

Energia da processi termodinamici

G. Bosia

Dipartimento di Fisica

Università di Torino

Energia utile

Desidero iniziare introducendo il termine di **energia utile** alle attività dell' uomo. Come è noto, l' energia deriva dalla capacità di lavoro di una delle forze fondamentali della fisica che sono:

*la forza gravitazionale,
le forze elettrodinamiche,
le forze nucleari e sub nucleari,*

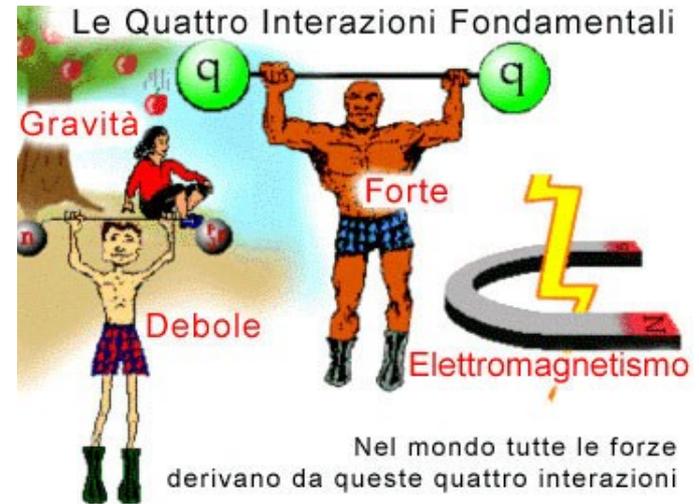
che i fisici cercano da tempo di unificare in un unico modello.

E' anche noto che l' energia si conserva e pertanto il termine **“produzione di energia”** è anche se molto usato, concettualmente

scorretto, (e per semplicità ci adegueremo anche noi, intendendo “produzione di energia utile”). Si deve in realtà parlare di **“trasformazione”** dell' energia associata a forze fondamentali della fisica, in **energia utile**, ossia tale da essere utilizzata dall' uomo per le sue attività industriali e domestiche.

L' energia utile è di diverso tipo (meccanico, termodinamico, elettrico.....) a seconda delle necessità dell' utilizzatore. La sua produzione sfrutta una (o più) forze fondamentali di cui si conoscano le leggi.

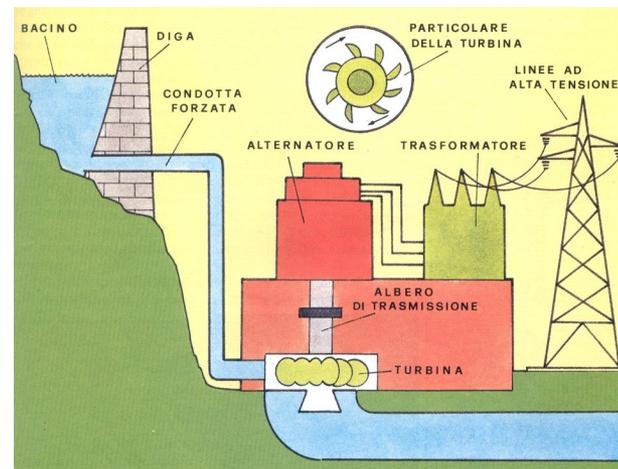
In generale non è possibile utilizzare direttamente la forza fisica fondamentale,



con l'importante eccezione dei sistemi di produzione di **energia idroelettrica**, in cui si utilizza una fortunata combinazione della **forza gravitazionale** terrestre (che provoca la discesa dell' acqua montana) e della **forza elettrodinamica** (l'irraggiamento solare) che risollewa l' acqua nell' atmosfera sotto forma di vapore, con meccanismi di stoccaggio energetico nei ghiacciai e nel mare che permettono la continuità dell' erogazione.

Per lo sfruttamento della forza **elettrodinamica** si utilizzano **trasformazioni chimiche** che sfruttano l' energia elettrostatica immagazzinata nei legami molecolari di **combustibili allo stato solido o liquido**, trasformandoli, mediante una reazione chimica, in materia allo **stato gassoso** aventi legami molecolari di energia inferiore.

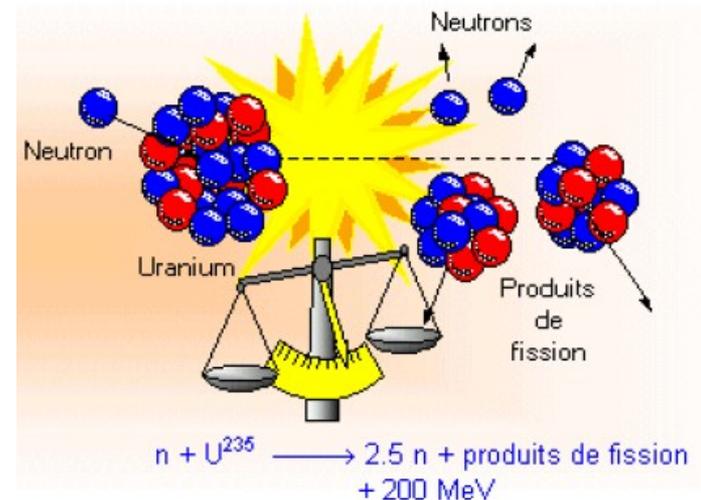
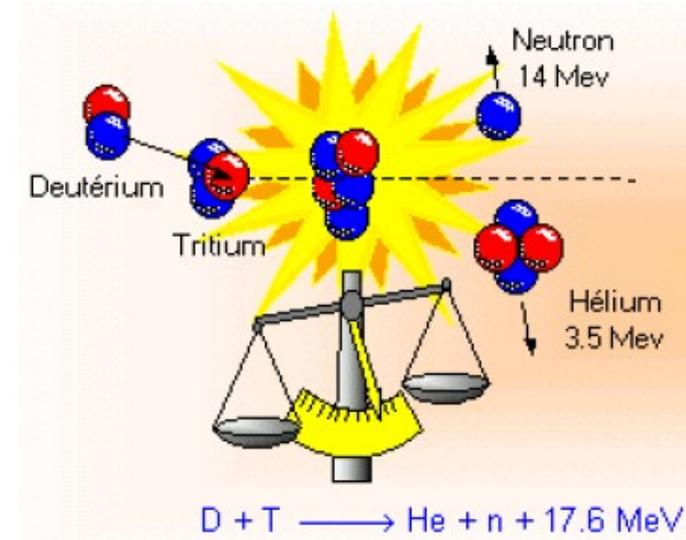
Vengono utilizzati **combustibili fossili di natura biologica** a base di **carbonio** che, combinandosi con l' **ossigeno** dell' atmosfera, producono una reazione eso-energetica (**combustione**), liberando prodotti gassosi ad alta temperatura, che possono essere utilizzati diretta-mente come energia utile (**riscaldamento**) o essere ulteriormente **trasformati in energia meccanica** mediante una **trasformazione termodinamica ciclica** (motori a combustione termica), che può essere utilizzata direttamente o **ulteriormente trasformata in energia elettrica** e distribuita per un uso generalizzato.



Le trasformazioni energetiche a partire dalle **forze nucleari** utilizzano le forze che si esercitano all' interno del nucleo atomico.

Sono noti due processi fisici di trasmutazione eso-energetica: la **fissione** e la **fusione nucleare**. In entrambi i processi avviene che una piccola frazione della massa del combustibile di partenza viene trasformata in energia cinetica ($E = mc^2$) dei prodotti di reazione in uscita (neutroni). Questa viene raccolta rallentando le particelle in materiali assorbitori, sotto forma di **calore** ed utilizzata ancora mediante **un ciclo termico** per produrre **energia meccanica ed elettrica**.

Mentre la fissione coinvolge particelle elettricamente neutre (atomi e neutroni) ed è pertanto un fenomeno spontaneo a temperatura ambiente che utilizza combustibili allo stato solido (U235), il processo di fusione avviene tra **nuclei di alta energia** che si sono separati dai propri orbitali elettronici e sono pertanto sono elettricamente carichi.

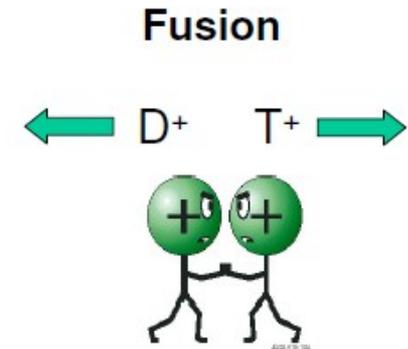


La forza elettrostatica e' in questo caso in conflitto con la forza nucleare e impedisce l'avvicinamento delle particelle a distanza di interazione delle forze nucleari che sono a breve range. In questo caso si assiste ad una competizione sfavorevole tra due forze fondamentali

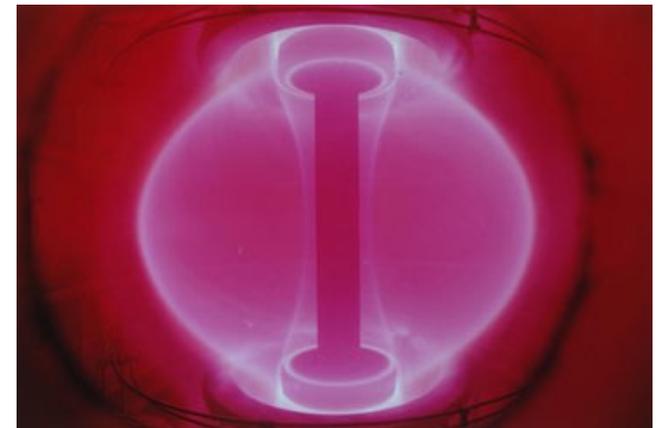
Pertanto la fusione nucleare non avviene spontaneamente a temperatura ambiente e richiede che il combustibile (una miscela di D e T) sia portato artificialmente a una temperatura milioni di gradi Kelvin ($E = k_B T$) (stato di plasma).

In questo stato la barriera di potenziale elettrostatico è facilmente superata, ma non è ovviamente possibile confinare il combustibile in un contenitore meccanico a bassa temperatura. Il confinamento può tuttavia avvenire utilizzando configurazioni di intensi campi magnetici in varie geometrie.

La produzione di energia utile mediante fusione nucleare *controllata* è pertanto **ancora a livello di ricerca** e non disponibile per usi commerciali.



$$1 \text{ eV} = 11.600 \text{ }^\circ\text{K}$$



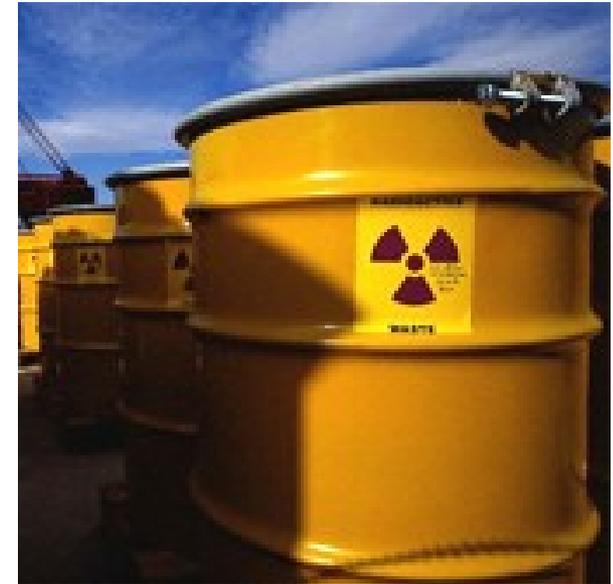
La produzione di energia termica e nucleare richiede la estrazione e in qualche caso la lavorazione di un **materiale combustibile** si riflette nella mobilitazione di massa di materia che in entrambi i casi e' essenzialmente la stessa prima e dopo la trasformazione, anche se aggregata in prodotti (**scorie**) diverse dal combustibile iniziale.

La produzione di scorie è comune a tutti i processi industriali e pone il problema dello smaltimento e possibilmente del loro riutilizzo per altri processi. In entrambi i casi, lo smaltimento delle scorie rappresenta un costo che si somma ai costi di produzione, e che può rappresentare una frazione importante del costo complessivo.

In molti casi, i prodotti di reazione sono pericolosi per la salute o per l' ambiente e devono essere o trasformati in materiali a livello di pericolosità inferiore o devono essere in qualche isolati dall' ambiente per tutta la durata del pericolo, che in qualche caso decade nel tempo. In ogni caso lo stoccaggio e/o lo smaltimento di scorie prodotte dalla produzione del combustibile, dal funzionamento

dell' impianto, e dal suo decommissioning coinvolgono quantità di materiali molto rilevanti, che richiedono normalmente di essere trasportati e stoccati.

La produzione di energia idroelettrica e' senza scorie perché il vettore energetico è l' acqua , che è il materiale piu' comune sulla terra



Impatto ambientale

La produzione di energia, come ogni produzione industriale ha un impatto sull' ambiente, inizialmente nel luogo di produzione perché richiede infrastrutture di grandi dimensioni, accumulo e continuo rinnovo di materiale combustibile, produzione di calore, servizi per la distribuzione di energia e produzione di scorie di vario tipo.

La maggior parte della produzione energetica mondiale utilizza ancora attualmente combustibili fossili (carbone, petrolio, gas metano), (85%) che sono stati impiegati sin dall' inizio del processo di industrializzazione, perché si tratta di materiali di origine organica a basso costo di estrazione, reperibili inizialmente anche nei paesi in via di industrializzazione

Il processo di trasformazione termodinamico è relativamente inefficiente nell' estrarre energia utile dal contenuto energetico del carburante (~30%). e richiede pertanto l' impiego di grandi quantità di materia combustibile che è in generale acquisita in località diverse dal luogo di produzione energetica e richiede pertanto di essere trasportata.



Le attività di estrazione e trasporto richiedono un notevole dispendio di energia, ed è per questo motivo che lo sviluppo industriale è iniziato ed ha e' rapidamente progredito a partire, *solo quando sono state inventate macchine capaci di estrarre combustibile in quantità sufficiente ad auto alimentarsi all' inizio dell' 800.*

L'aumento esponenziale dei consumi ha tuttavia esaurito in parte la disponibilità iniziale di combustibile nei paesi più industrializzati, che hanno iniziato ad accedere a risorse fossili di paesi "produttori" *creando pertanto un mercato tra paesi produttori ed utilizzatori.*

:



Sprechi energetici

All' inizio dell' era industriale il costo di utilizzazione dell'energia da combustibili fossili era trascurabile rispetto ad altri costi di produzione.

Questo ha causato la *crescita esponenziale* dei consumi, associato ad una *inefficiente utilizzazione energetica* sia in processi industriali che in utilizzazioni domestiche, *privilegiando in primo luogo bassi costi*.

La disponibilità di combustibili fossili a basso costo ha anche negativamente influenzato lo sviluppo energetico favorendo un abuso industriale e domestico della disponibilità energetica con l' adozione di processi di produzione energeticamente inefficienti e l' assenza di investimenti nello sviluppo di metodi di produzione energetica alternativi anche se la fisica e la tecnologia era nota.

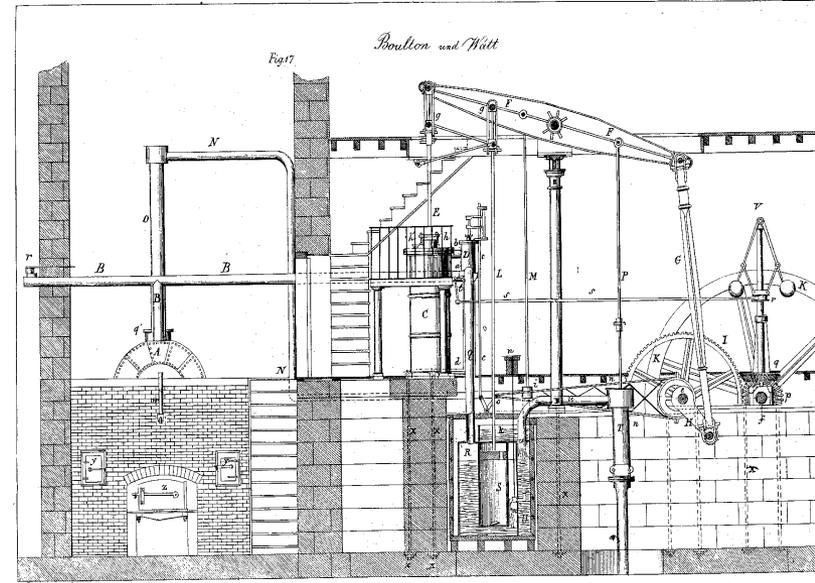


Energia da processi termodinamici

Come si è detto il più antico, e di gran lunga finora più usato processo di produzione energetica è quello ottenuto dalla combustione del carbonio con l'ossigeno in un "motore". Il primo motore a combustione interna di cui si ha notizia è stato inventato nel 1698, ma è stato solo nel 1769 che J Watt ha brevettato in Gran Bretagna un sistema efficiente applicato inizialmente ad un telaio, dato che l'attività industriale più sviluppata del tempo era l'industria tessile.

L'introduzione del motore a vapore ha iniziato quella che viene ora detta la Rivoluzione Industriale. La produzione di beni non era più legata a

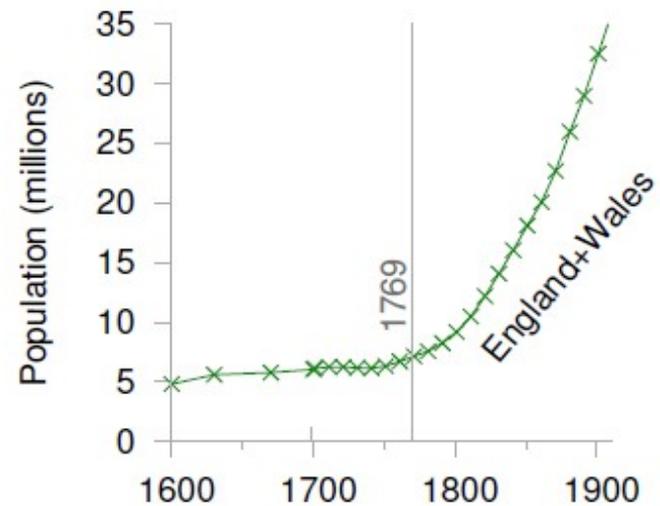
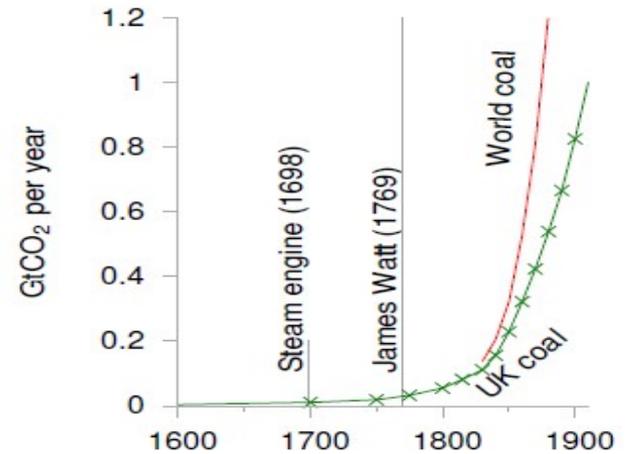
alla capacità di lavoro dell'uomo e limitata dalla sua forza fisica e limitazioni biologiche, ma poteva essere aumentata in modo indefinito dall'uso delle macchine. Il motore a vapore è stato rapidamente applicato non solo ai cicli produttivi industriali ma a tutte le attività umane, ai trasporti e all'in particolare all'estrazione del combustibile, che inizialmente è stato il **carbone**



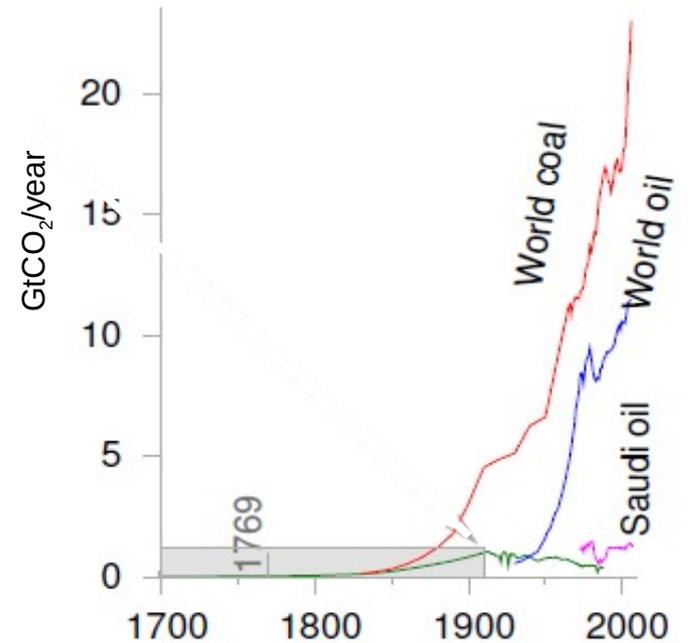
In figura è mostrato il rapido incremento dei consumi di carbone, espresso in tonnellate di miliardi tonnellate di CO₂ rilasciate nell'atmosfera, combustibile disponibile in quantità rilevante in UK, confrontato con il consumo mondiale, che mostra che al tempo quasi tutta l'attività produttiva si svolgesse in UK. Questo tra l'altro mostra che l'opinione di chi sostiene che l'aumento di CO₂ nell'atmosfera possa essere dovuto a fenomeni naturali, con ha un fondamento credibile ovvero che la produzione antropica di CO₂ è in ogni caso una piccola percentuale di quella prodotta dalla biosfera e dagli oceani (26 contro 440+330 Gton/anno)

L'ovvio vantaggio economico dovuto le macchine ha prodotto un aumento esponenziale del loro uso anche nell'estrazione del carbone, non più usato solo per riscaldamento e processi termici industriali ma soprattutto per l'alimentazione dei motori. Nei primi 30 anni dalla invenzione delle macchina a vapore, la produzione annuale di carbone in UK si raddoppia e continua a raddoppiarsi nei successivi 30 anni, mentre la successiva quadruplicazione richiede solo 40 anni.

L'attività industriale ha inizialmente poca competizione mondiale e produce prosperità in Inghilterra e Galles, che si riflette in un simile aumento della popolazione



Il picco della produzione inglese di carbone è intorno al 1910 ma continua sia in UK che a livello mondiale, in altri paesi (produttori), e le viene affiancata la seconda risorsa energetica termica, il petrolio.



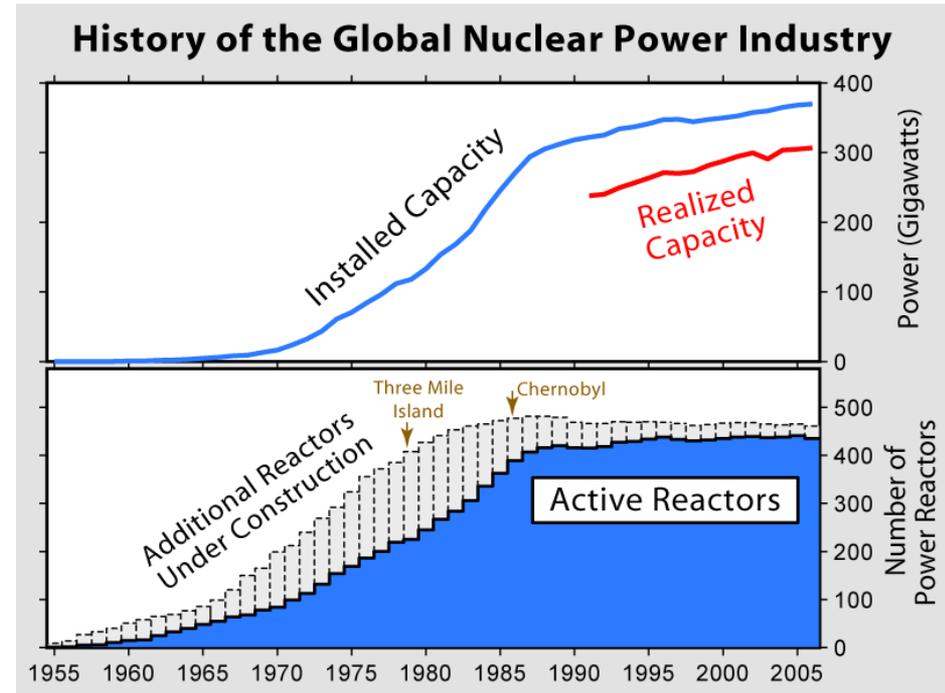
Energia da processi nucleari

L'uso dell'energia nucleare (da fissione) inizia solo negli anni 50, e si sviluppa in modo significativo in seguito alla prima crisi del petrolio (1976). In seguito alla crisi Francia e Giappone approvano un programma energetico basato sul nucleare. Il nucleare non produce GHGs. Lo sviluppo del nucleare è stato rallentato a partire dagli anni 80

- dalla grande disponibilità sul mercato di combustibili fossili a basso prezzo
- dalla possibilità di produzione, con l'uso di reattori nucleari operanti col ciclo U_{235} di materiale fissile utilizzabile per la

costruzione di ordigni nucleari e in seguito a trattati di non proliferazione di armi nucleari

- da timori di possibili incidenti, in particolare in seguito ai due incidenti di Three Miles Island (1979) Chernobyl e Fukushima (2011)
- dalle difficoltà del pubblico ad accettare siti per lo stoccaggio finale di scorie radio-attive prodotte da impianti nucleari



Energia da sorgenti rinnovabili

Le **sorgenti** di energia rinnovabili hanno avuto uno sviluppo recente (e sono ancora in corso di sviluppo) in seguito alle prospettive ambientali di un continuato uso delle risorse fossili.

Le due tecniche che hanno raggiunto una modesta percentuale di utilizzazione

Sistemi di produzione di energia solare

- Termodinamici**, in cui un fluido viene esposto alla irradiazione solare e il calore catturato è utilizzato a temperature superiori alla temperatura ambiente

- Foto-elettrici**, In cui la radiazione solare viene convertita per effetto fotoelettrico in energia elettrica a corrente continua, che viene trasformata, per immissione nella rete elettrica mediante una conversione continua/alternata

- Eolici**, che convertono l' energia meccanica del vento in energia elettrica

- Geotermici** che sfruttano il calore del terreno

Malgrado un rapido progresso dell' applicazione di energie rinnovabili A livello globale l' incidenza di queste ed altre tecniche rinnovabili e' sulla produzione mondiale è < 1%



Impianto PCS per prova componenti solari (Centro Ricerche ENEA Casaccia)

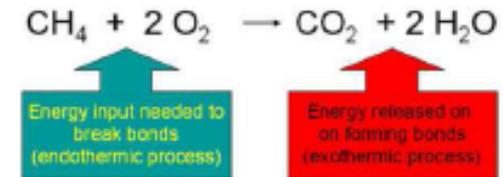


Energia da combustibili fossili

La combustione è una reazione chimica con l'ossigeno. Nella reazione di combustione, il combustibile, reagendo con l'ossigeno, viene ossidato (perché l'ossigeno è molto elettronegativo). I combustibili fossili sono composti principalmente da idrocarburi (molecole contenenti legami tra idrogeno e carbonio). Durante la reazione di combustione, le molecole di idrocarburi vengono convertite in anidride carbonica e acqua, come nel caso del metano (CH_4) mostrato nella figura .

Il bilancio energetico di combustione può essere stimato dalle energie di legame per i diversi tipi di combustibili fossili. La quantità di energia rilasciata dipende dallo stato di ossidazione degli atomi di carbonio in idrocarburi che è legata al rapporto idrogeno/carbonio (H/C).

Quanto più è alto il rapporto H/C , tanto più basso è lo stato di ossidazione e tanto più energia verrà rilasciata durante la reazione. In figura sono riportate le energie di vari legami chimici



$$\Delta H = \sum \text{Energy of bonds broken} - \sum \text{Energy of bonds made}$$

Selected Bond Energies			
Bond	Bond Energy (kJ/mole)	Bond	Bond Energy (kJ/mole)
H-H	432	C=O	799
O=O	494	C-C	347
O-H	460	C=C	611
C-H	410	C=C (aromatic)	519
C-O	360	N=O	623

Per ogni reazione chimica, la variazione totale di energia, (*entalpia di reazione* (ΔH), è la differenza tra l'energia assorbita dalla rottura dei legami e quella rilasciata nella formazione dei nuovi

$$\Delta H = \sum E_B (\text{legami rotti}) - \sum E_B (\text{legami formati})$$

Ad esempio l'ossidazione di una molecola di H_2 per formare acqua viene rilasciata un' energia di 482 kJ, pari alla differenza tra l' energia di rottura meno l' energia di formazione.

Il petrolio e' una miscela di idrocarburi saturi. Per stimare il suo contenuto energetico, si puo' considerare un insieme di unita' $-CH_2-$. Per il calcolo del rilascio medio di energia per unita' $-CH_2-$, si usa l'energia di due legami CH e un legame CC (dato che il carbonio si unisce a due legami C-H e ad un legame CC, che dà un contenuto di energia simile a quella del metano (o " gas naturale").

Oxidation of H_2



$$\Delta H = \sum BE(\text{bonds broken}) - \sum BE(\text{bonds formed})$$

- H-H 2 @ 432 kJ = 864 kJ
- O=O 1 @ 494 kJ = 494 kJ
- H-O-H 4 @ 460 kJ = 1840 kJ

$$\Delta H = (864 + 494) - (1840) = -482 \text{ kJ}$$



Energy input needed to break bonds (endothermic process)

Energy released on forming bonds (exothermic process)

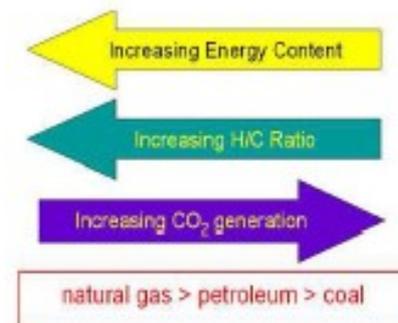
$$\Delta H = \sum \text{Energy of bonds broken} - \sum \text{Energy of bonds made}$$

Tuttavia, il petrolio può contenere anche una parte significativa di molecole aromatiche, a seconda della natura del prodotto distillato di petrolio. Ad esempio, petrolio greggio ha un contenuto energetico di circa 45,2 kJ / g, mentre la benzina ha un valore superiore di circa 48,1 kJ / mole, perché contiene una frazione più piccola di composti aromatici.

Il carbone è composto principalmente da idrocarburi aromatici, per cui possiamo considerare la molecola di un insieme di più unità CH-. La media di rilascio energetico per grammo di carbone nella combustione è inferiore al valore previsto dal calcolo perché il carbone contiene significative quantità di acqua e sali minerali. Valori indicativi di contenuto energetico di combustibili fossili e- riportato in tabella

	H/C Ratio	Energy Content (kJ/g)	CO ₂ released (mol/10 ³ kJ)
Hydrogen	-----	120	-----
Gas	4/1	51.6	1.2
Petroleum	2/1	43.6	1.6
Coal	1/1	39.3	2.0
Ethanol	3/1	27.3	1.6

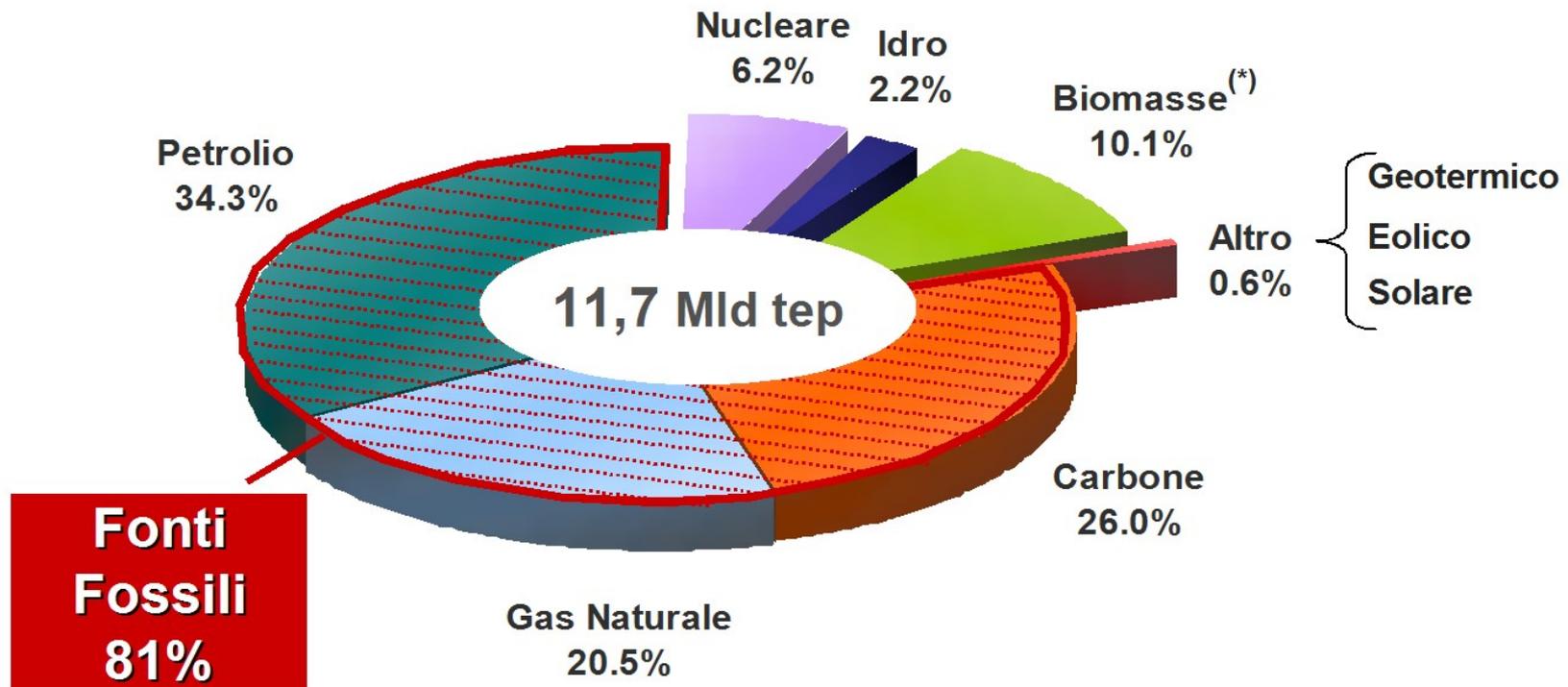
Una mole (mol) e' una massa M numericamente eguale ad A, ovvero A grammi di gas. (A_{CO2})



Consumo energetico mondiale : 11 miliardi di Tep (tonnellate equivalenti di petrolio)/ anno

$$E = 471 \cdot 10^{18} \text{ J (2008)}$$

$$P = 15 \cdot 10^{12} \text{ W}$$



Fonte: *International Energy Outlook 2008.*

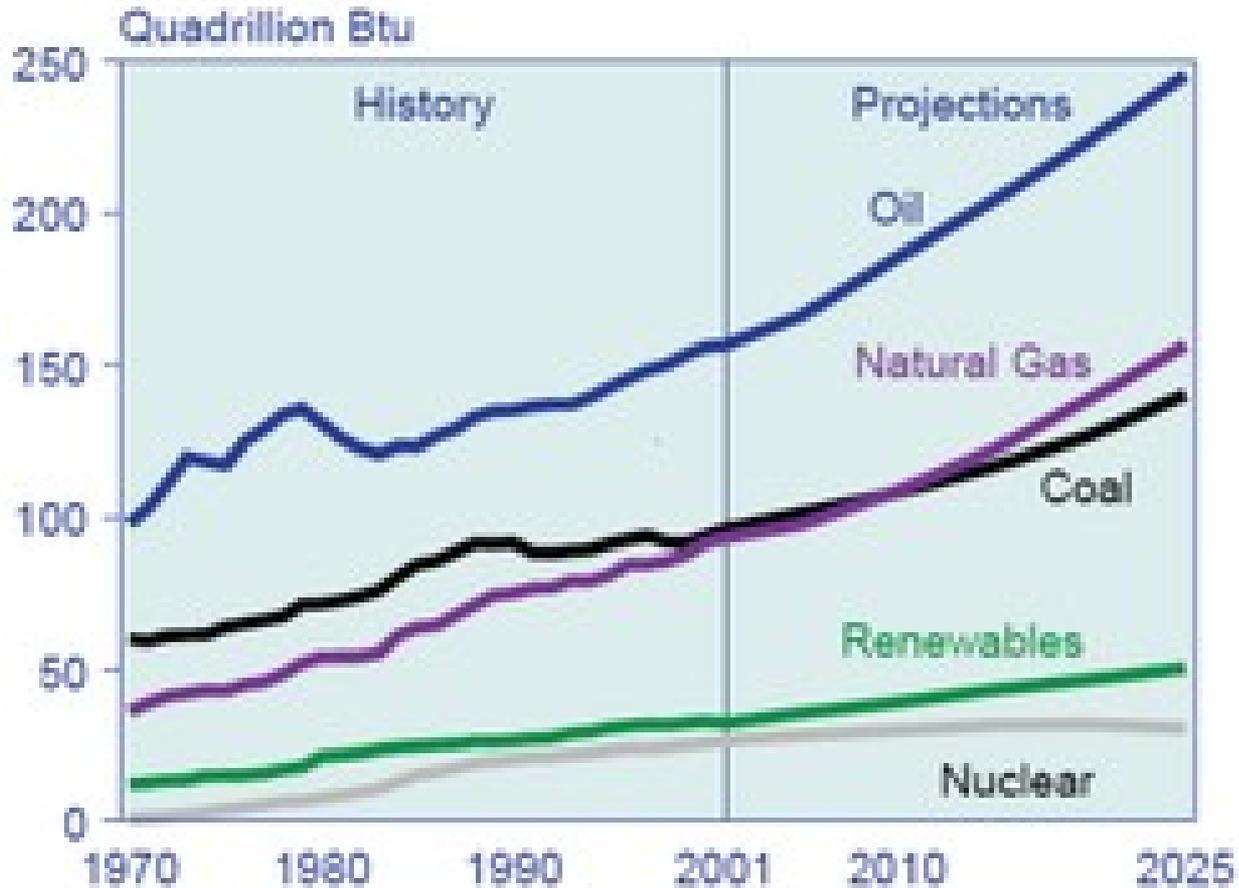
*) In stragrande maggioranza costituita da legno

Università di Torino - Scuola di Studi Superiori AA

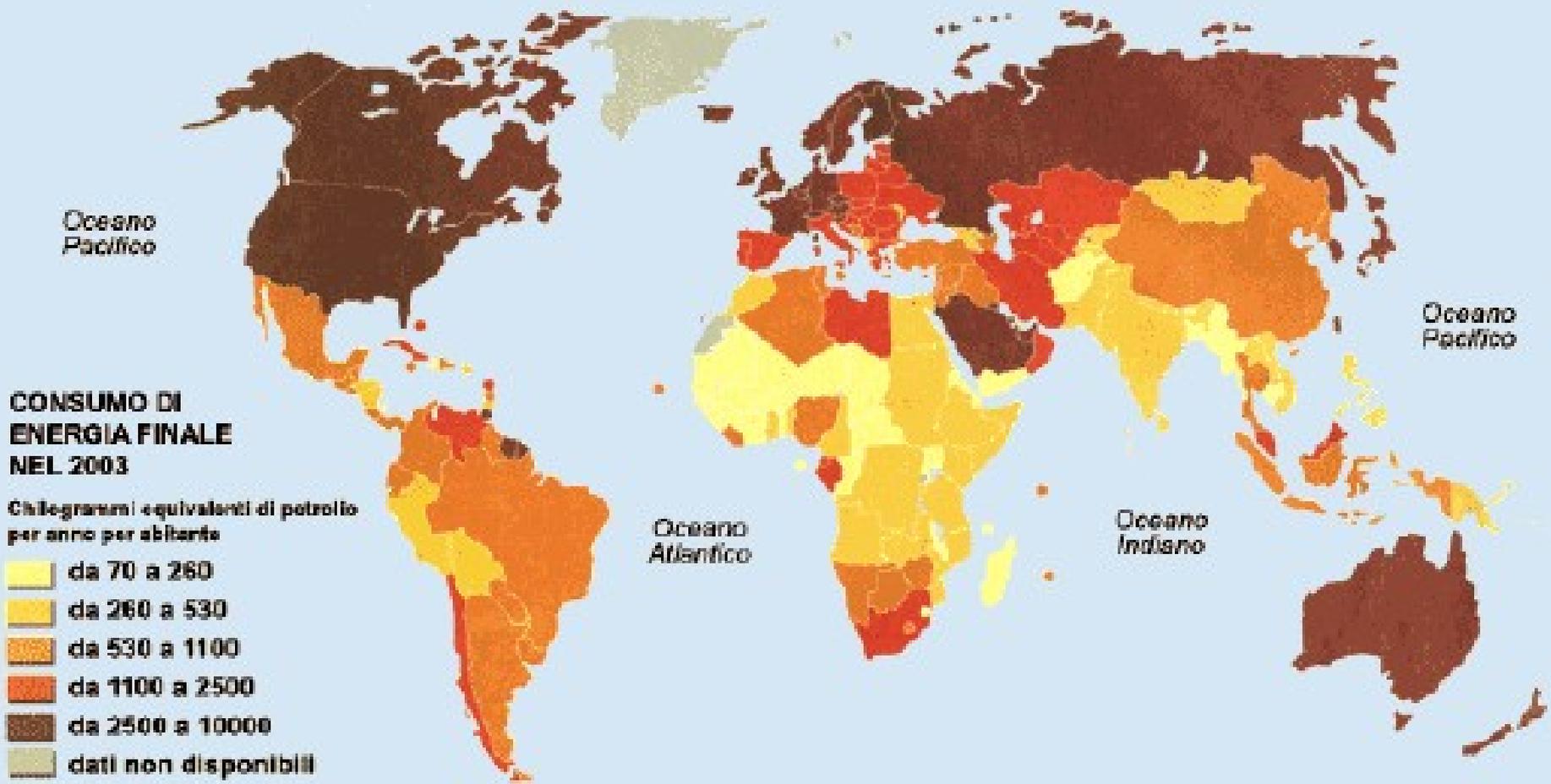
2011-2012

Tendenze dei consumi energetici mondiali

Fonte: International Energy Outlook 2008.

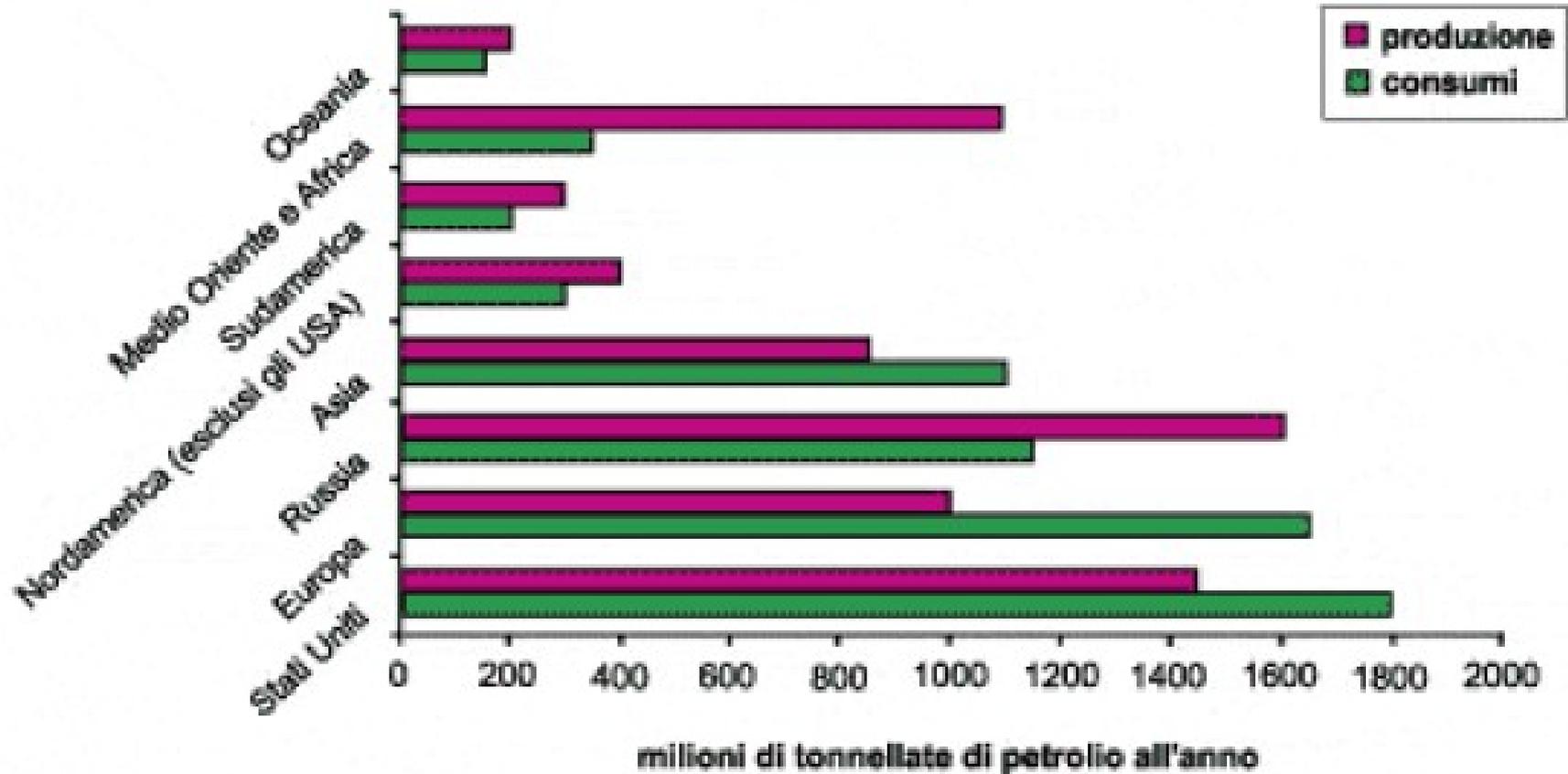


Distribuzione geografica dei consumi per abitante



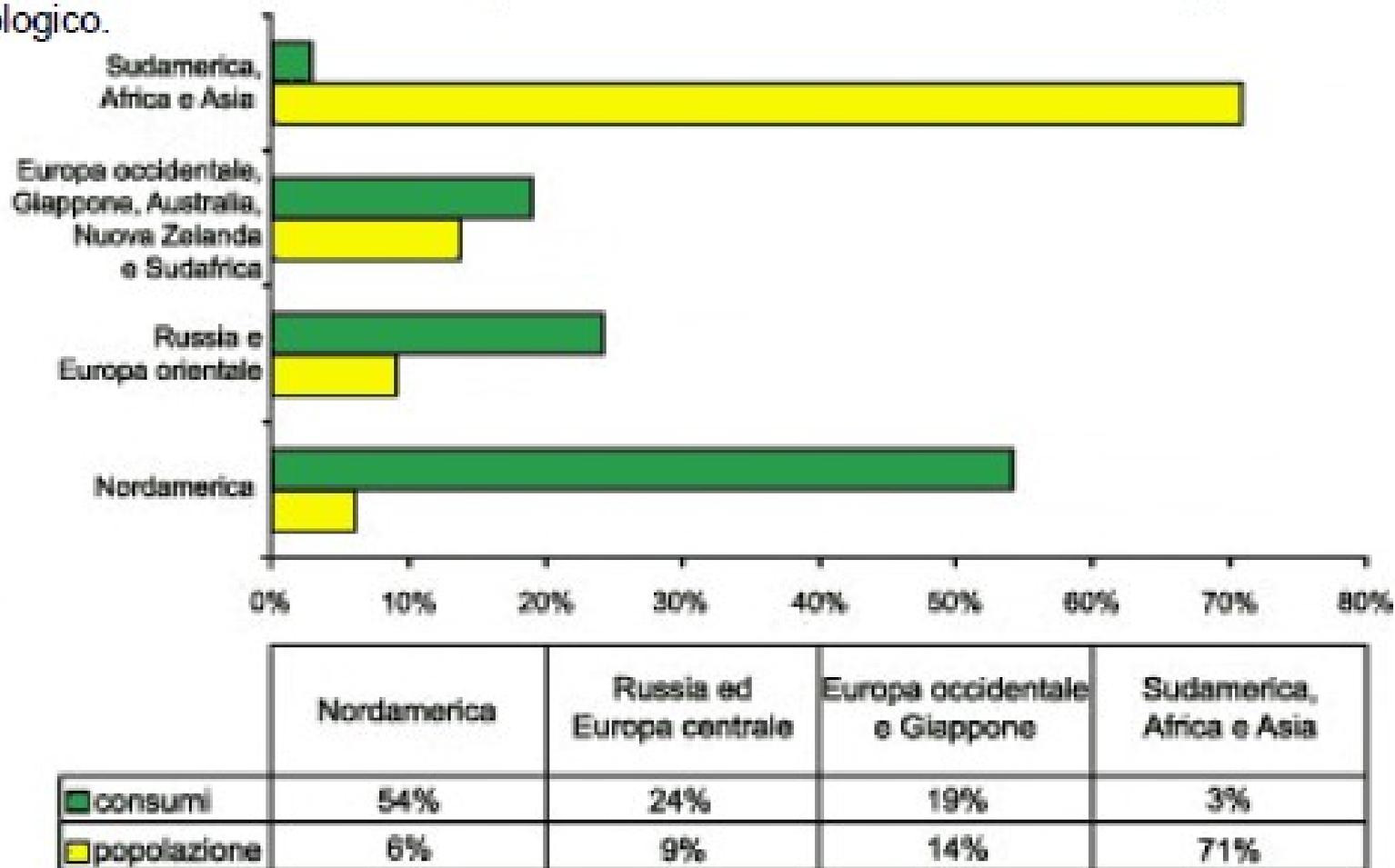
Consumi e produzione di petrolio

Il confronto tra produzione di una fonte energetica e consumi distingue quantitativamente i paesi produttori da utilizzatori energetici



Consumi di sorgenti fossili e popolazione

Viceversa Il confronto tra i consumi energetici e la popolazione distingue qualitativamente i paesi produttori da utilizzatori energetici ed è anche un indice di livello di sviluppo tecnologico.

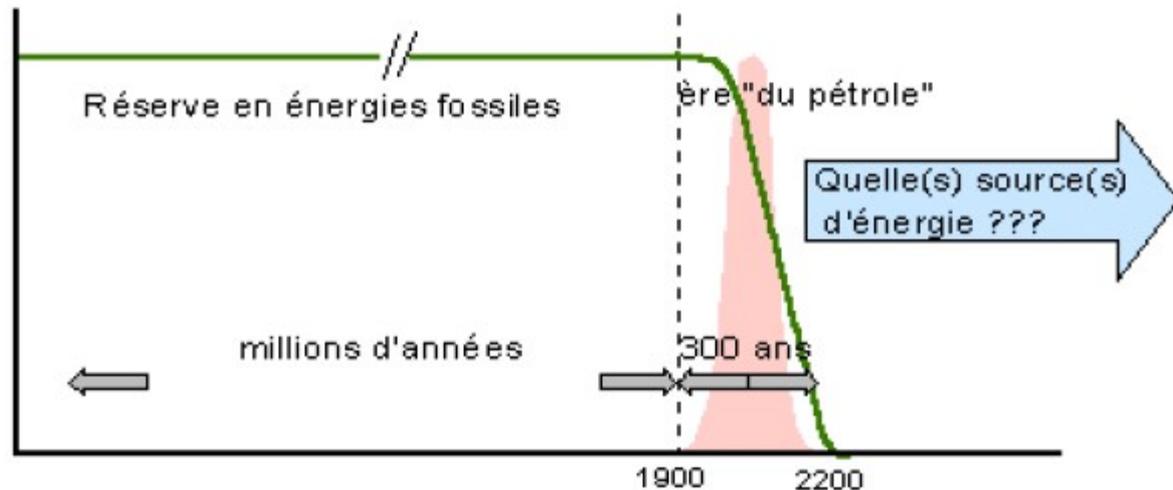


Tempi di esaurimento delle risorse energetiche

All' inizio dell' era industriale il costo di utilizzazione dell'energia da combustibili fossili era trascurabile rispetto ad altri costi di produzione.

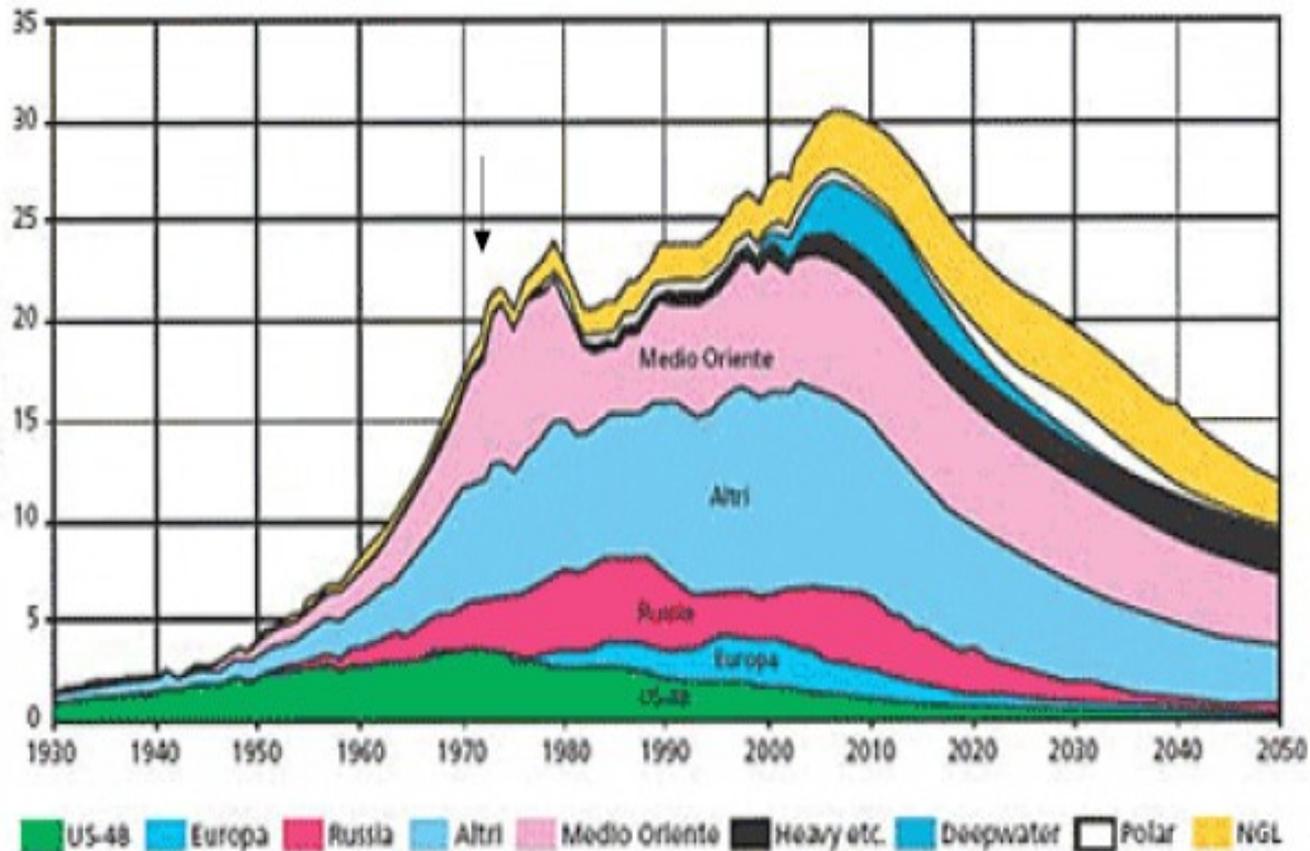
Ciò ha causato la *crescita esponenziale* dei consumi, associato ad **una inefficiente utilizzazione energetica** sia in processi industriali che in applicazioni domestiche **privilegiando in primo luogo bassi costi.**

Negli anni '60 si iniziò a svilupparsi la coscienza che *le risorse energetiche fossili erano limitate* e a considerare in modo più serio il problema dell' **esaurimento delle risorse di sorgenti energetiche** (al tempo, per la maggior parte di origine fossile) con valutazioni (per lo più calcolate ai costi energetici del tempo) che prevedevano i tempi di esaurimento (*crisi energetica*) a distan



Picco di Hubbert

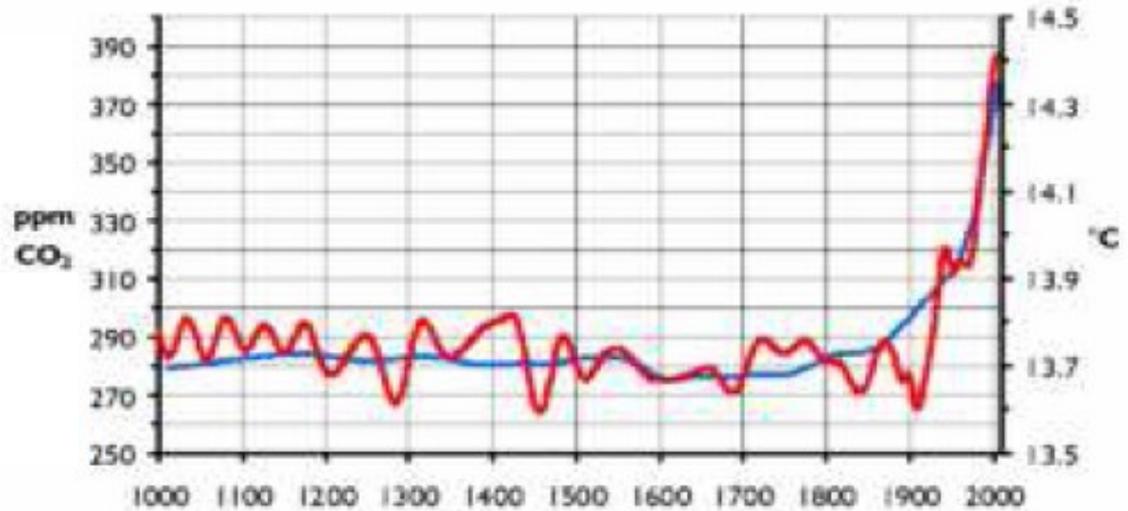
Gia' nel 1956 gli studi di Hubbert predissero che l'estrazione del petrolio negli Stati Uniti (con l'esclusione dell'Alaska) avrebbe raggiunto il massimo negli anni '70 e poi sarebbe rapidamente calata, cosa che di fatto avvenne.



Produzione di scorie da combustione e fissione

Una seconda preoccupazione riguardava

- la produzione di scorie di combustioni in particolare gassosi (CO e CO₂) risultanti da impianti di produzione elettrica termica, (che sono stati indicati come responsabili dell' aumento della temperatura atmosferica
- il trattamento e lo stoccaggio di scorie nucleari (U238 e Pu238 e altre scorie radiattive) prodotti dal funzionamento di centrali nucleari entrate in funzione nel decennio precedente per i quali sono necessari processi di diluizione e stoccaggio in luoghi inaccessibili.



Gestione delle scorie

Questo problema e' evidentemente un caso particolare del problema più generale della gestione delle scorie industriali, spesso nocive per la vita biologica e che, a dispetto di legislazione vigente vengono "disperse" anche in modo illegale, ossia senza un trattamento di neutralizzazione e/ o stoccaggio in sicurezza.

Il problema delle scorie da processi di combustione è che sono in fase gassosa e vengono disperse nell' atmosfera causando un'instabilità atmosferica globale detta **effetto serra** (" **greenhouse**")

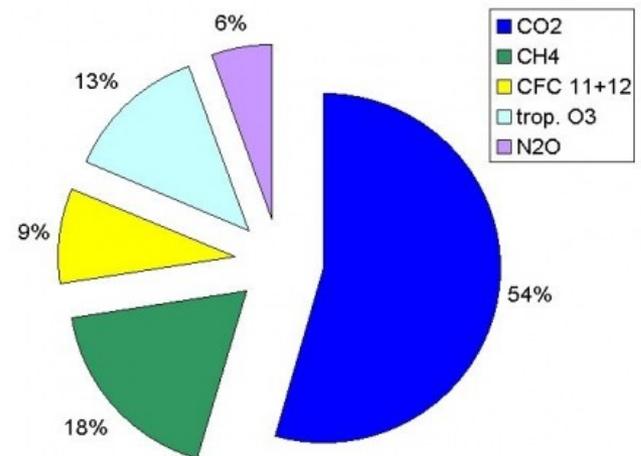


Effetto serra

E' un fenomeno naturale, senza il quale la vita sul nostro pianeta non sarebbe così facile. Una parte dei raggi solari viene riflessi verso lo spazio, mentre l'altra viene rifratta dall'atmosfera raggiungendo la superficie terrestre. Quest' ultima a sua volta (insieme alla bassa atmosfera) re-irradia parte del calore assorbito, di cui una frazione supera la ionosfera perdendosi nello spazio, mentre gran parte dell'energia termica rimane intrappolata al di sotto della superficie atmosferica riscaldando l'intero pianeta, comportandosi in modo analogo ai vetri di una serra".

I gas che compongono l'atmosfera responsabili del fenomeno vengono chiamati **gas serra** (vapore acqueo anidride carbonica, metano, ecc).

Senza l' "effetto serra" naturale" la temperatura della Terra sarebbe molto più fredda (~33°C in meno)



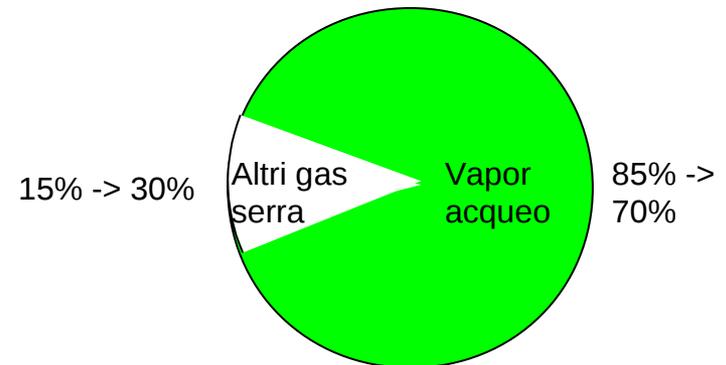
Gas Serra (GHG)

Anche se questo processo è di vitale importanza, l'attività umana sta via via aumentando il livello dei gas serra (CO₂ in particolare) in maniera tale che essi trattengono una quantità sempre maggiore di energia termica causando così un incremento della temperatura terrestre, detto **“Riscaldamento Globale”**

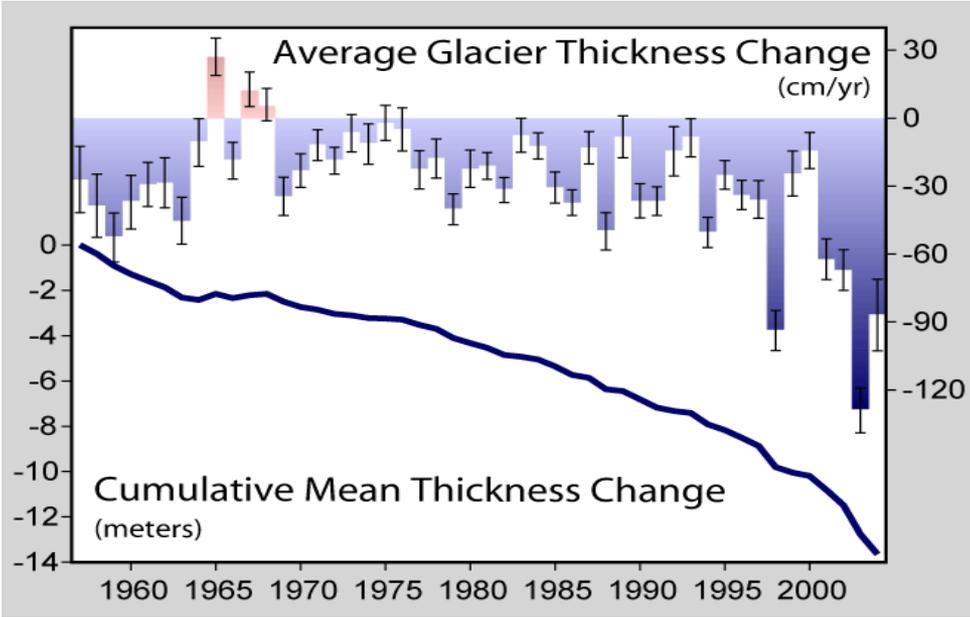
Come abbiamo già detto i principali gas serra naturali sono:

1) il vapore acqueo, presente grazie all'evaporazione delle fonti idriche è di gran lunga il gas serra più importante; 2) l'anidride carbonica (CO₂), rilasciata in atmosfera dalla combustione di rifiuti solidi e combustibili fossili; 3) il metano che viene emesso attraverso la produzione ed il trasporto di sostanze quali il carbone, l'olio minerale e il gas naturale.

In ogni caso è un fatto sperimentale che l'atmosfera si riscalda e localmente si inquina in un modo pericoloso per la salute dell'uomo



Effetti del riscaldamento globale

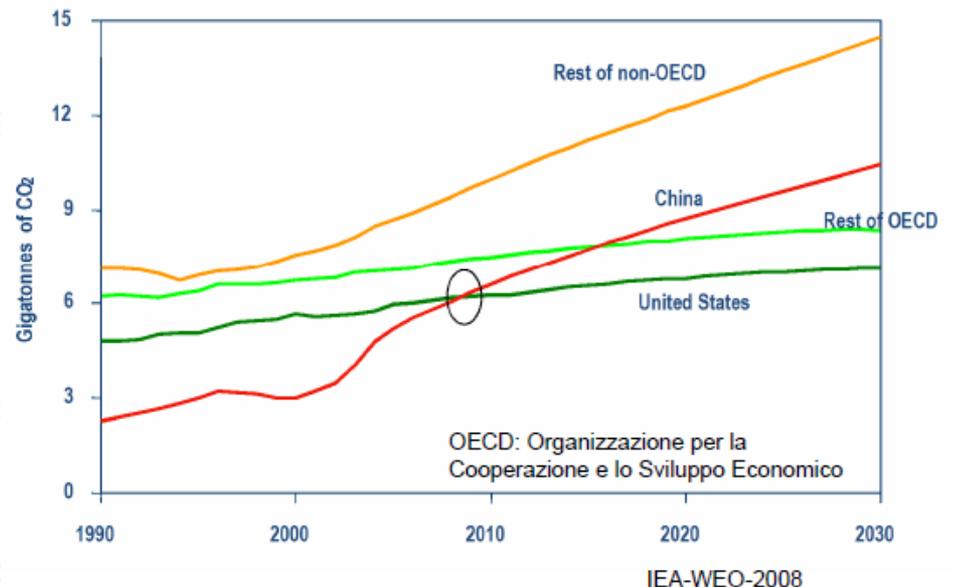


L'anidride carbonica è responsabile per circa il 15 % dell'effetto serra naturale. Le sue variazioni nell'atmosfera *hanno cause sia naturali che antropiche* e sono anche significativamente affette dalla fotosintesi vegetale. Si possono individuare fluttuazioni annuali della concentrazione di CO₂ atmosferica: in inverno si verifica un aumento della concentrazione dovuto al fatto che nelle piante a foglia caduca prevale la respirazione; mentre in estate la concentrazione di CO₂ atmosferica diminuisce per l'aumento totale della fotosintesi vegetale.

Si possono individuare fluttuazioni annuali della concentrazione di CO₂ atmosferica: in inverno si verifica un aumento della concentrazione dovuto al fatto che nelle piante a foglia caduca prevale la respirazione; mentre in estate la concentrazione di CO₂ atmosferica diminuisce per l'aumento totale della fotosintesi. La produzione di CO₂ di *origine antropica* è mostrata nella figura. E' previsto un incremento del 30% per USA e EU e *circa un*

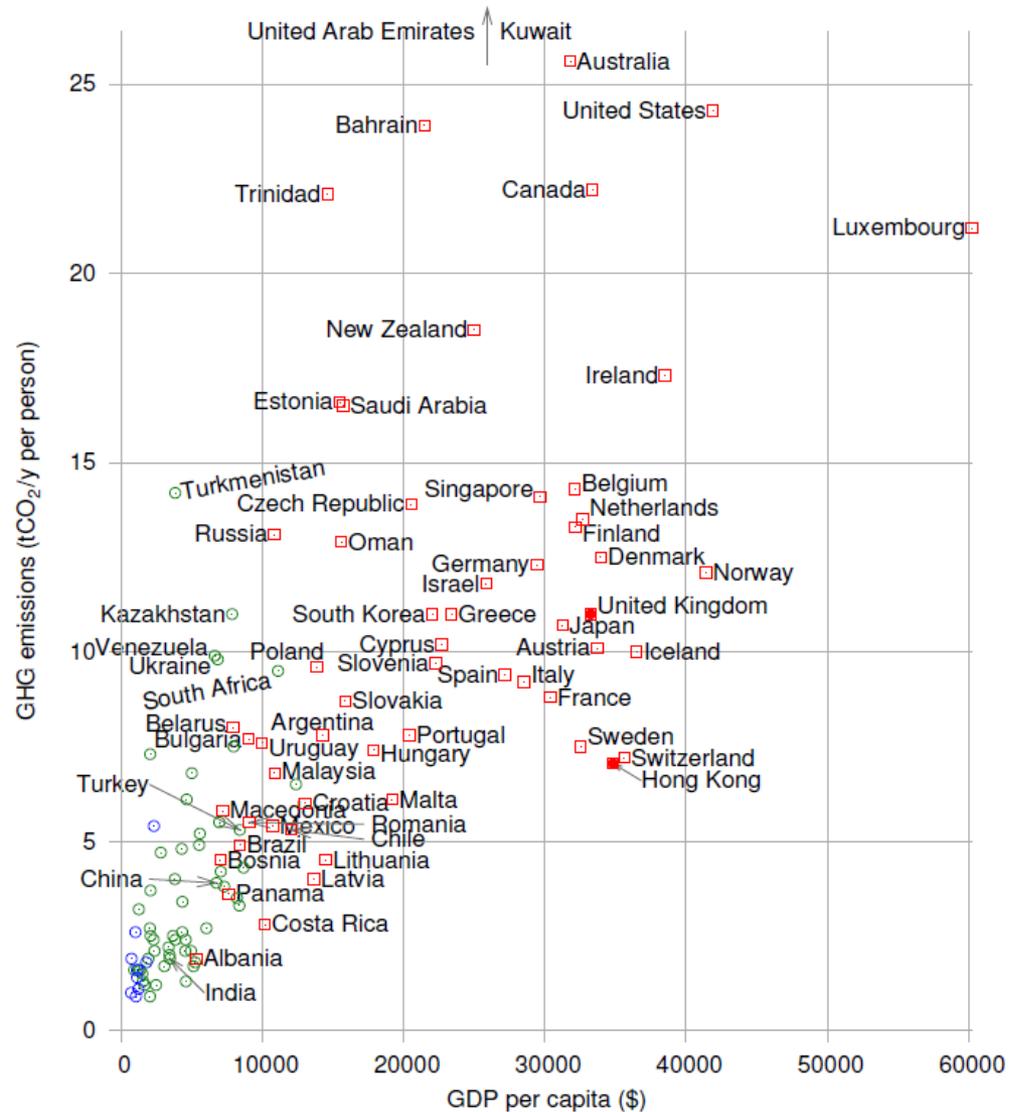
raddoppio
dovuto ad una
produzione energetica
superiori indici di svilu

E' interessante notare che la produzione antropica di CO₂ non è dovuta solo a combustione di materiali fossili, ma e' in buona parte la conseguenza di processi biologici industrializzati dall' uomo



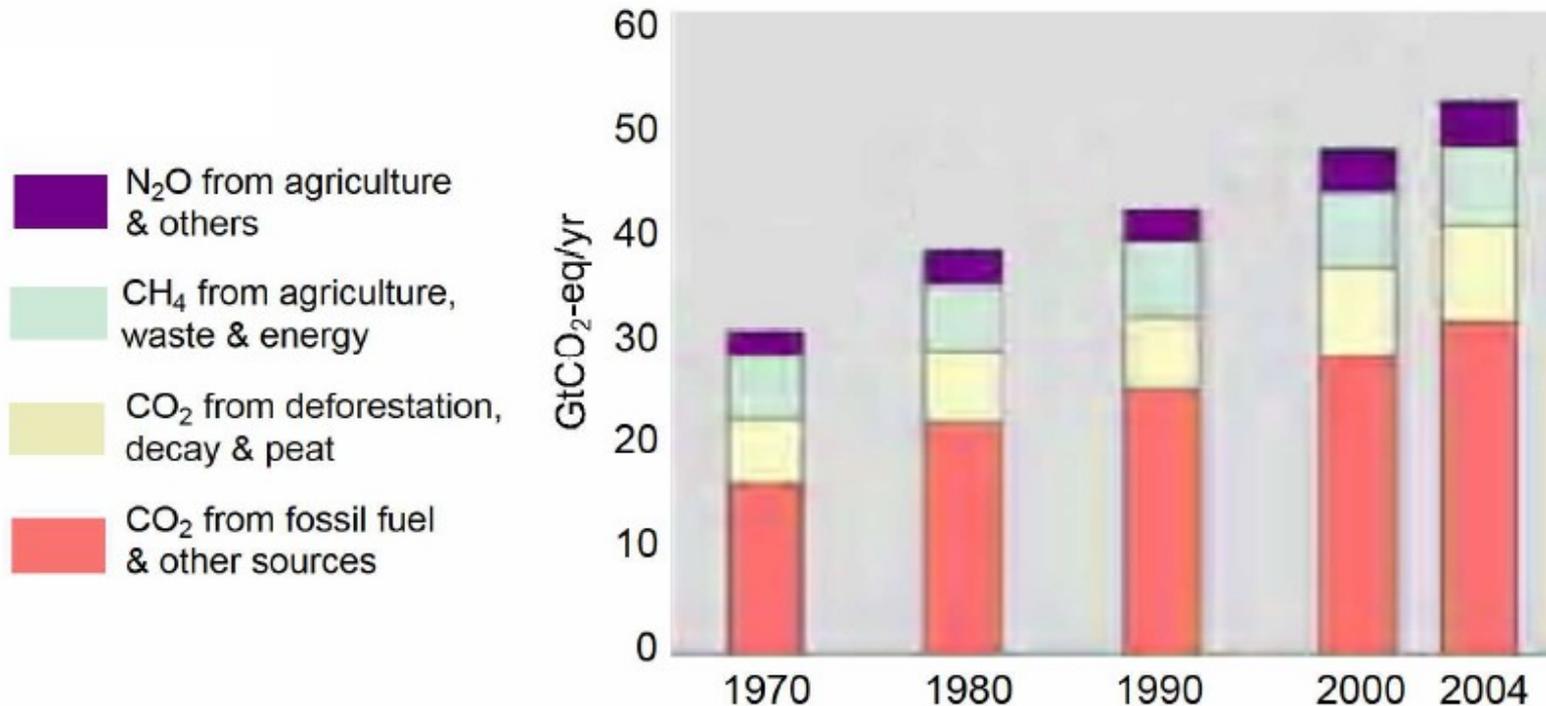
Emissione di GHG vs uso energetico

**Emissione di GHG per persona
vs consumo energetico (in \$)
per persona**

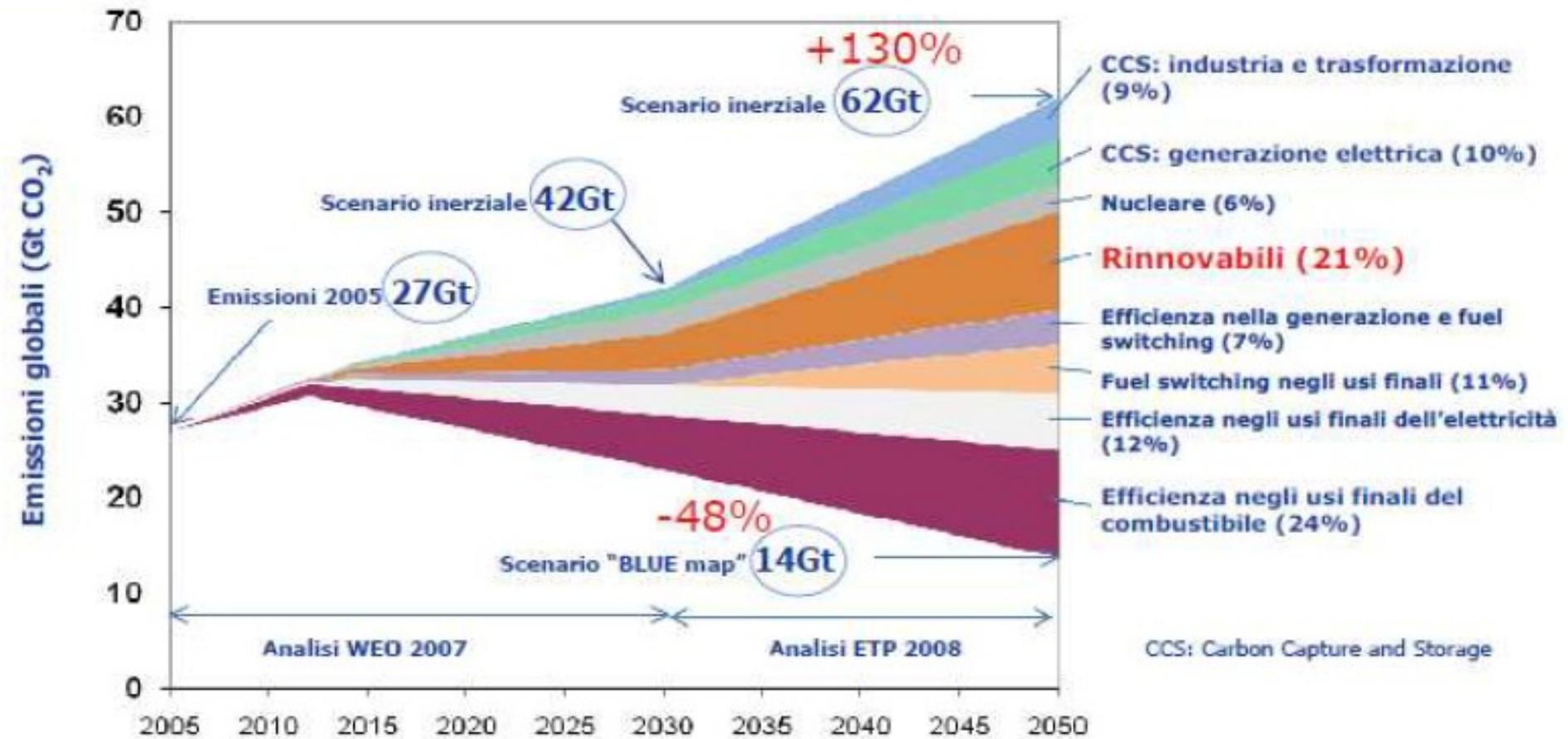


Produzione di CO₂ da attività umane

La concentrazione globale di GHC e' cresciuto del 70 % nel periodo 1970-2004 per effetto delle attività umane . Dall' istogramma si nota che l' insieme delle attività agricole contribuiscono per circa il 30% alla produzione di GHC

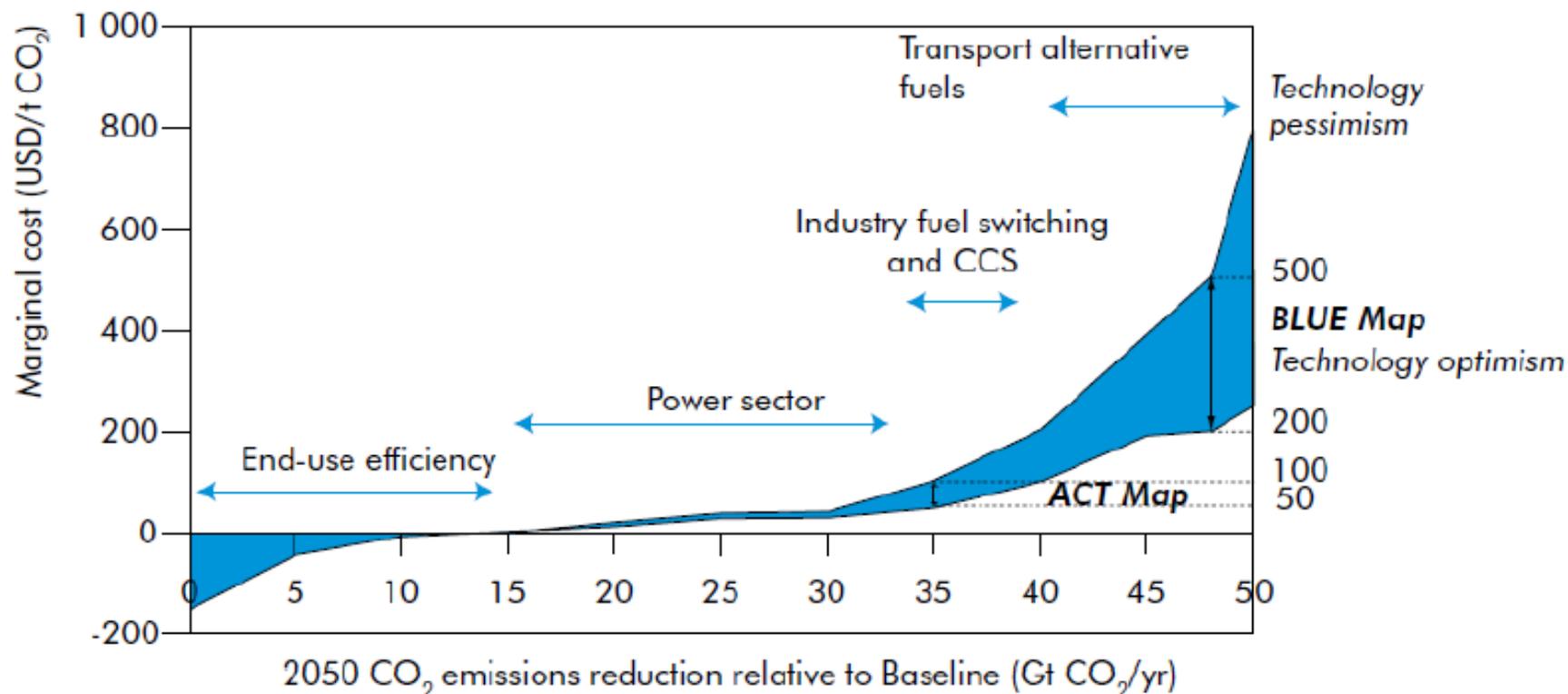


Aree di intervento con "limitati" sviluppi tecnologici



Costi e tempi di BLUE map

I costi stimati per la realizzazione di BLUE Map sono di 200 USD/ton di CO₂ per in totale di 45 10¹² USD per il periodo di 50 anni, con sviluppi programmati in tempi successivi (road map) in diversi settori tecnologici.



Nove opzioni per ridurre di 1 Gton/anno le emissioni di CO₂

Today's Technology	Actions that Provide 1 Gigaton / Year Mitigation of Carbon Dioxide
Coal-Fired Power Plants	Build 320 "zero-emission" 500-MW coal-fired power plants (in lieu of coal-fired plants without CO ₂ capture and storage) (73% CF)
Geologic Sequestration	Install 1,000 sequestration sites like Norway's Sleipner project (1 MtCO ₂ /year)
Nuclear	Build 130 new nuclear power plants, each 1 GW in size (in lieu of new coal-fired power plants without CO ₂ capture and storage) (90% CF)
Electricity from Landfill Gas	Install 7,700 "typical" landfill gas electricity projects (typical size being 3 MW projects at non-regulated landfills) that collect landfill methane emissions and use them as fuel for electric generation
Efficiency	Deploy 290 million new cars at 40 miles per gallon (mpg) instead of new cars at 20 mpg (12,000 miles per year)
Wind Energy	Install 170,000 wind turbines (1.5 MW each, operating at 0.45 capacity factor) in lieu of coal-fired power plants without CO ₂ capture and storage
Solar Photovoltaics	Install 1.7 million acres of solar photovoltaics to supplant coal-fired power plants without CO ₂ capture and storage (assuming 10% cell DC efficiency, 1700 kWhr/m ² solar radiance, and 90% DC-AC conversion efficiency)
Biomass Fuels from Plantations	Convert to biomass crop production a barren area about 5.4 times the total land area of Iowa (c. 200 million acres)
CO ₂ Storage in New Forest	Convert to new forest a barren area about 2.5 times the total land area of the State of Washington (over 100 million acres... assumes Douglas Fir on Pacific Coast)

1 acre = 4000 m² 40mpg = 17 km/l

Azioni per il contenimento della deriva termica

Il 19 dicembre 2009, i Paesi partecipanti alla *15 Conferenza dell'ONU sul clima* a Copenhagen ha preso atto di un **accordo** politico, *non vincolante*, proposto da un gruppo di capi di Stato e di governo.

In questo documento le Parti

- *riconoscono* i cambiamenti climatici come una delle maggiori sfide dell'umanità.
- *ritengono* l'obiettivo di limitare a 2 gradi il riscaldamento climatico possibile solo con una massiccia riduzione dei gas serra.
- *chiedono* l'adozione di misure da parte del settore industriale e dei Paesi emergenti. Questi ultimi devono rendere trasparenti le proprie misure nei confronti della Convenzione dell'ONU sul clima

L' accordo di Copenhagen, approvato dopo una lunga e controversa discussione non è giuridicamente vincolante. Si tratta di una soluzione di compromesso che consente ai Paesi di adottare delle misure volte a ridurre le emissioni di gas serra e a continuare per i mesi seguenti i negoziati relativi ai punti ancora in sospeso

Nell' Accordo di Copenhagen non sono tuttavia riusciti ad accordarsi su una riduzione di almeno il 50 per cento delle emissioni di gas serra, che viene considerata la condizione necessaria per raggiungere l'obiettivo fissato.

Azioni per il contenimento della deriva termica

Il protocollo di Kyoto, che fa seguito **alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici**, è uno dei più importanti strumenti giuridici internazionali volti a contenere i cambiamenti climatici. Esso contiene gli impegni dei paesi industrializzati a ridurre le emissioni di alcuni gas ad effetto serra, responsabili del riscaldamento del pianeta. Le emissioni totali dei paesi sviluppati devono essere ridotte almeno del 5% nel periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990.

Il protocollo concerne le emissioni di sei gas ad effetto serra: biossido di carbonio (CO₂); metano (CH₄); protossido di azoto (N₂O); idrofluorocarburi (HFC); perfluorocarburi (PFC); esafluoro di zolfo (SF₆).

Esso rappresenta un importante passo avanti nella lotta contro il riscaldamento planetario perché contiene obiettivi vincolanti e quantificati di limitazione e riduzione dei gas ad effetto serra.

Globalmente, i paesi industrializzati si impegnano collettivamente a ridurre le loro emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 2008-2012, per una riduzione delle emissioni totali dei paesi sviluppati di almeno il 5% rispetto ai livelli del 1990..

Tra il 2008 e il 2012, gli Stati che erano membri dell'UE prima del 2004 devono ridurre collettivamente le loro emissioni di gas ad effetto serra dell'8%. Gli Stati membri che hanno aderito all'UE dopo questa data s'impegnano a ridurre le loro emissioni dell'8%, ad eccezione della Polonia e dell'Ungheria (6%) e di Malta e Cipro che non figurano nell'allegato I della convenzione quadro.

Azioni per il contenimento della deriva termica

Per il periodo anteriore al 2008, gli Stati contraenti si impegnano ad ottenere entro il 2005 concreti progressi nell'adempimento degli impegni assunti e a fornirne le prove.

Gli Stati contraenti possono utilizzare il 1995 come anno di riferimento per le emissioni di HFC, PFC e SF₆.

Per raggiungere questi obiettivi, il Protocollo propone una serie di mezzi di azione:

rafforzare o istituire politiche nazionali di riduzione delle emissioni (miglioramento dell'efficienza energetica, promozione di forme di agricoltura sostenibili, sviluppo di fonti di energia rinnovabili, ecc.);

cooperare con le altre parti contraenti (scambi di esperienze o di informazioni, coordinamento delle politiche nazionali attraverso i diritti di emissione, l'attuazione congiunta e il meccanismo di sviluppo pulito).

Almeno un anno prima del primo periodo di impegno, gli Stati contraenti istituiscono un **sistema nazionale di stima delle emissioni di origine umana** e dell'assorbimento dai pozzi di tutti i gas ad effetto serra (non inclusi nel Protocollo di Montreal).

Un esame degli impegni è previsto entro il 2005 per il secondo periodo di impegni.

L'Unione europea ha ratificato il protocollo di Kyoto il 31 maggio 2002. Il protocollo è entrato in vigore il 16 febbraio 2005, dopo la ratifica della Russia. Vari paesi industrializzati non hanno voluto ratificare il protocollo, tra cui gli Stati Uniti e l'Australia.

Azioni per il contenimento della deriva termica

La **16ma Conferenza ONU sul clima di Cancun (Me)** si è conclusa dopo due settimane di negoziati l' 11 Dicembre 2010 ,

I 194 rappresentanti dei governi di tutto il mondo tornano a casa con la speranza di aver gettato le basi per giungere ad un accordo vincolante contro i cambiamenti climatici. Sono fissati gli obiettivi a lungo termine tra cui un fondo verde e il riconoscimento della scienza per fermare il riscaldamento a 2 gradi.

L'accordo, ancora non vincolante, ribattezzato dai media “pacchetto di Cancun” o "Cancun Act" rispetto a quello uscito dal vertice di Copenhagen, ha la speranza di rappresentare un punto di partenza concreto per gli ulteriori negoziati della Conferenza di Durban in SA (Cop17).

E' un “pacchetto bilanciato” dove viene ribadita la necessità di far continuare il Protocollo di Kyoto anche dopo la sua scadenza naturale fissata al 2012, ma stabilisce in particolare che i paesi aderenti dovranno impegnarsi a tagliare le loro emissioni di CO2 da un minimo del 25 ad un massimo del 40%.

Nel pacchetto di decisioni è previsto anche il finanziamento a breve termine di 30 miliardi di dollari – 410 milioni messi sul tavolo dall'Italia – per i Paesi in via di sviluppo nel periodo 2010-2013 oltre che ribadito il fondo di 100 miliardi di dollari l'anno (Green climate fund) per far decollare la green economy nel mondo gestito per tre anni dalla Banca mondiale e da 40 Paesi membri (25 emergenti e 15 industrializzati).

L' Accordo include l'impegno da parte dei Paesi ricchi di mettere a disposizione dei Paesi in via di sviluppo entro il 2012 un importo totale di 30 miliardi di dollari per la protezione del clima. Tale somma raggiungerà i 100 miliardi di dollari entro il 2020. È stato inoltre deciso di istituire un fondo verde per il clima.

Nell'Accordo di Copenhagen si riconosce il fatto che il disboscamento e il degrado delle foreste costituisce un'importante fonte di gas serra. Per porre freno alla deforestazione sono previsti anche degli incentivi finanziari.

Secondo l'Accordo di Copenhagen, i Paesi industrializzati avranno tempo fino al 1° febbraio 2010 per notificare le loro misure volte a ridurre le emissioni di gas serra nel periodo 2012-2020. Questa condizione vale anche per gli Stati Uniti, che non hanno ratificato il Protocollo di Kyoto.

Il risultato di Copenhagen rappresenta un impegno unilaterale e non è giuridicamente vincolante. Tale soluzione si era delineata già prima dell'inizio della conferenza, anche se non corrispondeva agli obiettivi iniziali.

Due anni or sono, la comunità internazionale si era accordata a Bali su un piano d'azione che perseguiva l'obiettivo di approvare, a fine 2009 a Copenhagen, da un lato il secondo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto e, dall'altro, di giungere a un accordo che impegnasse anche gli Stati Uniti e i Paesi emergenti.

