" Economia dell'Energia e dell'Ambiente."

a.a. 2019-20

Lezione 3

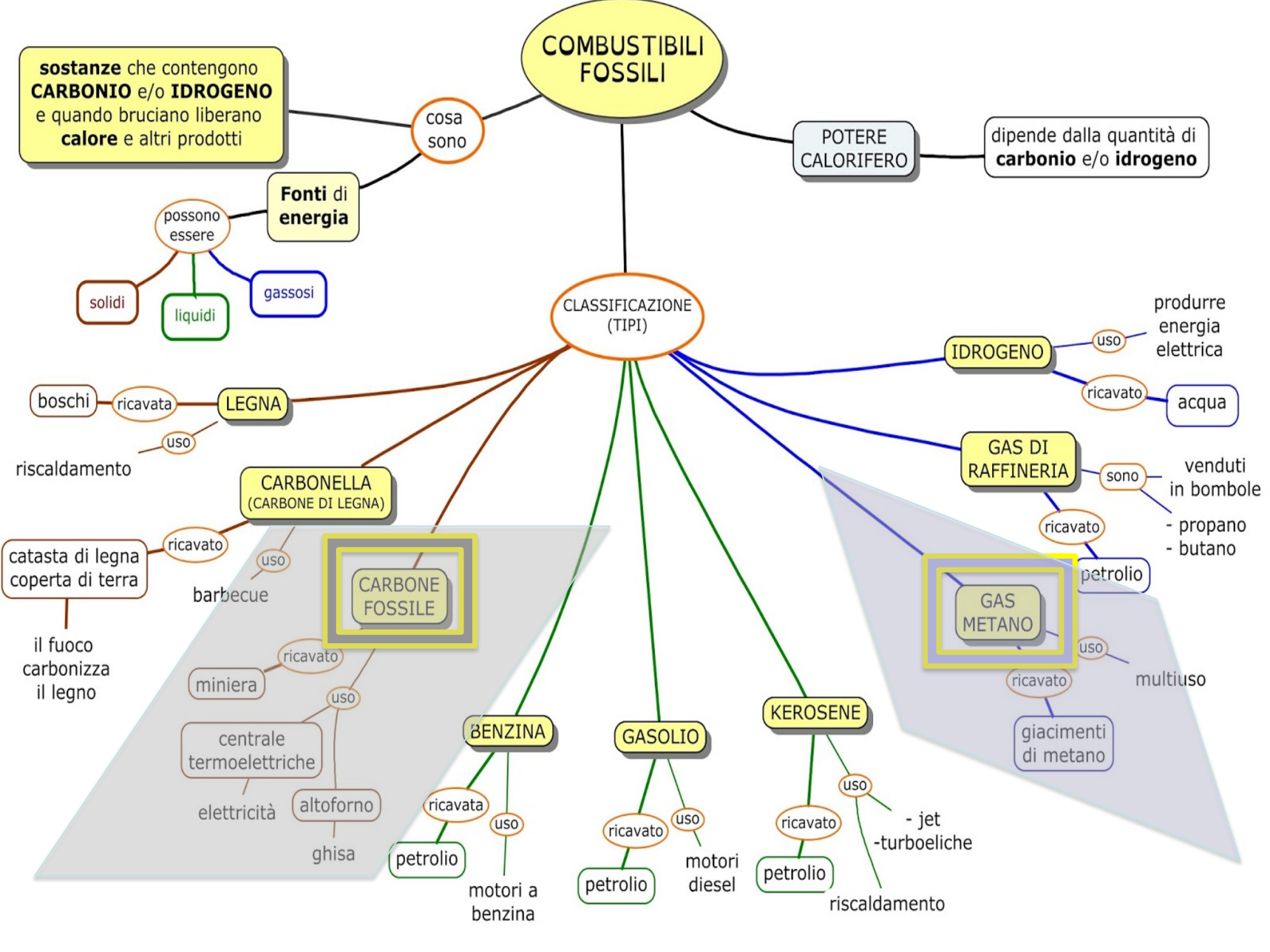
Gli altri idrocarburi:

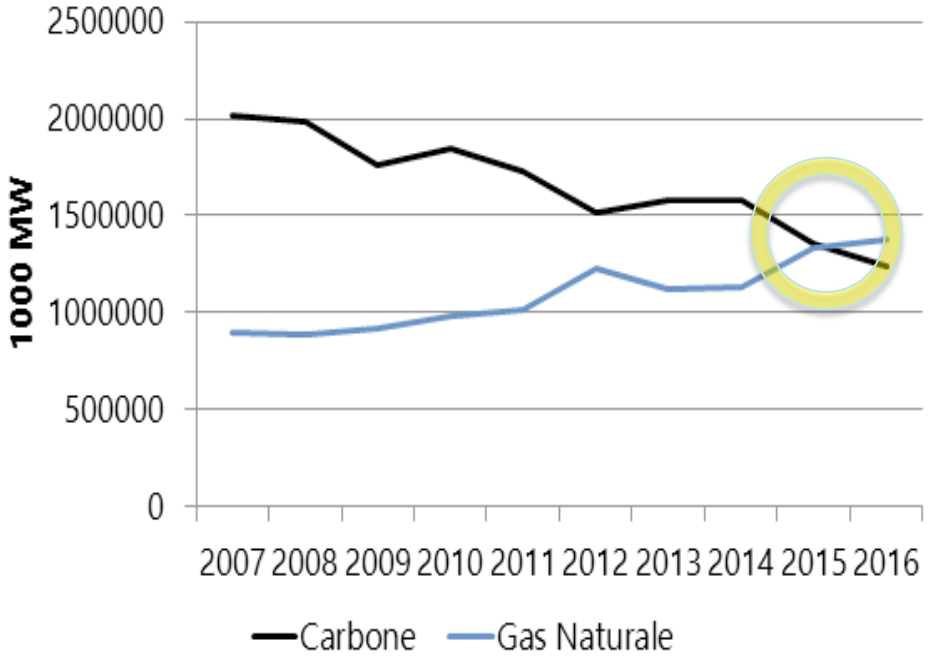
A. Carbone
B. Gas Naturale (Metano)

Roberto.Fazioli@unife.it

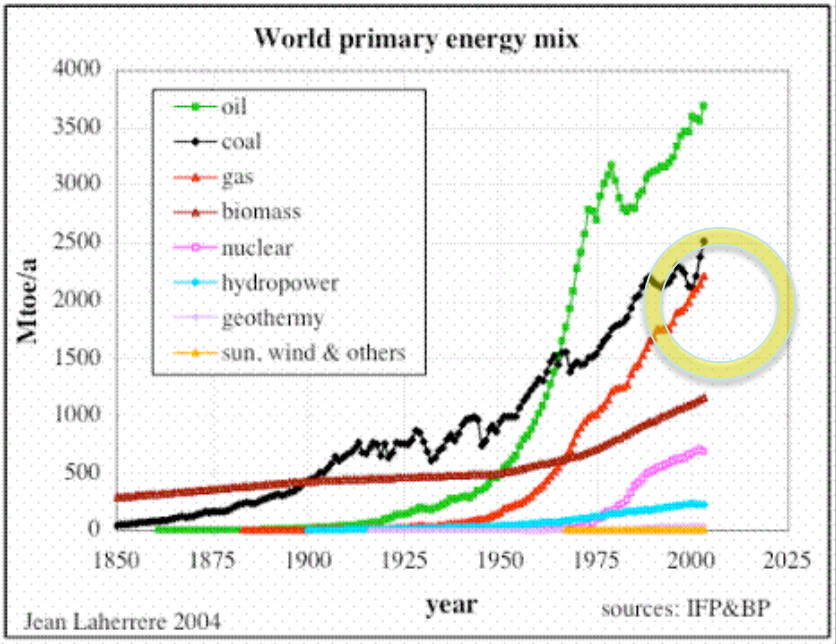
Dipartimento di Economia e Management,

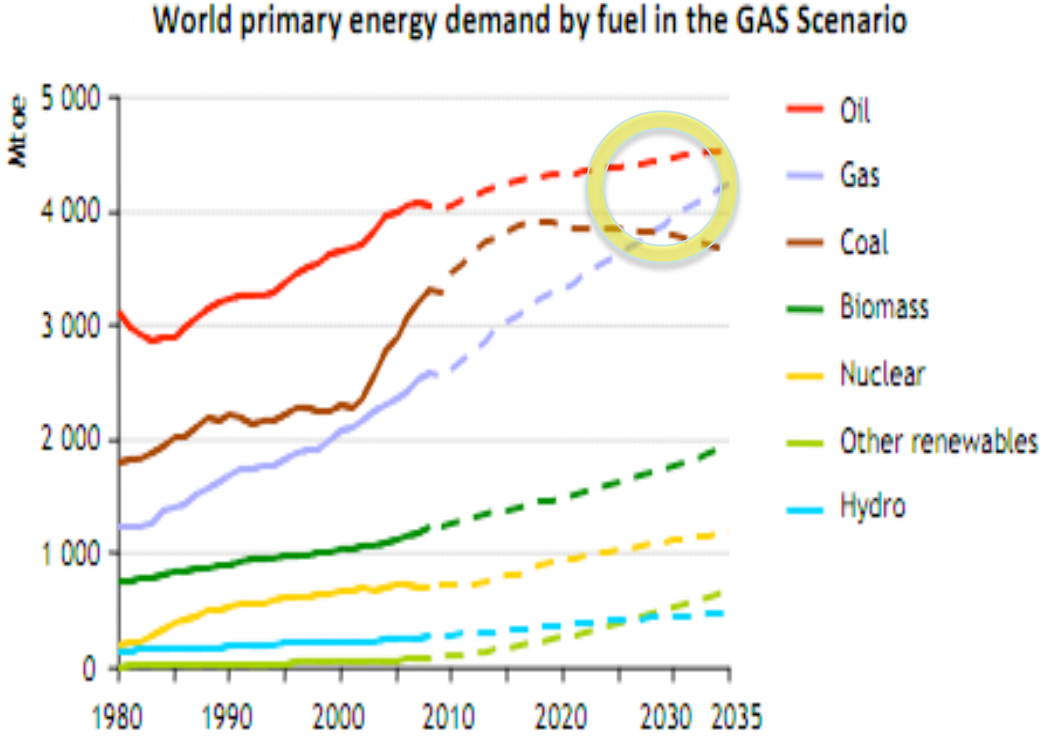
Università di Ferrara

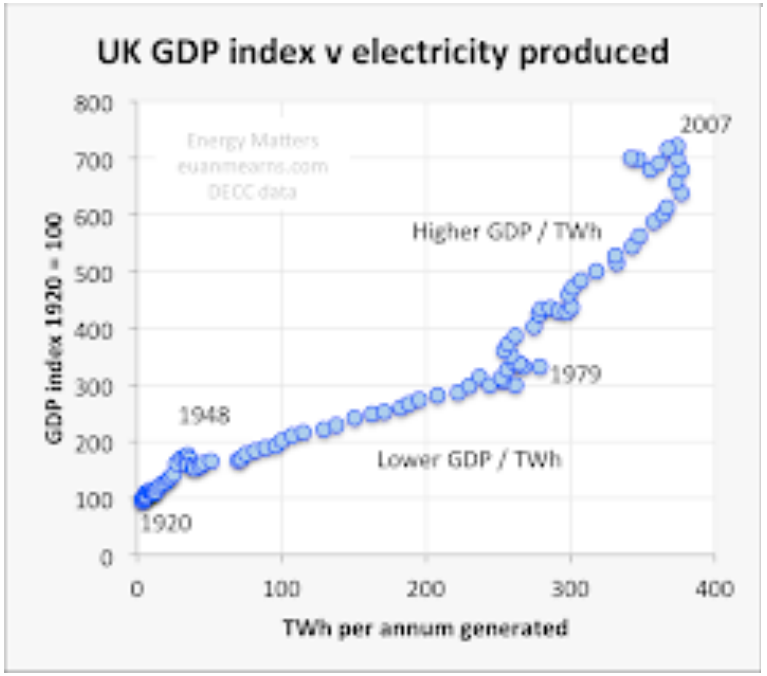

COMBUSTIBILI FOSSILI
cosa sono
sostanze che contengono CARBONIO e/o IDROGENO e quando bruciano liberano calore e altri prodotti
Fonti di energia
possono essere
solidi
liquidi
gassosi
POTERE CALORIFERO
dipende dalla quantità di carbonio e/o idrogeno
CLASSIFICAZIONE (TIPI)
IDROGENO
uso
produrre energia elettrica
ricavato
acqua
LEGNA
boschi
ricavata
uso
riscaldamento
CARBONELLA (CARBONE DI LEGNA)
ricavato
catasta di legna coperta di terra
il fuoco carbonizza il legno
uso
barbecue
CARBONE FOSSILE
ricavato
miniera
uso
centrale termoelettriche
elettricità
altoforno
ghisa
BENZINA
ricavata
petrolio
uso
motori a benzina
GASOLIO
ricavato
petrolio
uso
motori diesel
KEROSENE
ricavato
petrolio
uso
- jet
-turboeliche
riscaldamento
GAS DI RAFFINERIA
sono
venduti in bombole
- propano
- butano
ricavato
petrolio
GAS METANO
uso
multiuso
ricavato
giacimenti di metano

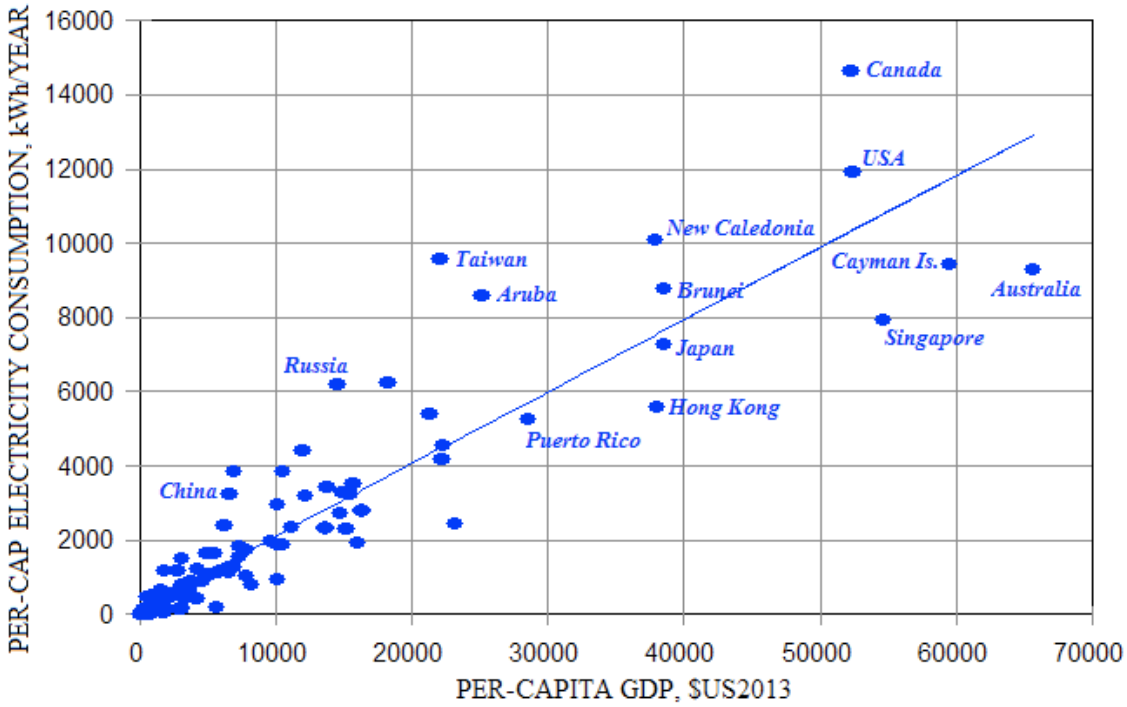


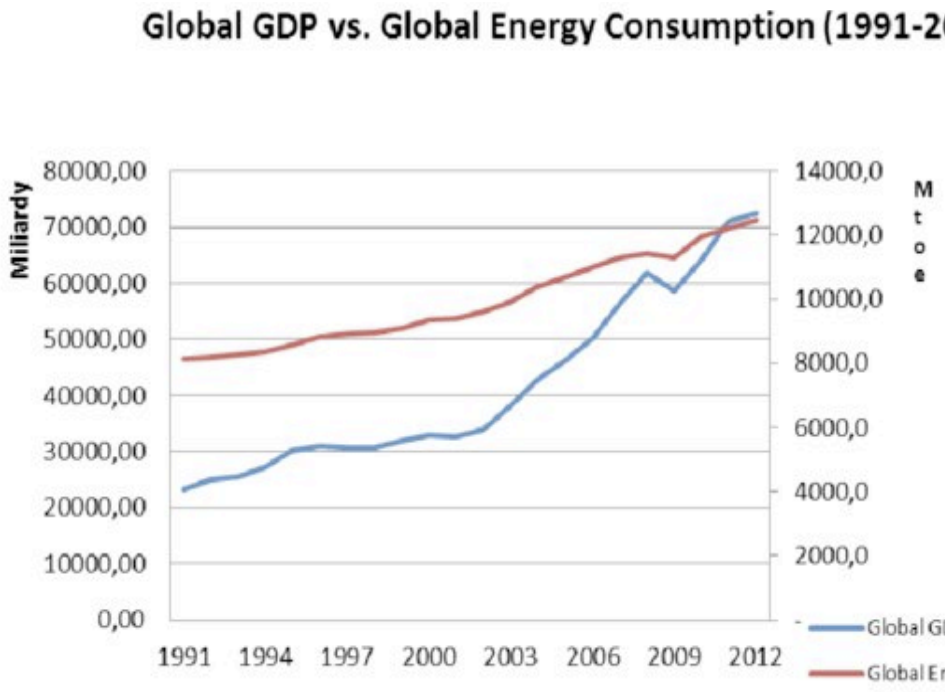
Negli ultimi anni la Domanda Mondiale di Energia (o, meglio, di Fonti Primarie di Energia) ha fatto registrare un importante, simbolico, significativo, mutamento: la lente progressiva diminuzione relativa nell'impiego di Carbone con un maggior impiego relativo del Gas Naturale. Una sorta di sorpasso che, potrebbe indurre a prefigurare una progressiva sostituzione del Carbone con il Gas Naturale quale fonte primaria di energia nella "Funzione di Produzione" mondiale. Ciò ha determinato importanti mutamenti nei Mercati Energetici mondiali, non certo uniformemente, ma certo significativi negli scambi e nei prezzi. Ciò ha senz'altro contribuito ad una relativa mitigazione delle emissioni di Gas Serra (principalmente, ma non solo, CO_2) nell'atmosfera. Gli sviluppi tecnologici nelle filiere del Carbone e del gas Naturale hanno indubbiamente favorito questa "transizione dal Carbone al Gas Naturale" in diverse altre filiere industriali. Il suo maggior limite è quello di essere la fonte di energia che inquina di più e incide negativamente sullo stato del clima. Rispetto al gas naturale, la produzione di un chilowattora di elettricità da carbone sprigiona più del doppio di ossido di azoto, otto volte la quantità di metalli pesanti, dieci volte quello di polveri sottili ed emette in gran quantità ossidi di zolfo.

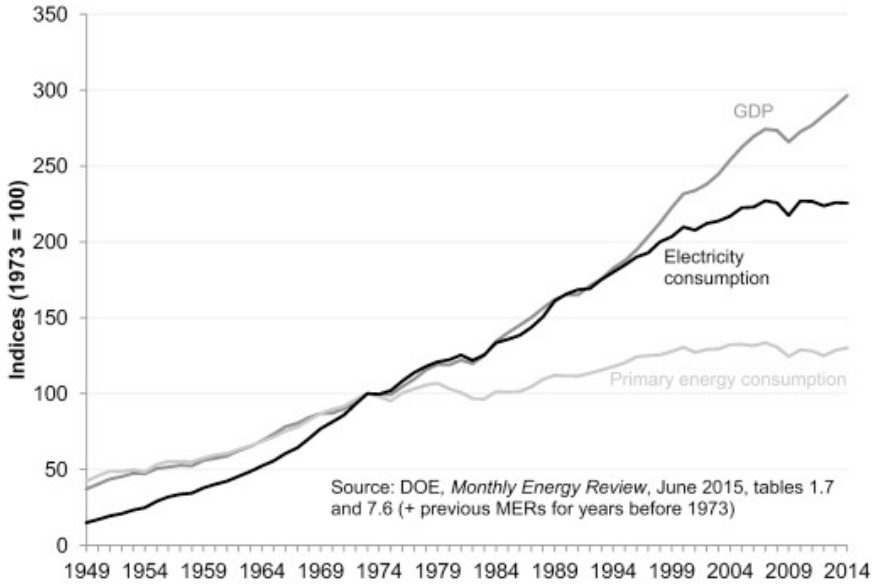


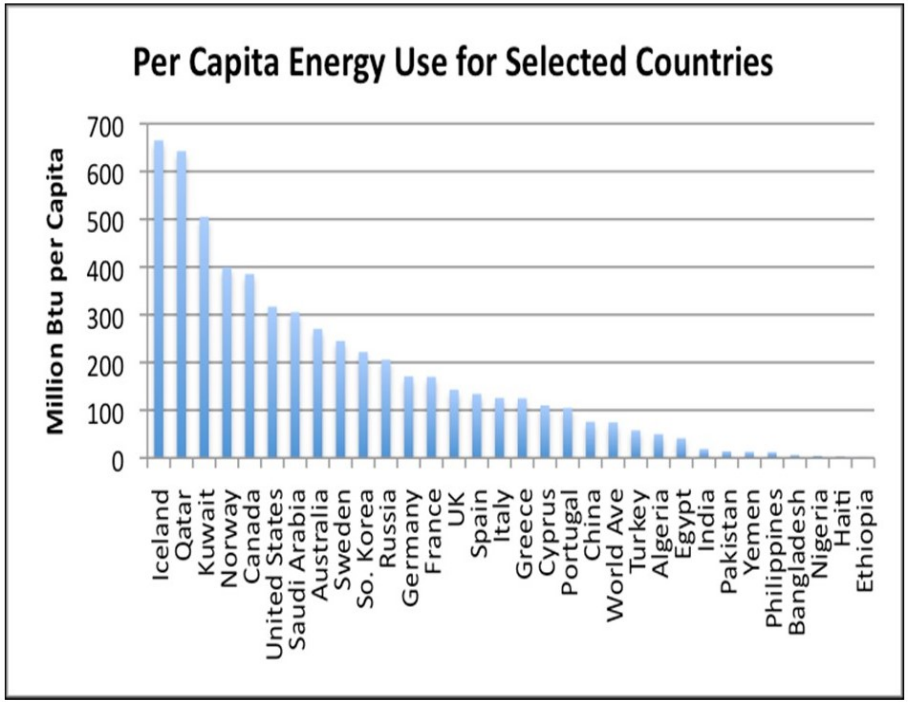


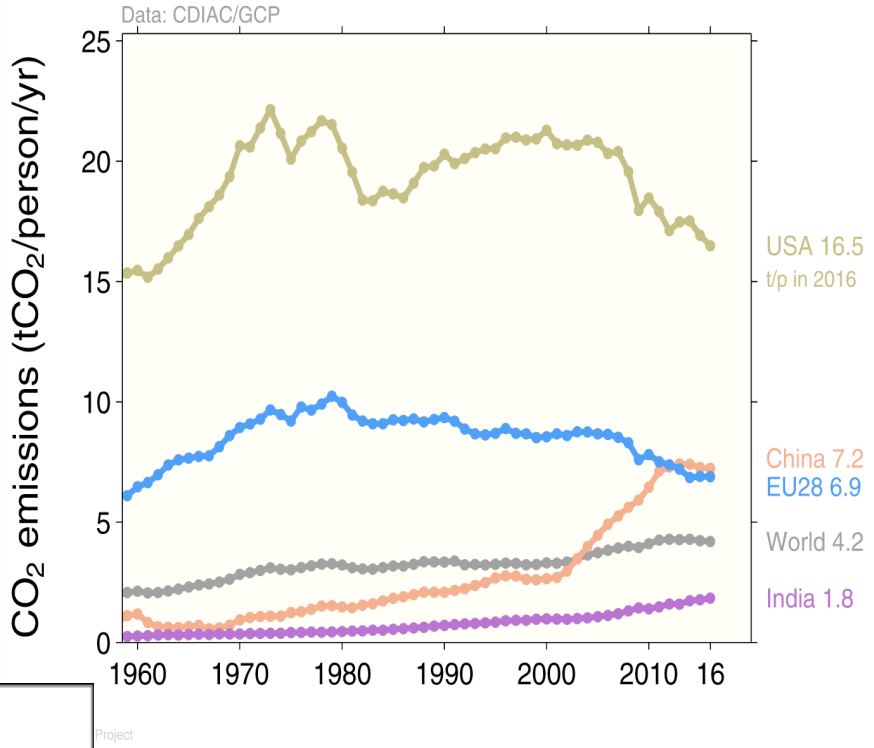

UK GDP index v electricity produced
Energy Matters
euanmearns.com
DECC data
GDP index 1920 = 100
TWh per annum generated
Higher GDP / TWh
Lower GDP / TWh
1920
1948
1979
2007
0
100
200
300
400
500
600
700
800

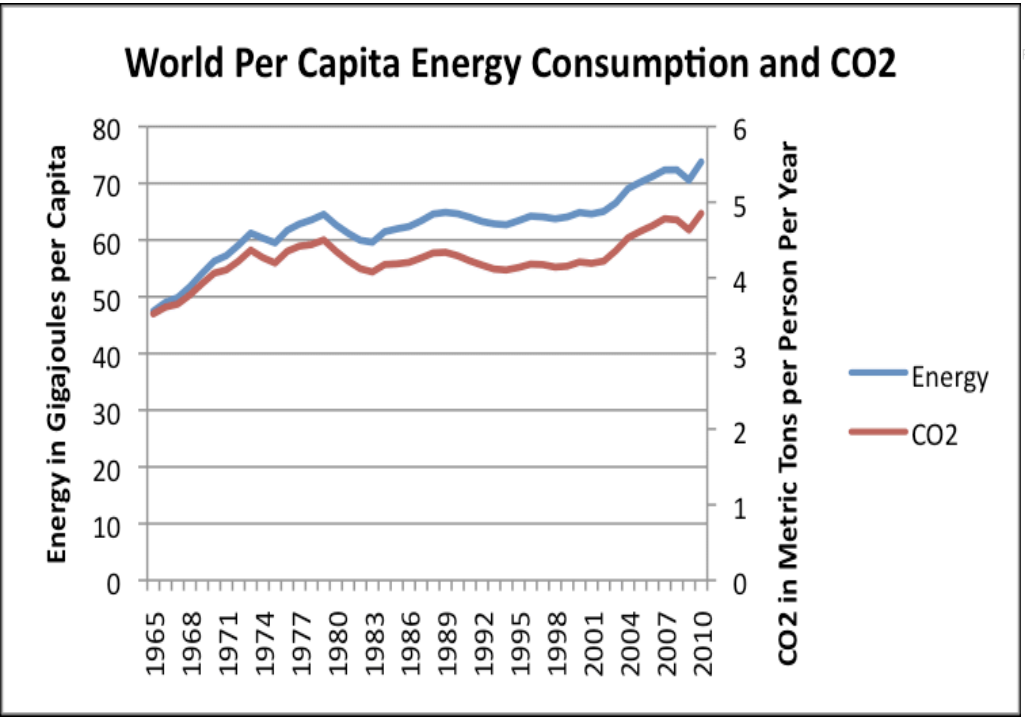

PER-CAP ELECTRICITY CONSUMPTION, kWh/YEAR
PER-CAPITA GDP, $US2013
Canada
USA
New Caledonia
Taiwan
Aruba
Brunei
Cayman Is.
Australia
Singapore
Japan
Russia
Hong Kong
Puerto Rico
China
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
70000


Global GDP vs. Global Energy Consumption (1991-2012)
Miliardy
Mtoe
80000,00
70000,00
60000,00
50000,00
40000,00
30000,00
20000,00
10000,00
0,00
14000,0
12000,0
10000,0
8000,0
6000,0
4000,0
2000,0
1991
1994
1997
2000
2003
2006
2009
2012
Global GDP (US$ billions)
Global Energy Consumption (Mtoe)


Indices (1973 = 100)
GDP
Electricity consumption
Primary energy consumption
Source: DOE, Monthly Energy Review, June 2015, tables 1.7 and 7.6 (+ previous MERs for years before 1973)
0
50
100
150
200
250
300
350
1949
1954
1959
1964
1969
1974
1979
1984
1989
1994
1999
2004
2009
2014







It is interesting to use Cook's numbers to analyze the potential impacts on energy consumption of societal class transitions such as the ones that are projected for Asia, particularly China and India. First, let us "ground truth" Dr. Cook's numbers. Current US annual energy consumption stands at around 97.4 QUAD (quadrillion BTUs, http://tiny.cc/8e4ymy) with a population of about 323 million. One can grind through the numbers and determine that the **current US energy consumption stands at about 208,200 kcal/capita/day** *One can estimate the impact of the Chinese and Indian economies transitioning to the middle class by using the US per capita energy consumption number of 208,200 kcal/capita/day as a target to transition to a technological society to support a burgeoning middle class. The Chinese and Indian baseline numbers are 51,000 kcal/capita/day and 17,500 kcal/capita/day, respectively. The middle-class populations of China and India are expected to increase by 1 billion and 0.50 billion, respectively by about 2030.These figures produce a projected increase in* ***energy consumption just for the middle classes*** *of 230 QUAD/year and 125 QUAD/year for China and India, respectively. It should be noted that the assumption is that there is in effective a "quantum" jump of 1.5 billion people to the technological level whereas the reality is that this transition occurs over time. The combination, however, results in a* ***total increase in the energy consumption rate of 355 QUAD/year*** *by the year 2030 primarily attributed to the increase in the Chinese and Indian middle class.*

Considerando le tecnologie di **GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA** allo stato dell'arte risulta, infatti, che un **ciclo combinato a gas** ha efficienze del 56% (con punte che possono arrivare al 60%) mentre un impianto "ultra super critico" (USC) **a carbone** ha un'efficienza tra il 43% e il 46%. Questo significa che, nelle sole fasi di combustione, l'impianto a carbone emetterà mediamente tra 754 e 807 gCO2/kWh mentre un ciclo combinato a gas ne emetterà meno di 368. Converrà però ricordare come la maggior parte degli impianti a carbone oggi esistenti siano di tipo "sub- critico", quindi con rendimenti che al massimo arrivano al 38% e con conseguenti emissioni di CO2 di oltre 890 g/kWh.

In Europa il gas scaccia il carbone dalle centrali elettriche . Emettere CO2 costa sempre più caro, mentre il prezzo del gas è crollato ai minimi da 15 anni. Risultato: per l'intero 2019 la generazione a carbone è stata svantaggiosa dal punto di vista economico (oltre che ambientale). E ha perso terreno, con una rapidità senza precedenti

La svolta è stato il rally dei diritti per l'emissione di CO2, il cui prezzo è salito stabilmente sopra 20 euro per tonnellata, spingendosi fino a sfiorare 29 € l'estate scorsa. Allo stesso tempo l'eccesso di gas sul mercato, figlio soprattutto dell'enorme aumento della produzione negli Stati Uniti, ne ha fatto crollare le valutazioni: sul principale hub europeo, il Ttf olandese, il prezzo medio è sceso del 40%, a 13,50 €/MWh, il minimo da 15 anni.

Le centrali a gas sono diventate più competitive di quelle a carbone e persino di quelle a lignite durante l'estate, fa notare Greg Molnár, analista dell'Agenzia internazionale per l'energia (Aie). Risultato: nel Vecchio continente per la prima volta dal 2009 c'è stato un significativo passaggio da una fonte all'altra.

Si stima che la generazione a carbone l'anno scorso sia diminuita del 24%, mentre quella a gas sia aumentata dell'11%: uno switch da 65 Terawattora, che equivale a un taglio della CO2 di ben 42 milioni di tonnellate, pari a quasi la metà delle emissioni dell'Italia. La tendenza dovrebbe proseguire. Wood Mackenzie prevede che quest'anno il prezzo medio del gas al Ttf scivolerà ancora più in basso, a 11,65 €/MWh, sull'onda di un ulteriore aumento dell'offerta di Gnl: la capacità produttiva globale, secondo la società di consulenza, salirà del 7%, ossia di 26 milioni di tonnellate l'anno, di cui l'80% negli Usa e il resto in Australia. Gran parte del gas americano continuerà a riversarsi in Europa, dove gli stoccaggi sono a livelli storicamente elevati: un ulteriore elemento di pressione sui prezzi.

Il trionfo del gas sul carbone è un fenomeno ancora più evidente negli Stati Uniti, patria dello shale gas, così abbondante da registrare prezzi negativi in alcune aree del Paese. Nel 2019 lo switch negli Usa è stato di 75 TWh, afferma Molnár dell'Aie. Ed è proprio per questo, oltre che per la crescente penetrazione delle rinnovabili, che Washington può vantare una riduzione delle emissioni di CO2 (-2,1% nel 2019, secondo l'Eia)

" Economia dell'Energia e dell'Ambiente."

a.a. 2019-20

Lezione 3 – A:

A. La filiera del Carbone

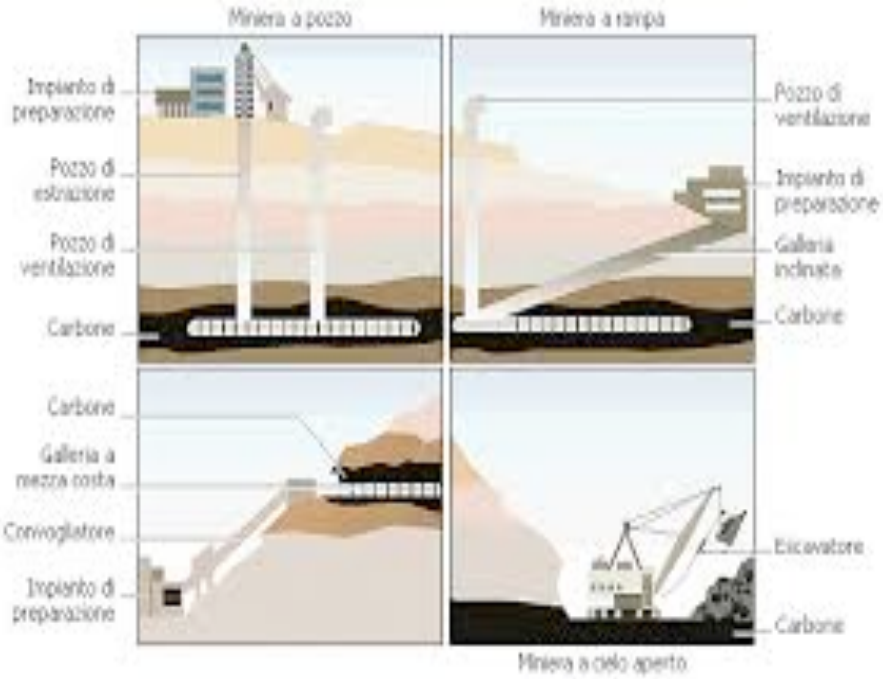
Roberto.Fazioli@unife.it

Dipartimento di Economia e Management,

Università di Ferrara

Il carbone, il petrolio e il gas naturale hanno una diversa origine oltre che un aspetto differente. Infatti, mentre il petrolio e il gas naturale si sono formati dai resti di microscopici organismi acquatici (plancton, molluschi, coralli, ecc.), sedimentati sul fondo di antichi mari, il carbone è costituito dai **resti di piante del passato** le cui strutture e forme, sebbene modificate, sono ancora riconoscibili al microscopio. Il carbonio rimane il principale componente del carbone dopo che gli altri componenti fondamentali della materia vivente originaria (idrogeno, ossigeno e azoto) sono progressivamente venuti meno durante i processi chimico-fisici che l'hanno trasformata. La combustione del carbone libera, dunque, l'energia del Sole immagazzinata dalle piante con la fotosintesi milioni di anni fa: per questo, è un prezioso contenitore di energia solare "fossile". Gli ambienti favorevoli alla formazione del carbone sono le vaste pianure costiere, lagunari o paludose, dove il clima caldo-umido ha sviluppato in passato un'abbondante vegetazione. Il lento sprofondamento del suolo fa sì che i resti vegetali vengano rapidamente sepolti da sabbie e argille portate dai fiumi. In profondità, in assenza di ossigeno, la materia vegetale schiacciata dal peso dei sedimenti e per effetto del calore e della pressione, subisce un processo di compattazione e lenta trasformazione in materiali sempre più poveri di acqua e ricchi in carbonio. Si forma prima la **torba**, un accumulo di resti vegetali parzialmente decomposti e impregnati d'acqua, poi la **lignite**, un carbone marrone e tenero che contiene il 70% di carbonio, quindi, il **litantrace**, il carbone più comunemente utilizzato per la produzione di energia elettrica, e, infine, l'**antracite**, una roccia nera, lucida e compatta, che ha il più alto tenore di carbonio (dal 93% al 98%). E' il carbone migliore (con un alto potere calorifico) e meno inquinante, ma viene utilizzato poco perché è difficilmente reperibile e, quindi, molto costoso. La formazione di giacimenti di carbone richiede fino a centinaia di milioni di anni, a seconda del tipo di prodotto finale. Il 95% dei giacimenti di carbone si trova nell'emisfero settentrionale (quasi il 60% è ripartito tra Cina, USA ed ex URSS). In Europa, la fascia dei grandi giacimenti è localizzata nei Paesi centro- settentrionali: Gran Bretagna, Francia settentrionale, Belgio, Olanda, Germania, Polonia e Russia. L'Italia possiede solo piccole quantità di "carboni poveri" (**lignite**). Questa disomogeneità nella distribuzione, dipende dal fatto che la formazione di grossi accumuli di resti vegetali, richiede terre emerse e climi adatti. Le terre dell'attuale Europa centrale, già nell'era Paleozoica, (da 530 a 245 milioni di anni fa) venivano saltuariamente invase da mari poco profondi: condizioni favorevoli allo sviluppo di abbondante vegetazione e alla sua lenta trasformazione in carbone. Le attuali regioni dell'Europa meridionale, invece, sono di età Mesozoica (da 245 a 65 milioni di anni fa) o più recenti, e si sono formate in mare aperto lontano dalla costa: ecco perchè ospitano solo pochi giacimenti di scarso rilievo.

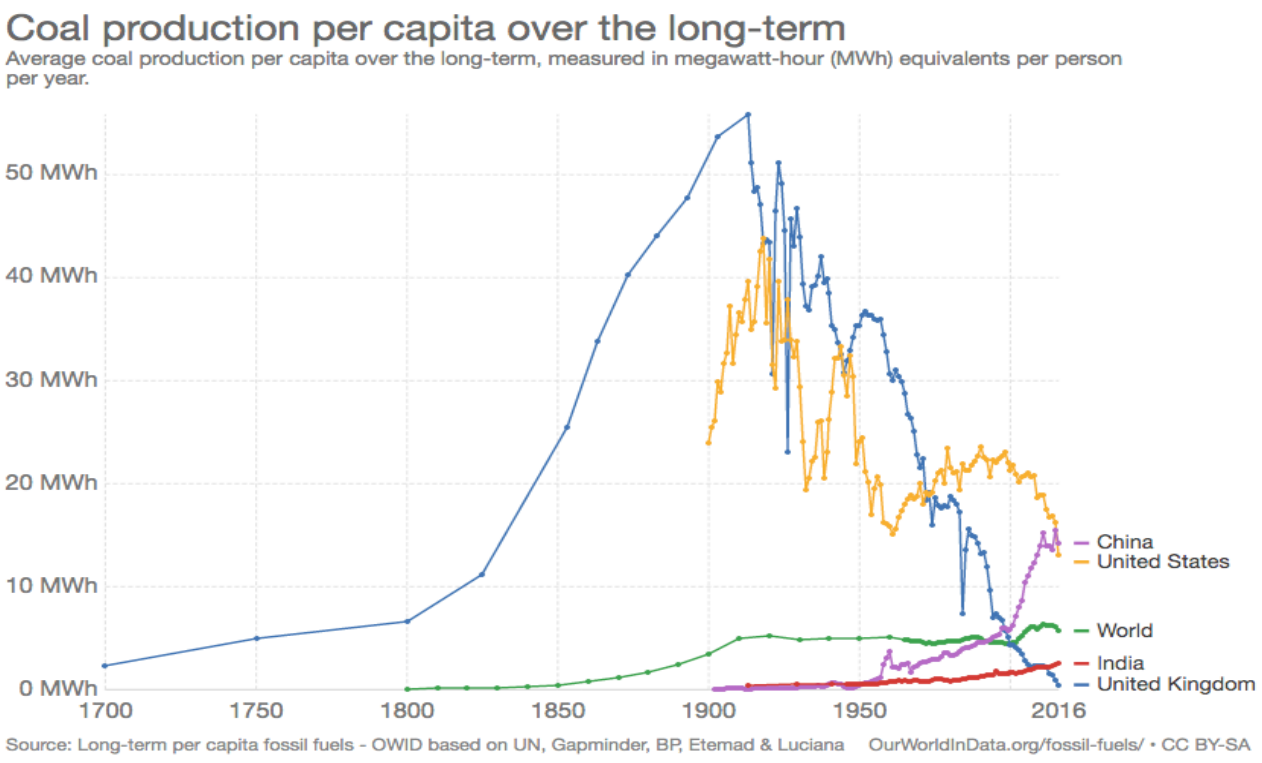
Il carbone è un combustibile fossile così come il petrolio e il gas naturale. A differenza di questi ultimi, il carbone è un combustibile solido, e, tra i combustibili solidi, è il più utilizzato al mondo nella produzione di energia elettrica.



Il carbone ha dominato lo scenario energetico mondiale da secoli

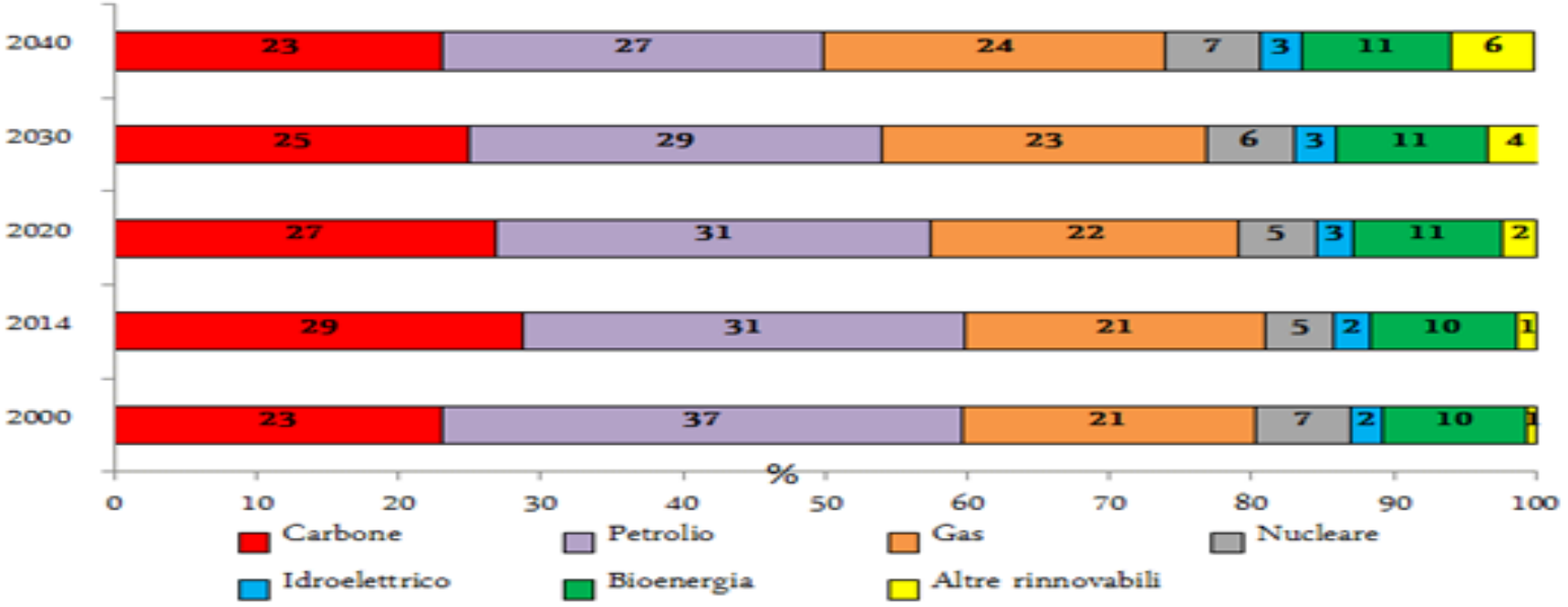
L'era del carbone inizia verso la metà del 1600, in seguito all'esigenza di trovare una fonte di energia alternativa al legno. Fino ad allora, infatti, il legno era la fonte di energia più utilizzata, nonché un buon materiale da costruzione, ma l'eccessivo sfruttamento dei boschi portò in molti paesi europei alla progressiva distruzione delle foreste e il legno cominciò a scarseggiare. Il carbone fossile sembrò, dunque, l'alternativa più valida a disposizione. Infatti, esso era presente nel sottosuolo di molti paesi del centro Europa e si prestava molto bene come fonte di energia per le prime macchine a vapore. In pochi decenni la richiesta di carbone aumentò in maniera esponenziale per alimentare un'industria europea sempre più fiorente. In particolare, l'Inghilterra, grazie ai suoi grandi giacimenti, si arricchì e consolidò la sua posizione di supremazia tecnologica e industriale. A partire dal 1750, proprio in Inghilterra prende il via la Rivoluzione industriale, che sconvolge radicalmente il sistema economico e sociale. Successivamente essa si propagherà anche negli altri paesi europei, fino a raggiungere gli Stati Uniti d'America. L'entusiasmo per la risorsa "carbone", portò ad uno sfruttamento sempre più intensivo dei giacimenti soprattutto in Inghilterra, Russia, Germania e Francia. In questo periodo, infatti, la produzione mondiale di carbone passò da poco più di 10 milioni di tonnellate nel 1700, a circa 70 milioni di tonnellate nel 1850, a 800 milioni di tonnellate nel 1900.

Fino al 1960 il carbone è stata la risorsa di energia fossile più utilizzata, subendo poi la concorrenza del petrolio, più facile da estrarre e trasportare. Dal diciottesimo secolo fino al 1970 e nel 2012 ha coperto il 29% del totale dei consumi primari di energia (*Fonte: International Energy Agency (IEA) – Key World Energy Statistics 2014*). Negli anni compresi tra il 2003 e il 2006 la sua domanda è cresciuta di quasi il 67%: la Cina ha contribuito per il 73% e se consideriamo anche l'India, la percentuale sale al 82%. E' la Cina è il primo produttore e consumatore al mondo: nel 2013 il consumo di carbone da parte di questo Paese è stato di 1925 milioni di TEP con una produzione di 1840 milioni di TEP all'anno (*Fonte dei dati: BP Statistical Review of World Energy 2014*).

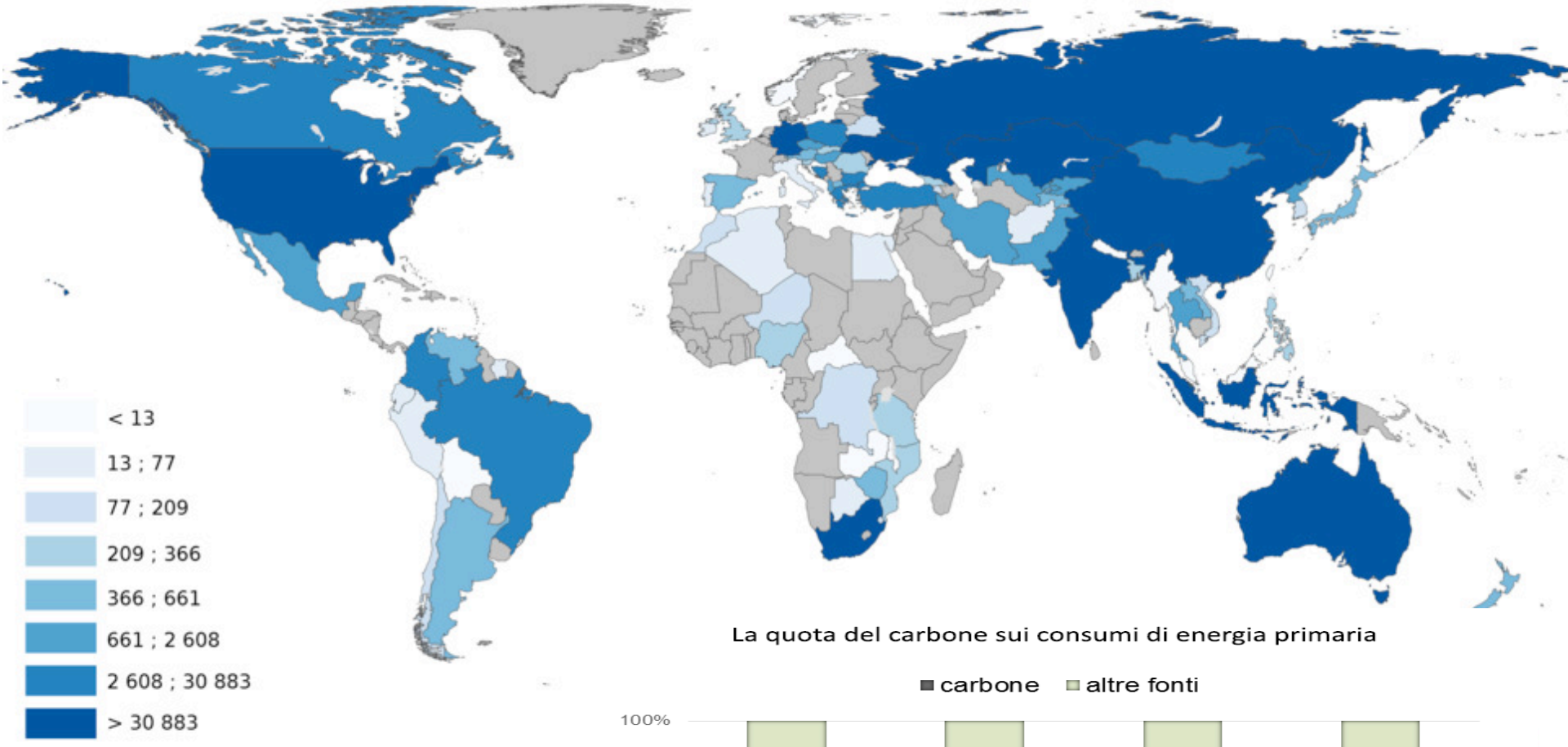


Il carbone continua a rappresentare una Fonte Primaria di Energia d'importanza rilevante, pur a fronte d'un persistente problema d'impatto ambientale (il più rilevante nell'insieme degli idrocarburi). A livello mondiale il carbone, nel 2016, mantiene un ruolo determinante nella produzione di energia elettrica, con una quota del 40%, seguito da gas e nucleare con, rispettivamente, il 17% e il 20% (Fonte: *AssoCarboni* – stime). La quota di energia elettrica prodotta con il carbone nei Paesi dell'Europa (UE) si attesta al 26%, stessa quota detenuta dal nucleare, mentre le rinnovabili detengono una quota intorno al 30 % e il gas al 15%. Il commercio internazionale di carbone via mare si mantiene stabile nel 2016, rispetto al 2015, dopo 10 anni di crescita al 5% annuo. In particolare il carbone da vapore (*steam coal*) passa dalle 886 milioni di tonnellate scambiate nel 2015 alle 883 milioni di tonnellate nel 2016 riflettendo un declino delle importazioni di carbone in Europa, in particolare nel Regno Unito, bilanciato da un aumento delle importazioni dei Paesi del Sud-Est asiatico.

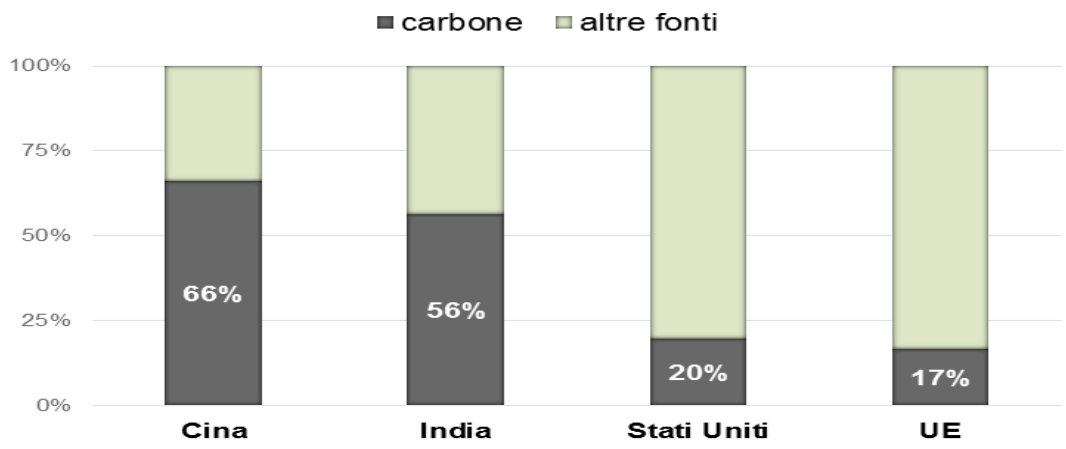
Il carbone è una fonte d'energia ampiamente utilizzata ed è la maggiore fonte combustibile per la generazione di energia elettrica. Molti Paesi dipendono fortemente dall'energia prodotta usando il carbone: nel 2013 la Cina ha consumato 1925 milioni di TEP, gli USA 456 milioni di TEP e l'India 324 milioni di TEP (Fonte: *BP Statistical Review of World Energy 2014*). Negli impianti di produzione di energia elettrica, il carbone viene bruciato per riscaldare l'acqua fino a trasformarla in vapore che, messo sotto pressione, fa girare una turbina collegata ad un generatore. L'energia meccanica della rotazione viene così trasformata in corrente elettrica. Circa il 39% dell'elettricità prodotta nel mondo si deve al carbone. Il settore siderurgico utilizza il **coke**: un combustibile solido e compatto prodotto riscaldando il carbone ad alta temperatura. Il coke è la materia prima per la produzione dell'acciaio. In altri processi industriali si usano i **gas di carbone** per produrre fertilizzanti, solventi, prodotti farmaceutici, pesticidi, ecc. Anche il **catrame** si ottiene dal carbone per distillazione. Il naturale disgusto per il suo colore e odore non impedirono ai chimici del Settecento di scoprirne le virtù: il legno spalmato con catrame diventava, infatti, impermeabile all'acqua e inattaccabile da parte dei microbi. Inoltre nei Paesi in via di sviluppo l'uso del carbone è ancora importante per gli utilizzi domestici: riscaldamento e cottura dei cibi.



Carbone - Riserve (Milione - Tonnellata)



La quota del carbone sui consumi di energia primaria

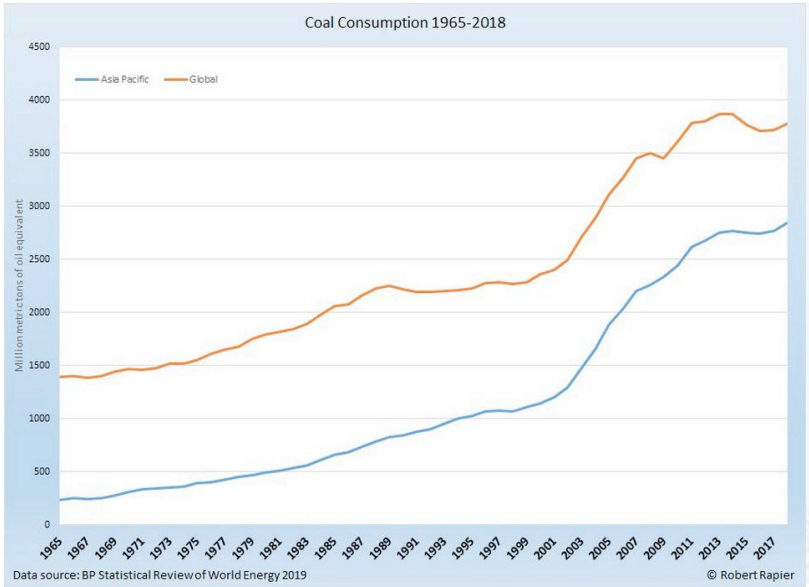


2014 - Fonte: elaborazione su dati BP(2015).

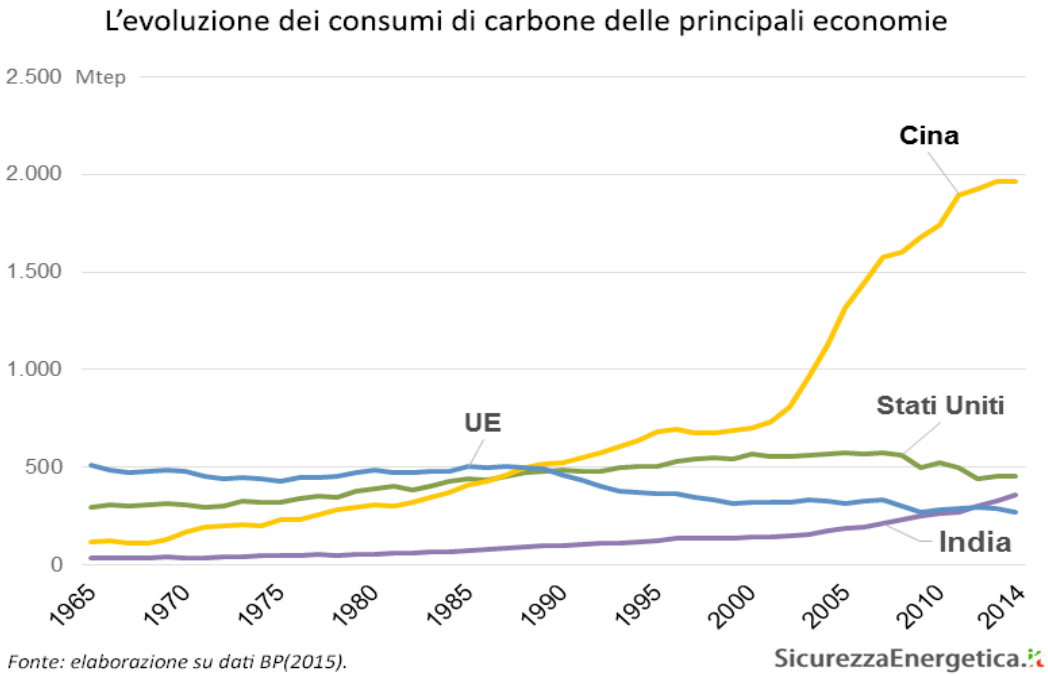
Vediamo come nel presente decennio la Cina continui ad essere il principale produttore mondiale con 1.685,7 Mtep (46,1% dello share), seguito dagli Stati Uniti con 364,8 Mtep (10% dello share), dall‟Australia con 299,3 Mtep (8,2%), dall‟India con 288,5 Mtep (7,9%), dall‟Indonesia con 255,7 Mtep (7%), dalla Federazione Russa con 192,8 Mtep (5,3%), dal Sud Africa con 142,4 Mtep (3,9%), dalla Colombia con 62,5 Mtep (1,7%), dalla Polonia con 52,3 Mtep (1,4%) e dal Kazakhstan con 44,1 Mtep (2,2%). Vediamo anche come il 76,9% della produzione sia in paesi non OCSE.

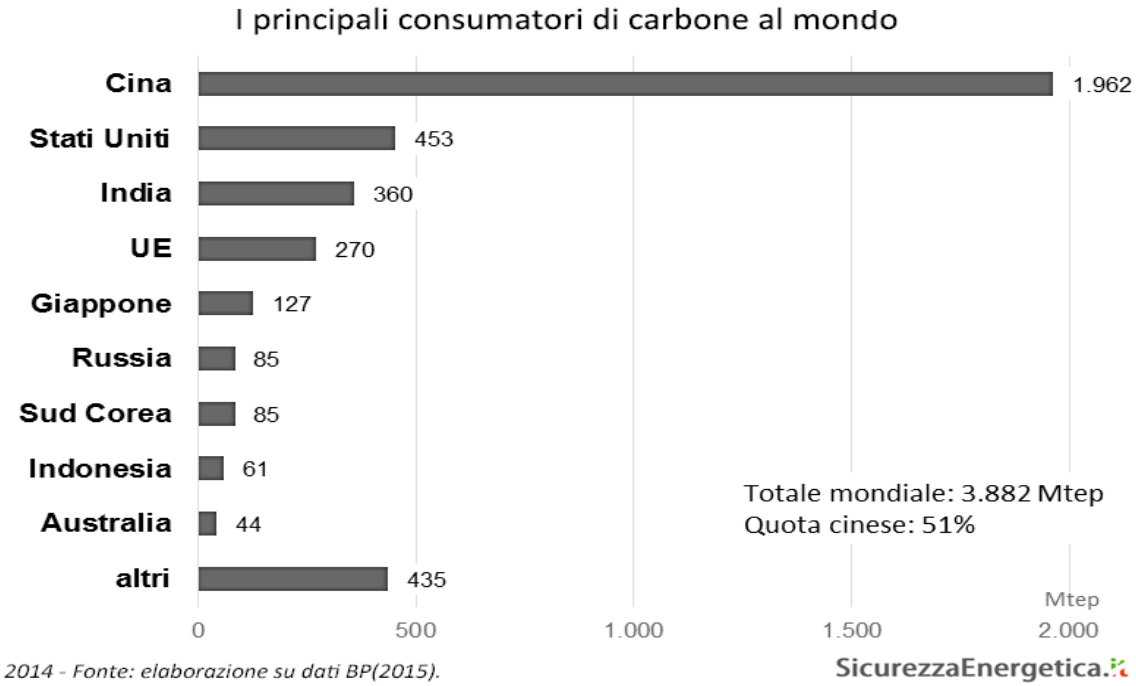
Incrociando i dati dei produttori con quelli dei consumatori emerge chiaramente come non siano poi molti i paesi in grado di esportare carbone: i due più grandi produttori, Cina e USA, sono anche il primo e il terzo consumatore mondiale. La Cina da alcuni anni non riesce più a coprire i propri fabbisogni interni ed è divenuto uno dei massimi importatore di carbone. Anche un altro grande paese emergente come l‟India, da diversi anni fortissimo importatore, nel 2015 si è collocato al primo posto superando la Cina 33, a dimostrazione di un forte deficit energetico. Nel 2016 la Cina è tornata al primo posto a livello mondiale avendo fortemente incrementato le sue importazioni rispetto all’anno precedente. Allo stesso tempo l’india ha leggermente ridotto le sue importazioni, rimanendo comunque il secondo importatore a livello mondiale

Consumo di Carbone nel Mondo



Nella prima decade di questo secolo, a livello globale, oltre l'80% dell'aumento della domanda di carbone è venuto dalla Cina, la cui quota sulla domanda mondiale è passata dal 27% del 2000 al 47% del 2010. La Cina, in pochissimi anni, ha raddoppiato il consumo di tale fonte, arrivando a impiegare oltre tre volte la quantità di carbone consumata negli Stati Uniti, che nel 2010 era il secondo consumatore a livello mondiale con uno share di circa il 15%. Secondo i più recenti dati tratti dall"ultimo Statistical Review della BP 17, nel 2016 lo share USA è stato del 9,6% del consumo mondiale (corrispondente a 358,4 Mtep) mentre quello della Cina è del 50,6% (corrispondente a circa 1.887,6 Mtep), quindi quasi 5,3 volte quello statunitense.

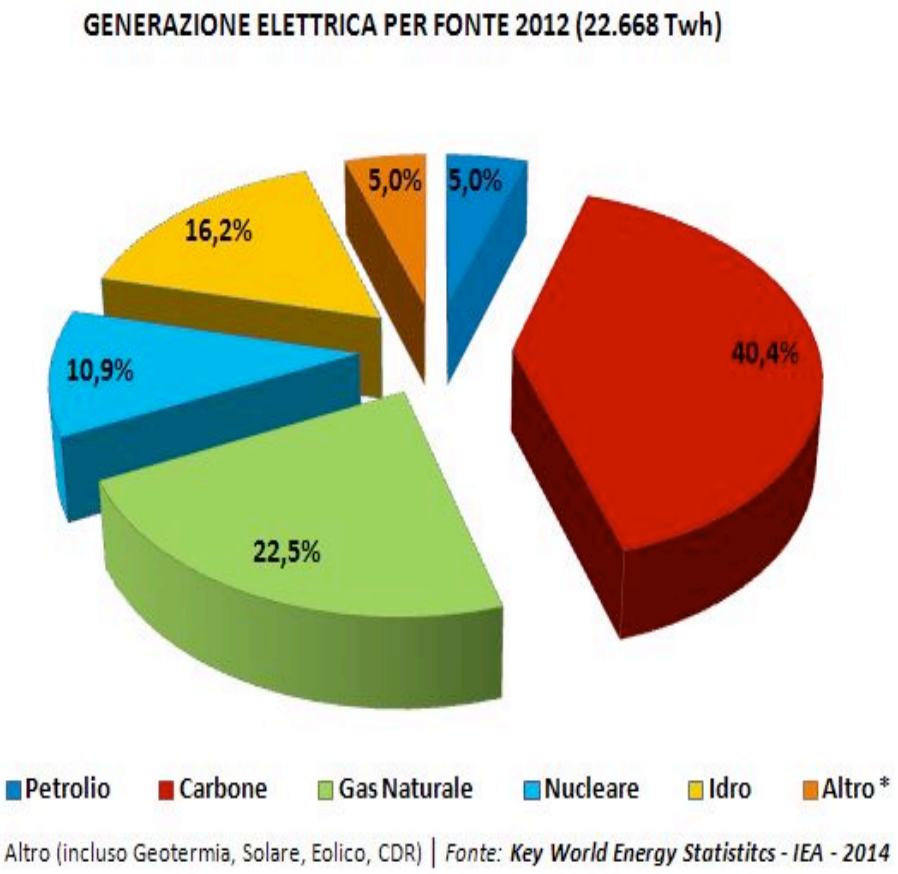




Nel 2016 i principali paesi consumatori sono stati la Cina con 1.887,6 Mtep (50,6% dello share mondiale), l"India con 411,9 Mtep (11%), gli Stati Uniti con 358,4 Mtep (9,6%), il Giappone con 119,9 Mtep (3,2%), la Federazione Russa con 87,3 Mtep (2,3%), il Sud Africa con 85,1 Mtep (2,3%), la Corea del Sud con 81,6 Mtep (2,2%), la Germania con 75,3 Mtep (2,0%), l"Indonesia con 62,7 Mtep (1,7%) e la Polonia con 48,8 Mtep (1,3%).

L'elevata competitività del carbone nella definizione del mix energetico non è data solamente dalla più equilibrata distribuzione della risorsa ma anche dai minor costi di produzione. E' verificato che il costo di generazione da carbone e nucleare è minore del 20% rispetto ai cicli combinati a gas. Secondo l'ultima rilevazione dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas naturale, i **costi variabili per la produzione di energia elettrica** sono :

2,18 centesimi di euro/Kwh da carbone;
5,51 centesimi di euro/Kwh da olio combustibile;
6,34 centesimi di euro/Kwh da gas naturale.



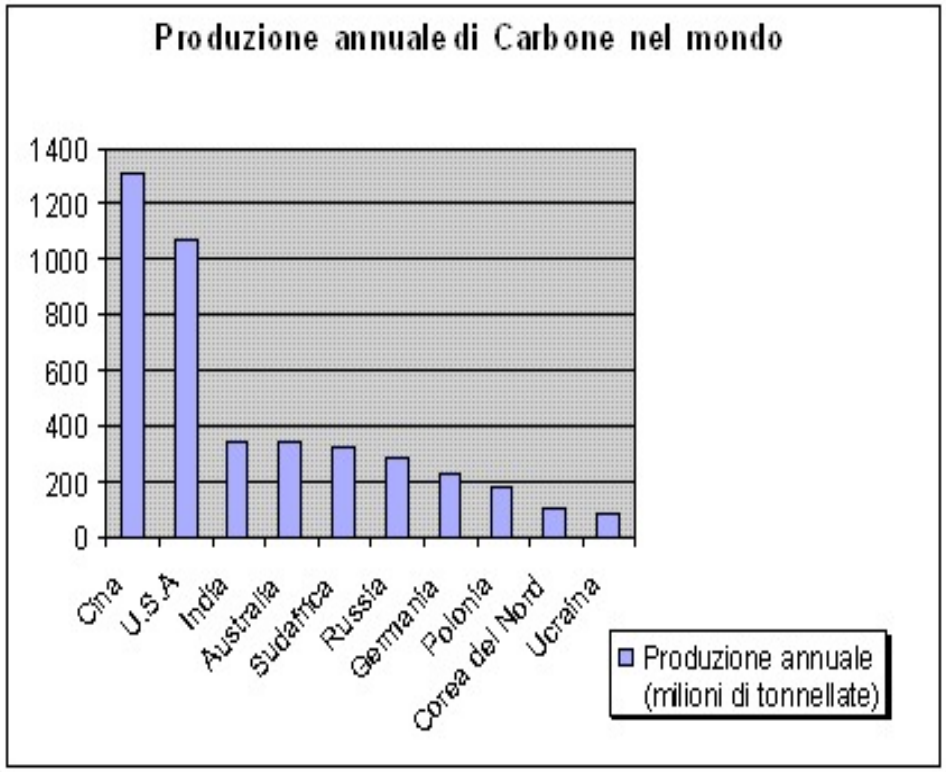
La **produzione di energia elettrica da carbone**, pur essendo oggi la più competitiva in Italia, è anche più "**labour intensive**" con un **rapporto occupazionale di quasi 3 a 1** di una centrale a carbone rispetto ad una a ciclo combinato a gas naturale.
Tipo di centrale Potenza installata Consistenza personale Carbone 4 sezioni da 300MW 487 addetti; 0,37 addetti per MW Olio combustibile 4 sezioni da 320MW 311 addetti; 0,24 addetti per MW Gas naturale CC 2 sezioni da 345MW 100 addetti; 0,14 addetti per MW.

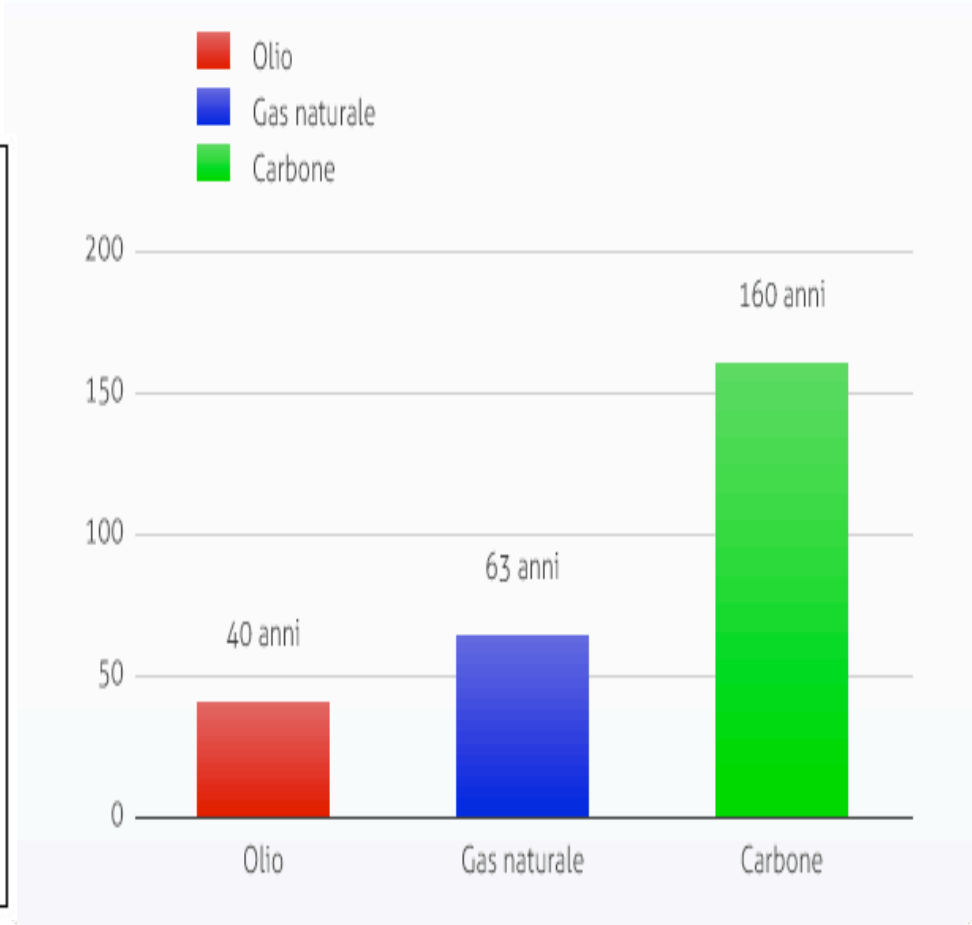
Il percorso dell'energia in una centrale a carbone comincia dalla zona del **generatore di vapore** dove sono ubicati i bruciatori predisposti per la combustione dell'olio combustibile del carbone. Il generatore di vapore è essenzialmente composto da una fornace in cui vengono immessi aria e combustibile che, bruciando, scaldano e vaporizzano l'acqua che scorre nei tubi e nelle serpentine che formano il generatore stesso. Negli impianti moderni il carbone viene prima macinato in polvere finissima aumentando la velocità di combustione e poi insufflato nella camera di combustione del forno, dove viene bruciato a circa 1400 gradi centigradi. L'elevata temperatura dei gas di combustione determina la trasformazione in vapore dell'acqua contenuta nei tubi della caldaia. Il vapore, attraverso grosse tubazioni, raggiunge la **turbina** e la fa ruotare a 3000 giri al minuto. La turbina è una macchina che converte in energia meccanica l'energia cinetica di un fluido (liquido o gas) in movimento. Nel caso delle centrali a carbone il fluido in questione è vapore surriscaldato. L'elemento essenziale della turbina è il **rotore** costituito da una ruota con "palette". L'energia meccanica acquisita dal rotore viene poi trasmessa, tramite un asse, ad un generatore elettrico che prende il nome di **alternatore**. L'alternatore collegato alla turbina produce energia elettrica. I fumi, rilasciato il loro calore nel generatore di vapore, vengono inviati al camino dopo essere passati attraverso i denitrificatori, i captatori polveri e i desolforatori per l'abbattimento rispettivamente degli ossidi di azoto, di polveri e del biossido di zolfo. Il vapore, dopo aver ceduto gran parte della sua energia alla turbina, viene convogliato al condensatore dove, senza mai venire a contatto, trasferisce il suo calore residuo all'acqua di mare prelevata con idonee pompe. Questo vapore si trasforma così in acqua che viene ricondotta con pompe al generatore di vapore per ripetere il ciclo. L'energia prodotta dall'alternatore viene innalzata di tensione a 380 chilovolt per essere immessa nella rete elettrica.

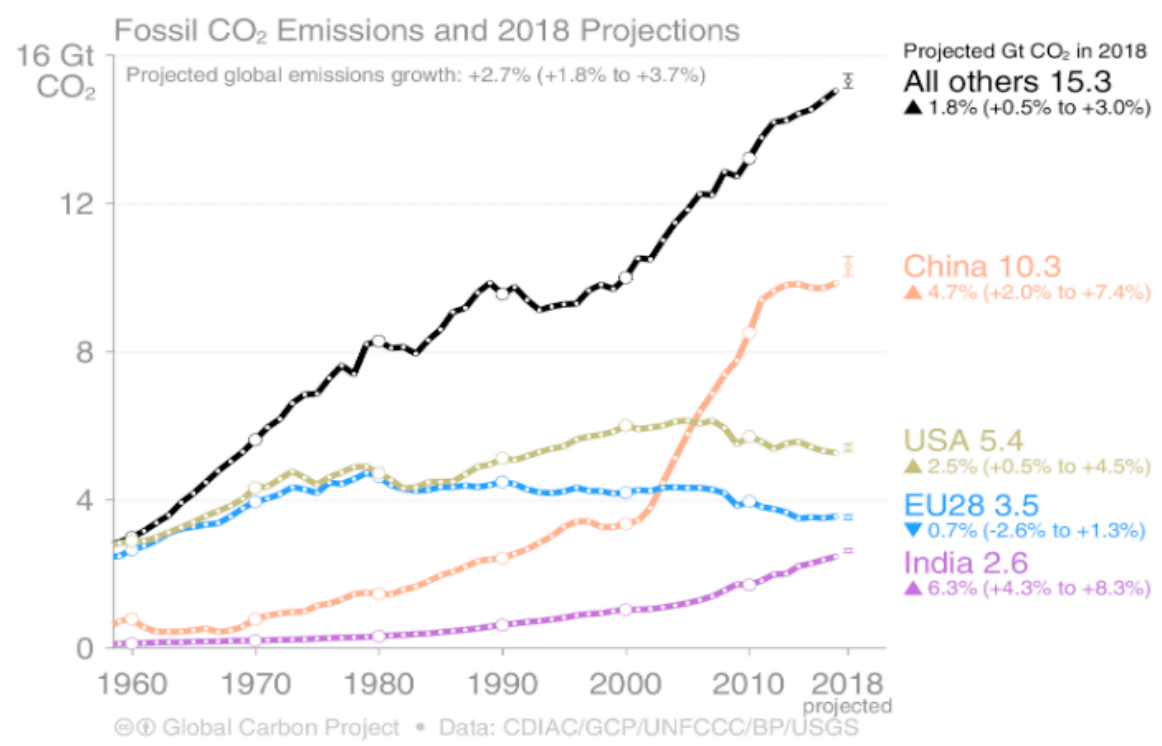
Sicurezza negli approvvigionamenti.

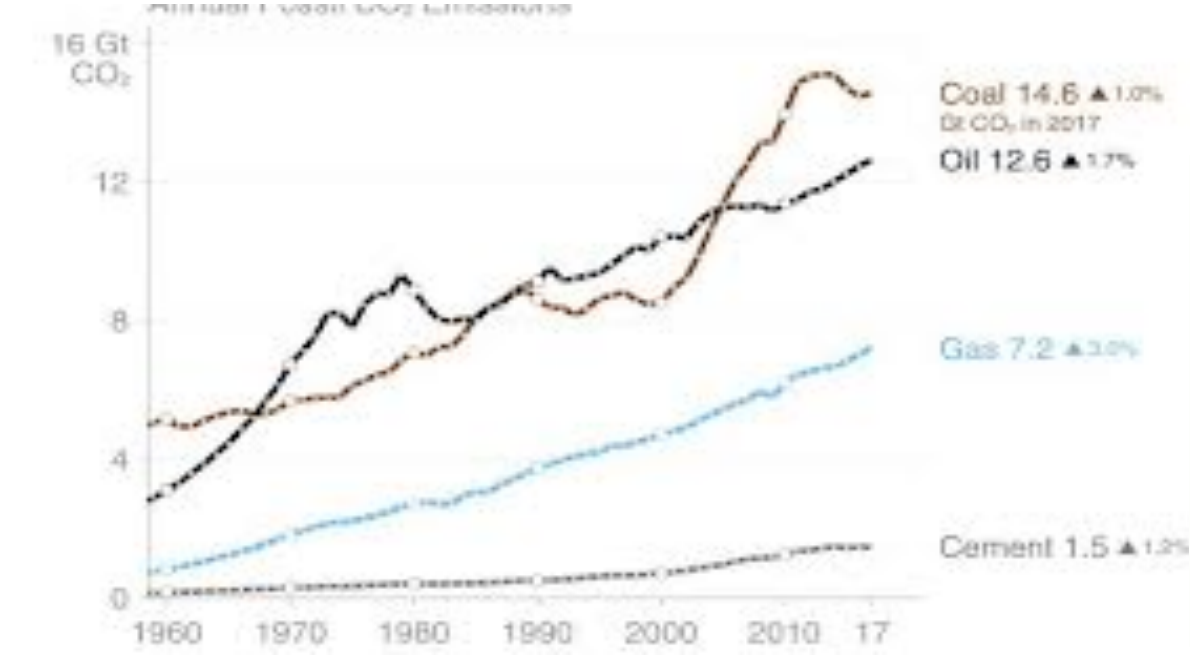
Le riserve mondiali di carbone sono geograficamente distribuite in più di 100 paesi e i depositi sono presenti in aree differenziate tra loro anche sotto l'aspetto della stabilità politica interna.

L'importanza del carbone è però ancora rilevante come combustibile alternativo al petrolio. Le dimensioni delle sue riserve provate nel 2013 (ovvero le riserve attualmente conosciute e sfruttabili con profitto) a livello mondiale sono, infatti, notevoli: circa 891 miliardi di tonnellate di carbone rispetto ai 238 miliardi di tonnellate di petrolio. Al ritmo attuale di consumo, (e in assenza di nuove scoperte o della messa in esercizio dei giacimenti attualmente non sfruttati in quanto troppo costosi) le riserve provate di carbone si stima possano durare per addirittura altri 160 anni (a conoscenze attuali), un tempo più lungo rispetto a quello previsto per gli altri idrocarburi (59 anni per il gas naturale e 52 per il petrolio), ma pur sempre limitato (*Fonte: eni, World Oil & Gas Review 2014; BP Statistical Review of World Energy 2014*).







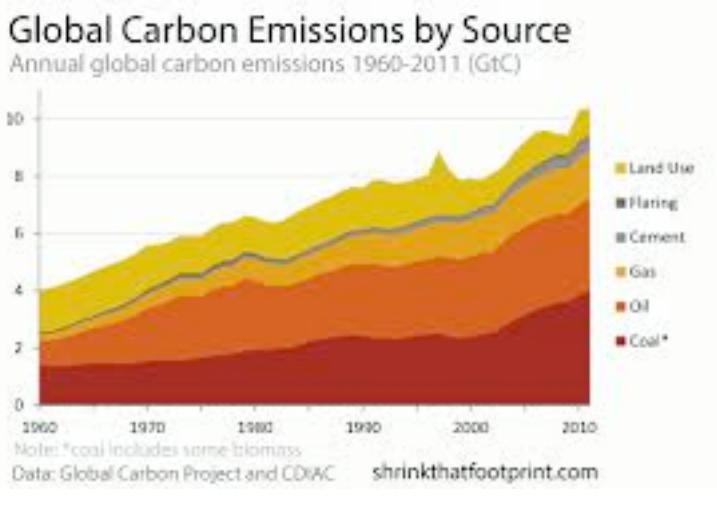


Il carbone oggi rappresenta la principale fonte di emissioni di gas serra (GHG).

A questo proposito, si ricorda che, a parità di energia primaria disponibile, le emissioni di CO2 provenienti dalla combustione del carbone arrivano a essere del 30% superiori a quelle del petrolio e del 70% superiori a quelle del gas naturale.

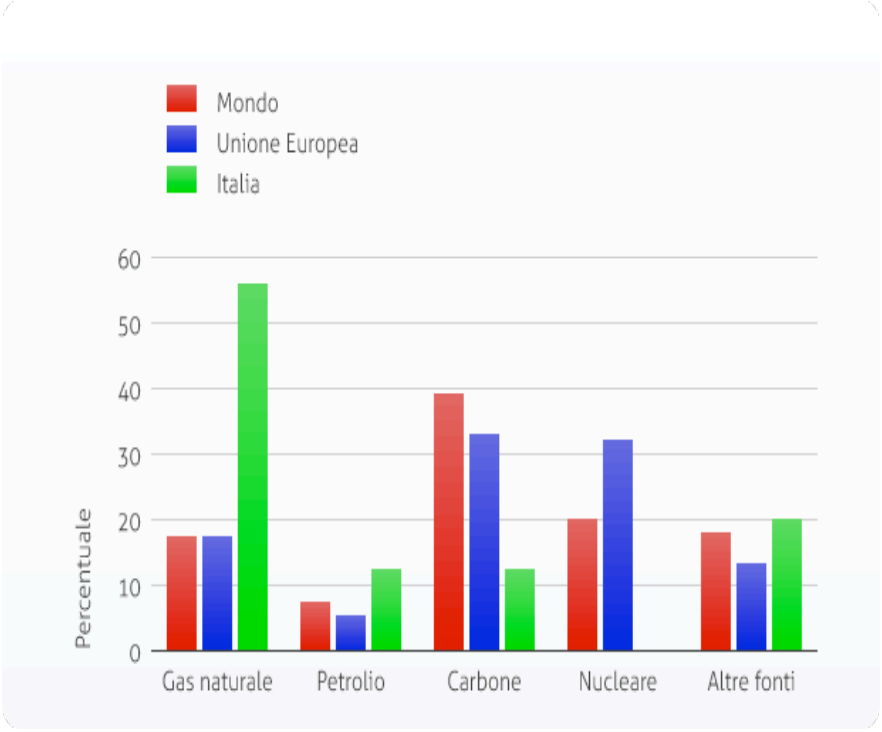
Secondo dati più recenti, elaborati dalla IEA, nel 2015 il contributo derivato dalle emissioni da carbone sia aumentato pesando per il 44,9% di tutte le emissioni da combustione, seguito dal petrolio con il 34,6% e dal gas naturale con il 19,9%.

Venendo poi alle emissioni del settore elettrico e della generazione di calore ha pesato notevolmente l'"incremento della combustione del carbone che dal 1990 al 2015 ha più che raddoppiato le emissioni.



Fattura Energetica italiana e *Phase-Out dal Carbone*

La "**fattura energetica italiana**" nel 2013 è stata pari a 55,8 miliardi di euro, con una flessione del 14% rispetto all'anno precedente. Tale risultato è stato determinato sia dal calo dei consumi, sia dal raffreddamento delle quotazioni internazionali in dollari di gas e petrolio, nonché dal rafforzamento dell'euro rispetto al dollaro, ma si mantiene su un valore sensibilmente più elevato rispetto agli altri Paesi industrializzati: corrisponde al 3.6% del PIL, contro un valore medio negli anni novanta dell'1.5%.



La netta flessione dei prezzi del petrolio nei primi mesi del 2009, e la crisi economica hanno contribuito ad alleggerire un po' la bolletta energetica degli italiani, che tuttavia rimane ancora troppo elevata rispetto al PIL, con un peso del 2,7%, valore molto più elevato rispetto agli altri paesi europei. Attualmente in Italia sono in funzione 9 **centrali a carbone**, assai diverse per potenza installata, tecnologia impiegata e livello di operatività. Questi impianti nel 2015hanno contribuendo a soddisfare il13,2% del consumo interno lordo di energia elettrica con circa 43.201GWh. A fronte di questi dati, tutto sommato abbastanza modesti, nel 2015gli impianti a carbone hanno prodotto quasi 39milioni di tonnellate di CO2corrispondenti a ben oltre il 41% di tutte le emissioni del sistema elettrico nazionale. Il carbone usato da questi impianti è sostanzialmente tutto d'importazione, dal momento che il nostro Paese non dispone di risorse carbonifere adeguate allo sfruttamento, sia in termini quantitativi sia qualitativi. Ad esempio il pochissimo carbone presente nel Sulcis (in Sardegna) ha un tenore troppo alto di zolfo (circa il 6%, vale a dire dieci volte quello del carbone d'importazione) fattore che ne comportava la necessità di miscelazione con altissime percentuali di altri tipi di carbone a più basso tenore di zolfo, tutto questo si traduceva anche in una bassissimo valore economico del carbone sardo, un insieme di fattori che ne hanno portato al progressivo, seppur tardivo, abbandono. Il nostro paese a novembre 2017 ha adottato la nuova Strategia Energetica Nazionale (SEN) in cui per la prima volta è stata fissata la data di uscita dal carbone individuata nel 2025. Il ***phase out entro il 2025.***

La "**fattura energetica italiana**"

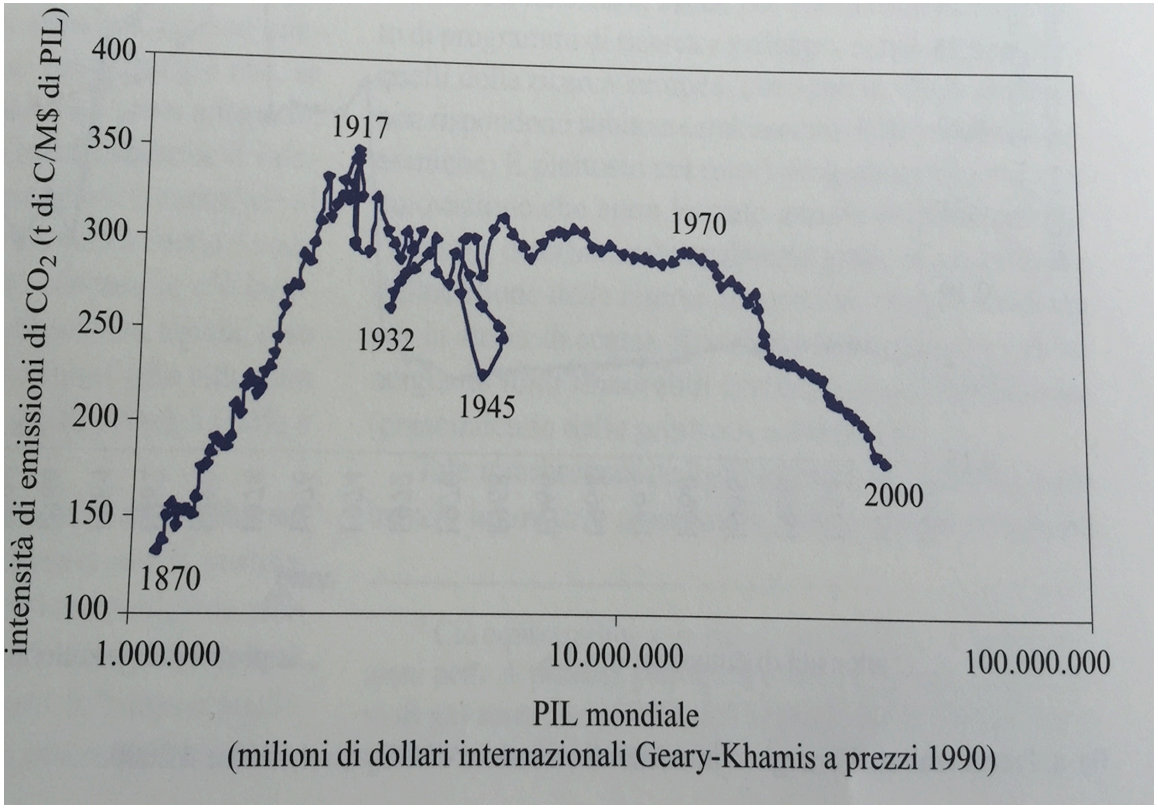
(milioni di Euro)	1990	2000	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Combustibili solidi	731	1.009	2.927	1.782	2.270	2.936	2.775	1.812	
Gas naturale	1.859	7.834	22.253	17.096	18.998	21.116	24.189	20.093	
Petrolio	8.561	18.653	32.475	20.507	28.433	34.549	33.908	30.509	
Altri	867	1.524	1.948	2.458	2.409	2.735	2.389	2.047	
Biocarburanti		67	463	737	1.128	1.588	1.616	1.362	
Totale fattura energetica									
milioni di Euro nominali	12.018	29.0206	60.066	42.580	53.238	62.924	64.877	55.823	
milioni di Euro reali 2013	22.619	34.983	65.832	46.327	57.018	65.630	65.656	55.823	
% fattura vs. PIL	1,7	2,4	3,8	2,8		3,4	4,0	4,1	3,6

L'importanza storica del Carbone non ne cancella, tuttavia, **i problemi d'oggi legati all'inquinamento dell'atmosfera**, né – all'opposto - il fatto che **contribuisca al bilancio energetico mondiale per una percentuale prossima al 30%** e che le previsioni di consenso, come quella dell'Agenzia di Parigi nel suo scenario di riferimento denominato "*New Policies*", la vedano all'orizzonte del **2040** solo in parziale riduzione: al **23%.** In alcuni settori produttivi il carbone è ancora una risorsa energetica importante. Attualmente, infatti, il 39% dell'energia elettrica mondiale è prodotta bruciando questo combustibile. Il carbone, inoltre, ricopre un ruolo fondamentale nella produzione dell'acciaio. D'altra parte, le sue riserve sono ancora tali da non porre problemi d'esaurimento per i prossimi anni. Peraltro, l'utilizzo del carbone, così decisivo in passato per lo sviluppo industriale e il benessere delle nazioni europee, viene oggi messo in discussione a causa dell'alto livello d'inquinamento derivante dal suo utilizzo come combustibile. La combustione del carbone genera, infatti, elevate quantità di anidride carbonica (CO2), più di quanta ne producono petrolio e gas naturale. L'anidride carbonica è il gas maggiormente responsabile dell'effetto serra, cioè dell'innalzamento della temperatura della superficie terrestre. Tutti i combustibili fossili producono gas serra e il carbone contribuisce per poco meno del 20% all'aumento dell'effetto serra.

Altri gas inquinanti generati dalla combustione del carbone sono gli ossidi di azoto (NOX) e gli ossidi di zolfo (SOX) che, combinandosi nell'atmosfera con il vapore acqueo, si trasformano in acido nitrico e solforico acidificando le piogge e danneggiando la vegetazione e le acque superficiali. *(Link piogge acide – inquinamento dell'aria)* Attualmente il 100% delle ceneri e dei gessi prodotti da carbone viene riciclato. Essi, infatti, trovano un facile riutilizzo nell'ambito della produzione del calcestruzzo, di cemento, della pavimentazione stradale e nella produzione di manufatti da impiegare nelle costruzioni.

Il **carbone** è percepito, non senza ragioni, letteralmente come la "bestia nera" anche dell'attuale fase storica dell'energia, dopo essere stato la **prima fonte d'energia commerciale** ed **elemento *fondante* della civiltà industriale e del moderno vivere** consentendo, ad esempio, di mettere i vetri a tutte le case; di innalzare il reddito reale pro-capite; di rivoluzionare, come stupendamente narrato da Carlo Maria Cipolla, "il sistema dei beni impiegati dall'uomo, che per quasi l'ottanta per cento proveniva dal regno animale e vegetale e solo circa il venti per cento dal regno minerale".

Una delle speranze che discende anche dalle indicazioni del ***Rapporto Brundtland***: l'incremento di **<u>efficienza</u>** che deriva dall'innovazione tecnologica.



Le **centrali a carbone di nuova generazione**, peraltro, manifestano un'importante livello di efficienza energetica, con un **rendimento medio del 40% rispetto al 35% della media europea ed al 25% dell'Europa Continentale** e per le centrali a carbone future si prevedono rendimenti superiori al 46%. La modernissima centrale di Torrevaldaliga ha un rendimento del 46%, eguagliata soltanto da un impianto in Danimarca e uno in Giappone.

Gli **investimenti per abbattere le emissioni inquinanti** intervengono su due fronti:

- sulle tecniche e processi innovativi che migliorano le efficienze energetiche prevenendo all'origine la produzione di emissioni inquinanti;
- sui sistemi sempre più sofisticati di trattamento dei fumi, quali i desolforatori, i denitrificatori, i depolverizzatori.

Le conseguenze sono una rapida e significativa riduzione di tutte le emissioni inquinanti:

1. **anidride solforosa** (SO_2): le emissioni sono state **ridotte per oltre il 70%** rispetto a vent'anni fa e sono oggi mediamente intorno ai 100 mg/Nm3 a fronte di un massimo di 200 mg/Nm3 imposto dalle recenti normative;
2. **ossidi di azoto** (NOx): dopo una prima forte riduzione negli anni '90, le emissioni di NOx sono state ulteriormente ridotte raggiungendo un dato medio pari a 100 mg/Nm3 **nettamente inferiore agli obblighi di legge** (il tetto è 200 mg/Nm3);
3. **emissioni delle polveri**: già **ridotte del 63% negli anni '90**, con il 2003 si è registrata un'**ulteriore riduzione del 75%**: le polveri oggi sono intorno ai 15 mg/Nm3 rispetto al limite di 30 mg/Nm3;
4. **ceneri e gessi da carbone: sono attualmente riciclate al 100%**. Esse, infatti, trovano un facile riutilizzo nell'ambito della produzione di calcestruzzo, di cemento, della pavimentazione stradale e nella produzione di manufatti da impiegare nelle costruzioni.

Già dal 2000, le centrali a carbone italiane, con ben 10 anni di anticipo rispetto agli obiettivi fissati dalla Conferenza di Kyoto, **hanno ridotto del 7,6% le emissioni di anidride carbonica (CO_2)**. In vista degli obiettivi del Protocollo di Kyoto, l'**Assocarboni ha commissionato** alla Stazione Sperimentale per i combustibili **uno studio sulle emissioni di CO_2** al fine di analizzare le effettive emissioni **nel corso dell'intero ciclo di vita**. Più in particolare, **lo studio mette a confronto le emissioni di CO_2 di carbone e gas**, non solo nel momento della combustione, ma **anche nelle fasi pre-combustione**.

Il confronto sull'intero ciclo di vita riduce le distanze: **le emissioni complessive di gas serra risulterebbero comprese tra i 510 e 670 grammi di CO_2-equiv./kWh** (420 se il gas fosse prodotto in Italia) **per il gas, tra i 780 e i 910 grammi di CO_2-equiv./kWh per il carbone**.

Per consentire un utilizzo di questa risorsa energetica meno dannoso per l'ambiente, negli ultimi anni sono state perfezionate tecnologie che permettono di ridurre l'impatto ambientale di tutte le fasi del ciclo produttivo del carbone: dall'estrazione, al trattamento, fino alla combustione. Queste tecnologie riducono le emissioni, i rifiuti, e aumentano la quantità di energia ricavabile da ogni tonnellata di carbone. Le tecnologie pulite permettono di ridurre le emissioni di anidride carbonica (CO2) di oltre il 30% per unità di energia elettrica prodotta. Le tecniche di combustione "a letto fluido", ad esempio, consistono nel bruciare il carbone insieme a una miscela di sali che assorbono le ceneri e parte dei gas nocivi. In questo modo, si libera nell'atmosfera una minore quantità di gas inquinanti (ossidi d'azoto (NOX), ossidi di zolfo (SOX), anidride carbonica (CO2)). Risultati simili si possono ottenere con processi di gassificazione sotterranea che comportano l'iniezione nei giacimenti di aria e vapore acqueo fino a provocare la combustione parziale del carbone. In questo modo, arriva in superficie solo una miscela di gas combustibili privi di cenere che viene successivamente immessa nei tradizionali metanodotti. Esistono poi dei sistemi ibridi che combinano le migliori caratteristiche delle tecnologie di gassificazione e combustione, utilizzando il carbone in un processo a due fasi. La prima fase consiste nella gassificazione della maggior parte del carbone, che produce il vapore che viene convogliato a una turbina. La seconda fase consiste nella combustione dei residui del carbone per produrre vapore. Con questa tecnica è possibile raggiungere un'efficienza maggiore del 50%. Inoltre si può applicare a qualsiasi sistema di generazione il co-firing che consiste nel bruciare insieme al carbone le biomasse e i rifiuti. I benefici di questa tecnica possono includere anche la riduzione delle emissioni di CO2, SOX, NOX che si producono dalle centrali tradizionali a carbone. Inoltre in questo modo è possibile ottenere con una grande efficienza energia dalle biomasse e dai rifiuti senza dover costruire nuovi impianti appositi. Dalla gassificazione del carbone si può anche ottenere idrogeno che può essere utilizzato per produrre energia (per esempio nelle celle a combustibile) "a emissioni zero".