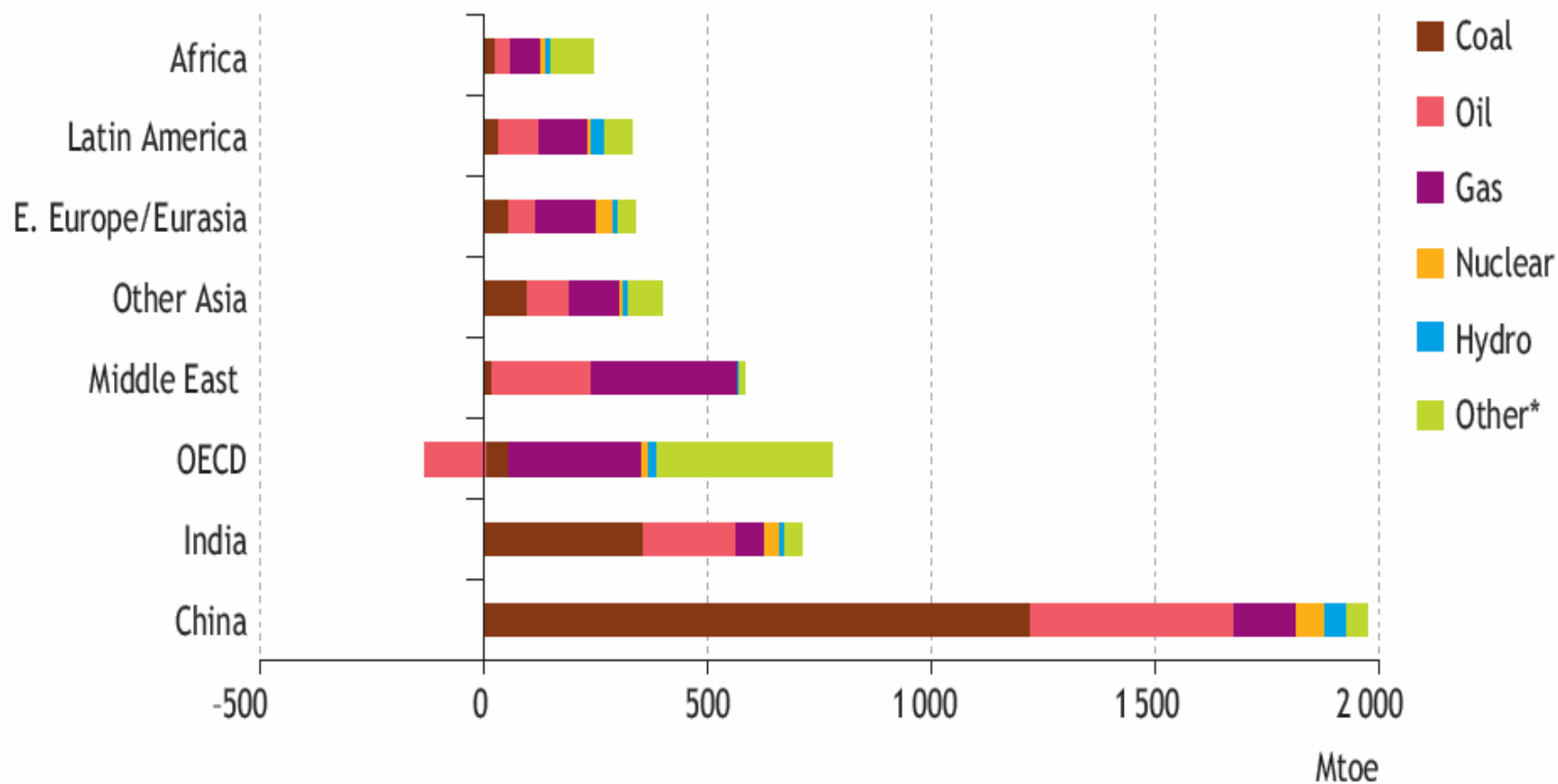
Previsioni di sviluppo della domanda di energia nel mondo



Fonte: World Energy Outlook 2008

Incremento della domanda di energia primaria nelle varie aree geografiche per fonte

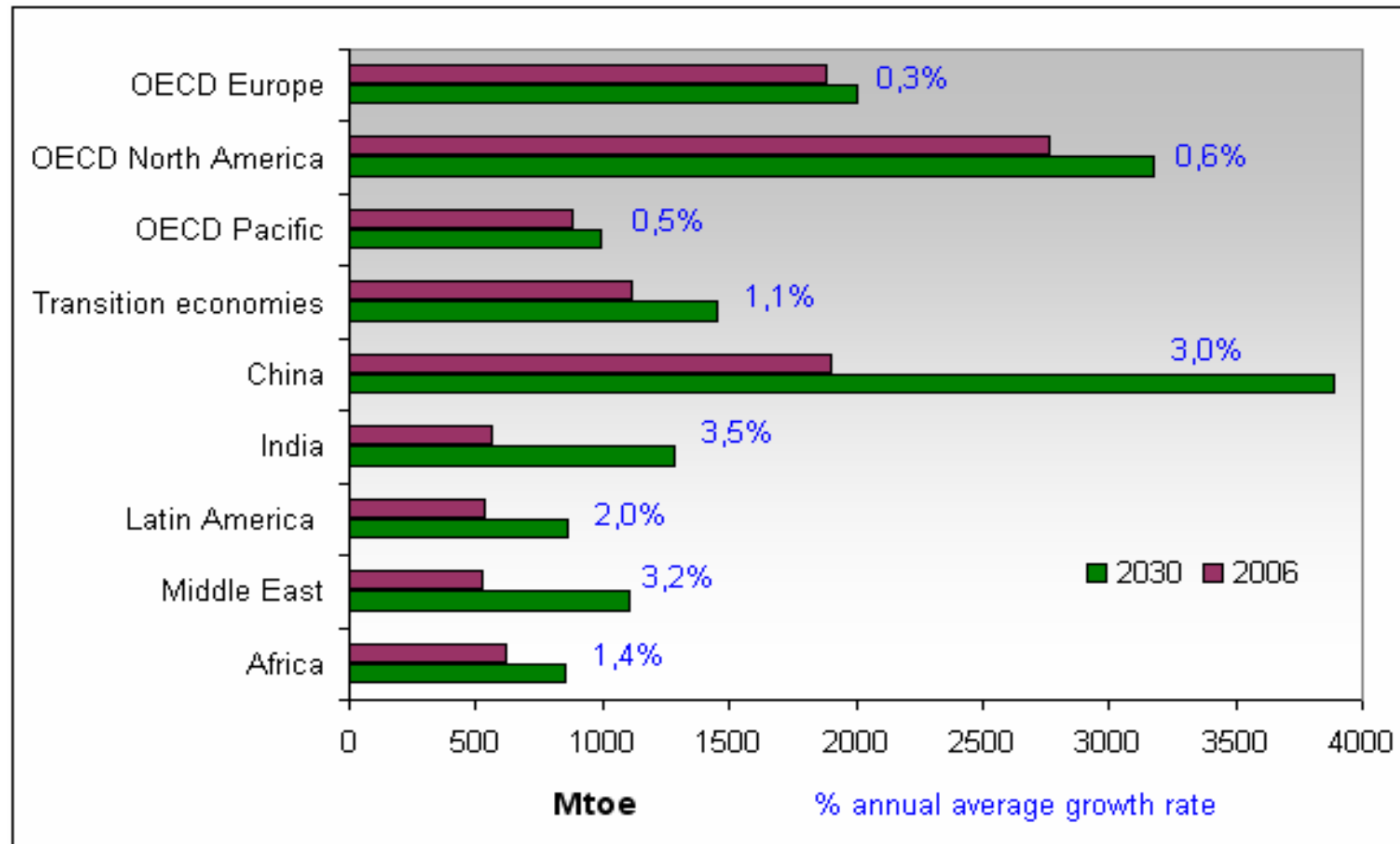
(Mtep)



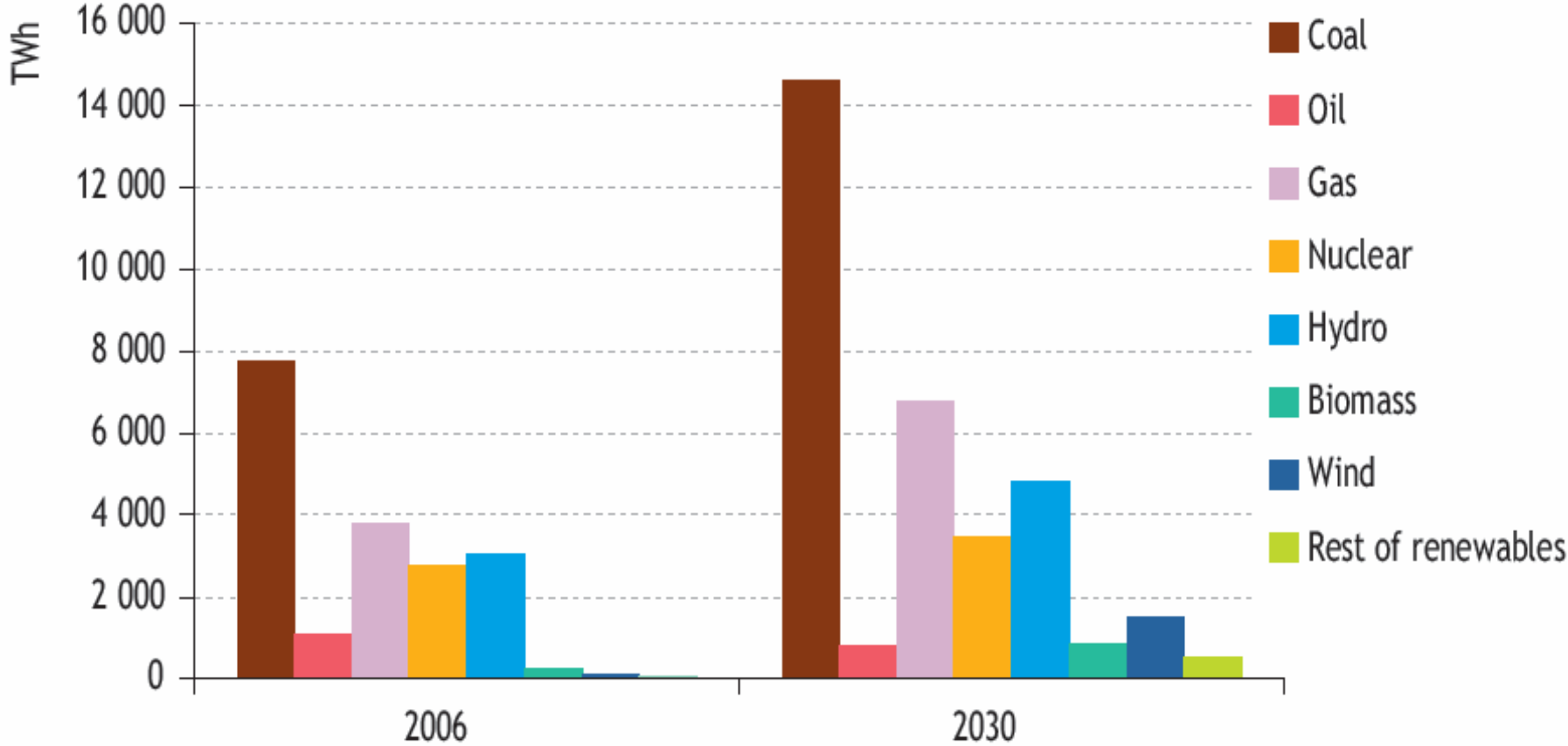
* Other includes biomass and waste, and other renewables.

Fonte: World Energy Outlook 2008

Incremento della domanda di energia primaria per aree geografiche (%)



Mix di generazione nella produzione di energia elettrica nel mondo



Conclusione

Nel corso dello sviluppo economico l'uomo è stato ripetutamente costretto a cambiare le risorse energetiche da cui dipendeva ed i metodi che utilizzava per sfruttarle.

Si è dovuto progressivamente impegnare in tecniche di trasformazione e di produzione sempre più complicate passando dalle risorse energetiche più facilmente sfruttabili (legna, acqua, vento, etc.) a quelle meno accessibili, spesso modificando l'ambiente naturale che lo circondava.

Oggi l'ambiente è divenuto un aspetto importante e irrinunciabile dello sviluppo energetico nel mondo.

Quindi bisognerà conciliare la disponibilità delle risorse, il loro costo, il loro utilizzo per soddisfare i fabbisogni dell'umanità, con il rispetto dell'ambiente e della natura.

Pertanto sembra necessario migliorare l'efficienza energetica dei processi e degli usi e utilizzare al massimo le fonti carbon free.