



Materiali per l'energia

Prof. Silvia Bordiga

Silvia.bordiga@unito.it

L'energia e i suoi parenti

Il concetto di energia non è immediato. Iniziamo con il ricordare che cosa sia il lavoro:
Si definisce lavoro l'utilizzo di una forza per spostare qualche cosa.
Da un punto di vista quantitativo il **lavoro** è dato da:

$$\text{Lavoro} = \text{forza} \times \text{spostamento}$$

La capacità di compiere lavoro è ciò che chiamiamo ENERGIA

Che cosa è invece la **potenza**?

La potenza quantifica l'energia nel tempo.

$$\text{Potenza} = \text{energia} / \text{tempo}$$

Due atleti di uguale massa corporea che percorrono i 100 metri, compiono lo stesso lavoro, ma chi dei due svilupperà una maggior potenza, arriverà primo al traguardo!

Ogni processo che comporta una variazione (di temperatura, composizione chimica, velocità, posizione) in un certo sistema (un organismo vivente, un oggetto inanimato, una macchina) E' UN LAVORO

Tutte le forme di energia hanno un elemento in comune: sono sempre espressione di un sistema capace di esercitare una forza, che può agire contro un'altra forza.

Possiamo individuare 7 forme di energia:

Energia TERMICA: i termosifoni di casa

Energia CHIMICA: il gas che alimenta la caldaia

Energia ELETTRICA: l'alimentazione del nostro PC

Energia ELETTROMAGNETICA e LUMINOSA: la luce del sole

Energia CINETICA: il vaso che cade dal terrazzo

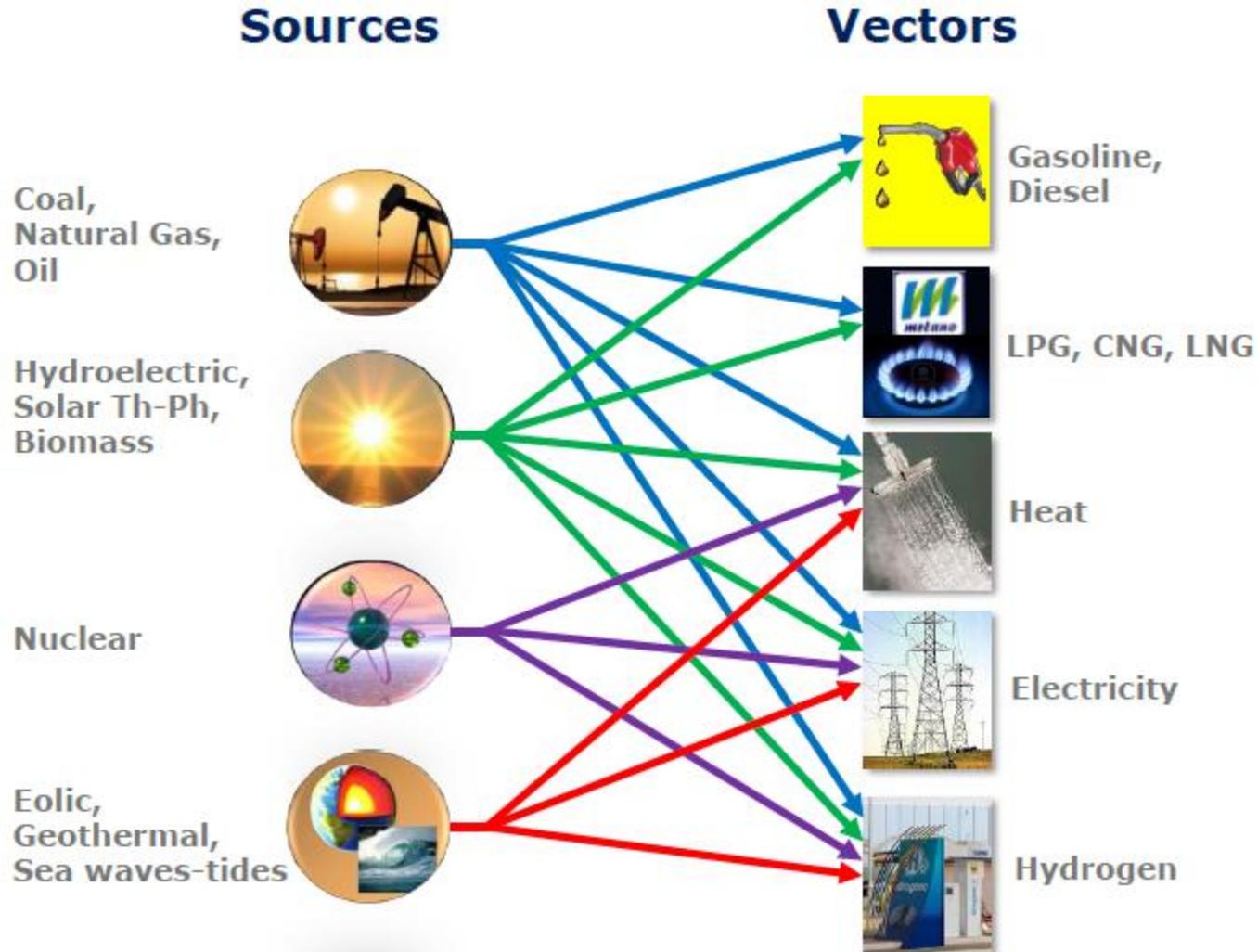
Energia GRAVITAZIONALE:

Energia NUCLEARE

Tabella 1. Diverse forme di energia e alcuni modi o dispositivi con cui una forma di energia si converte nell'altra

DA: \ A:	termica	chimica	elettrica	elettrom. (luminosa)	cinetica	nucleare
termica		reazioni endotermiche	processi termoionici	lampadine a filamento	motori a scoppio	
chimica	combustione		batterie	luciole	muscoli	
elettrica	resistenze elettriche	elettrolisi		elettroluminescenza	motori elettrici	
elettrom. (luminosa)	collettori solari	fotosintesi clorofilliana	pannelli fotovoltaici		vele solari	
cinetica	attrito	reazioni radiolitiche	alternatori elettrici	cariche accelerate		
nucleare	fissione e fusione	ionizzazione	batterie nucleari	ordigni nucleari	radioattività	

Energy sources and energy vectors



Giuseppe BELLUSSI
Senior Vice President R&D-Downstream



FONTI DI ENERGIA

FONTI ENERGETICHE PRIMARIE:

Si chiamano PRIMARIE le fonti energetiche che si trovano in Natura: gas naturale, carbone, uranio, luce del sole.....

FONTI ENERGETICHE SECONDARIE:

Si chiamano SECONDARIE le fonti energetiche che si ottengono dalla trasformazione delle fonti energetiche primarie: benzina, diesel.....

FONTI ENERGETICHE FINALI:

Le fonti di energia, sia primarie che secondarie che vengono utilizzate nella pratica si chiamano FINALI. Sono fonti di energia finale la benzina e l'energia elettrica, ma non il sole o il petrolio.

I primi studi sulle trasformazioni delle forme di energia risalgono a più di 2 secoli fa e si basavano su macchine che trasformavano calore in energia meccanica e vice-versa. Questa branca della fisica ha preso il nome di TERMODINAMICA.

Alcuni scienziati, soprattutto Inglesi, Francesi e Tedeschi, misero le basi di questa disciplina. Avendo l'intento di spiegare il funzionamento di alcune macchine, posero in realtà le basi per la comprensione di alcuni principi che reggono l'universo.

Il PRIMO ed il SECONDO PRINCIPIO della termodinamica

L'energia termica o CALORE è la manifestazione del movimento incessante con cui si agitano gli atomi di cui è composta la materia.

Più difficile è l'espressione della TEMPERATURA. Il concetto di temperatura esprime l'energia cinetica media del moto degli atomi. La temperatura definisce la direzione di trasferimento dell'energia termica da un sistema ad un altro. L'energia termica si trasferisce sempre da un corpo che ha "temperatura più alta ad un corpo che ha temperatura più bassa.. Il Processo si arresta al raggiungimento dell'equilibrio termico, cioè quando i corpi sono alla stessa temperatura.

La "scala" usata per misurare la temperatura è una semplice convenzione ed ognuno può usare quella che più gli piace (Celsius, Kelvin.....)

IL Calore, è l'energia scambiata fra due corpi che sono a temperature diverse. Per millenni si è ritenuto che il calore fosse un fluido immateriale..... NON é VERO!

Quando scaldiamo l'acqua in una pentola, il calore del fuoco è trasmesso alla pentola e la pentola lo trasmette all'acqua!

IL PRIMO PRINCIPIO

L'energia di un sistema ISOLATO (cioè che non scambia energia con ciò che lo circonda) è sempre la stessa.

Dunque: l'energia totale del sistema isolato per eccellenza: l'UNIVERSO, è COSTANTE

L'energia del cibo che ingeriamo, o la si spende in esercizio fisico/mentale, o la si accumula.....

L'energia contenuta nella benzina usata da un'autovettura in movimento si converte in molte forme: termica, meccanica

IL SECONDO PRINCIPIO

In un sistema isolato l'energia termica si trasferisce da un corpo a temperatura più alta ad un corpo a temperatura più bassa.

Il secondo principio conduce alla nozione che esiste una gerarchia fra le varie forme di energia. Ogni volta che si produce lavoro, consumando energia, parte di questa si dissipa in calore.

L'energia termica fa capolino in ogni processo di conversione di energia.

**Tutte le energie si possono convertire completamente in energia termica, ma.....
l'inverso non è possibile.**

**Tutte le volte che convertiamo una energia NOBILE in un'altra forma di energia,
parte dell'energia non è utilizzata per compiere LAVORO, ma si disperde in CALORE**

Il Lavoro si misura in Joule, ma come si esprime 1 Joule nel sistema di misura internazionale?

Il LAVORO è: FORZA x SPOSTAMENTO

La FORZA è: MASSA x ACCELERAZIONE

L'ACCELERAZIONE si esprime come LUNGHEZZA/ TEMPO²

LAVORO = ENERGIA = MASSA X LUNGHEZZA² / TEMPO²

La POTENZA si esprime in Watt (W). 1W = 1J/s

Sfortunatamente il joule è un'unità molto piccola. 1 topolino di campagna consuma 50.000 joule al giorno per sopravvivere.

Nella pratica si usano altre unità di misura: la **kilocaloria** (per misurare l'energia termica) e il **kilowattora** per misurare l'energia elettrica. Altre unità di misura in uso si rifanno a quantità di massa o volumi di combustibili fossili a cui può essere associata una certa quantità di energia. La più usata è il **tep** (tonnellata equivalente di petrolio o in inglese toe ton of oil equivalent) **che rappresenta l'energia termica sprigionata dalla combustione completa di una tonnellata di petrolio**. Molto diffuso è anche il bep (barile che corrisponde al calore sviluppato dalla combustione totale di 159 litri di petrolio).

Una centrale termica non può convertire tutta l'energia chimica del combustibile in energia elettrica. La maggior parte dell'energia si converte in calore.....Anche le centrali nucleari hanno un rendimento che non supera il 30-35%.

Il secondo principio ci svela una profonda asimmetria della natura:

Il disordine si ottiene molto facilmente, mentre l'ordine costa lavoro, tempo, fatica.

I sistemi naturali tendono al disordine; il disordine si esprime scientificamente con una funzione chiamata ENTROPIA. L'energia dell'universo è costante, ma l'entropia è in continuo aumento.

Un viaggio sulla scala delle energie.....

Quanta energia è racchiusa in un legame C-C ed in un legame C-H? Ciascun legame contiene circa 0.7 miliardesimi di miliardesimi di joule (0.7 aJ -0,7 atto joule).

Una persona ben nutrita assume in un giorno 10 milioni di Joule (10 MJ- 10 mega Joule).

1kg di carbone contiene 30 MJ

Il consumo mondiale annuale di energia primaria si aggira oggi intorno a 470 miliardi di miliardi di joule 470 EJ esajoule. Di questi, i 4/5 (380) sono combustibili fossili.

La più grande bomba a idrogeno ha sviluppato 240 milioni di miliardi di joule 240 PJ (petra Joule). Ogni anno la terra riceve 5,5 milioni di miliardi di miliardi di joule (5500.000 EJ – esa Joule). Di questi 2000 EJ sono convertiti in biomassa dalla fotosintesi.

Passiamo ora a considerare la potenza:

Una lampadina consuma 60 W; una lavatrice a 60 gradi consuma 800 W; una Ferrari 550 mila W, 550 kW. **La velocità media con cui consumiamo energia su scala mondiale ammonta a circa 15 mila miliardi di watt (15 TW – tera Watt)** valore che si ottiene dividendo il consumo energetico mondiale annuale (470 EJ) per i secondi (31,5 milioni).

Come è cambiata la nostra vita.....

Per molti millenni l'umanità ha tratto energia dal lavoro muscolare degli uomini e degli animali, dal vento, dai corsi d'acqua, dalle biomasse. Nelle grandi civiltà del passato, una grande fonte energetica era rappresentata dal lavoro degli schiavi.

Un uomo può esercitare una potenza di 800 watt (800 W) per un tempo breve, che si riduce a 50 W per un'attività continuativa.. Possiamo stimare che le 12 ore lavorative di 1 schiavo possano corrispondere a 600 wattora.

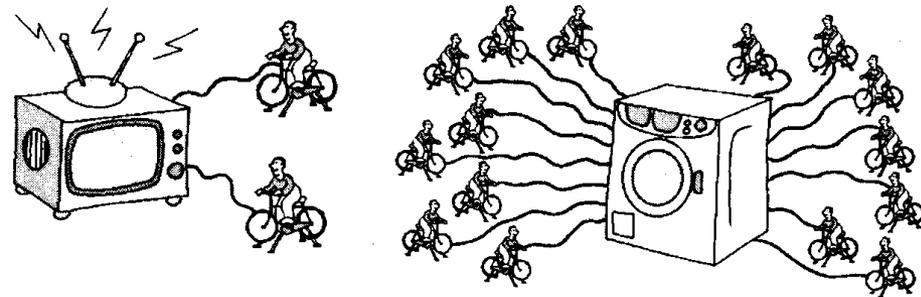


Figura 1. La potenza elettrica necessaria per far funzionare un televisore equivale a quella sviluppata dal lavoro di due persone; per un bucato in lavatrice occorrerebbe il lavoro continuativo di una quindicina di persone.

Dieci minuti di phon (potenza 1,2kW), consumano 200 Wh (circa 1 h di 4 schiavi); una stufetta di potenza di 2,5 kW equivale utilizzare l'energia di 50 schiavi. Un'auto di media cilindrata eroga la potenza di circa 80 kW, viaggiando a velocità di crociera compie un lavoro pari a 1600 schiavi. Il Boing 747 in fase di decollo sviluppa una potenza di 80 MW, pari a 1 milione e 600 mila schiavi energetici.

Una centrale termoelettrica che eroga la potenza di 800 MW, potrebbe funzionare con il "lavoro muscolare" di 16 milioni di persone. In Italia sono installati oltre 100000 MW che equivalgono ad una potenza muscolare di 2 miliardi di persone.

Storicamente **il legname** è stata la materia prima più utilizzata per soddisfare i bisogni energetici (cuocere i cibi, riscaldare) e come materia prima (costruire case, imbarcazioni....)

Tra il **500 ed il 600** si è iniziato ad usare **il carbone**. Il carbone è meno facile da reperire, ma, a parità di peso, elargisce più energia del legno.

Con la disponibilità del carbone aumenta anche la disponibilità di metalli, ricavati da processi di fusione in forni ad alta temperatura.

La più importante innovazione che è stata acquisita con il carbone è stata la caldaia a vapore, brevettata in Inghilterra da James Watt nel 1769. Essa convertiva l'energia chimica del carbone in energia termica e poi in energia meccanica.

SI ERA ALL'INIZIO DELLA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

La macchina di Watt nel corso dell'800 fu progressivamente migliorata ed alla fine dell'800 le caldaie a vapore erano 30 volte più potenti e 10 volte più efficienti della macchina originale.

Nel 900 il carbone era la fonte energetica principale.

Poi ci fu l'avvento del **petrolio**. I primi ad usare il petrolio, da epoche molto remote furono i Cinesi, ma la **prima estrazione industriale** ebbe inizio negli **Stati Uniti d'America nel 1859** (oil Creek in Pennsylvania). Nella seconda metà del secolo le estrazioni si estesero in altre regioni (Texas, California), in Romania, sul Mar Caspio, in Indonesia.

Ad inizio del 900 si aprirono trivellazioni in Messico, Iran e Venezuela. Il primo pozzo in Arabia Saudita iniziò a produrre nel 1938.

Nel secondo dopoguerra si iniziò anche lo sfruttamento del gas naturale.

Con il petrolio e con l'invenzione del motore a combustione interna, iniziò il forte sviluppo dei trasporti.

Lo spartiacque tra l'epoca del carbone e quella del petrolio può essere fissata nel 1911, quando la flotta Inglese adottò il petrolio come combustibile al posto del carbone.

A differenza del legname, il passaggio da carbone a petrolio non fu decretato dalla scarsità di materia prima, ma perchè l'alternativa era più vantaggiosa.

In ogni caso il carbone ha mantenuto sempre una "fetta" del mercato produttivo energetico: circa il 25% (in gran parte per la produzione di energia elettrica).

Le previsioni indicano un ritorno al carbone, soprattutto per i paesi emergenti che ne sono ricchi e che scarseggiano di petrolio (vedi CINA).

Energia Nascosta

Nelle valutazioni energetiche non sempre si considera che la produzione di ciascun bene richiede energia.....

Per produrre 1 tonnellata (t) di fogli di carta, sono necessari 0,8 tep (tonnellate equivalenti di petrolio).

Per le materie plastiche 1,5-3 tep/t

Per l'alluminio 5 tep/t

Per il titanio 20 tep/t

Per costruire un'auto 3 tep/t Si può quindi stimare che, ancora prima di circolare, un' auto ha consumato circa il 25% dell'energia totale che consumerà prima di essere rottamata.

Per costruire un PC serve l'energia fornita da circa 250 Kg di petrolio. Ciò significa che ancora prima di essere acceso un computer ha consumato una quantità di energia di circa 3 volte maggiore di quella che userà in tutta la sua vita utile.....

ROTTAMARE UN QUALSIASI OGGETTO SIGNIFICA BUTTARE VIA L'ENERGIA CHE È SERVITA PER PRODURLO.....

Anche procurarsi energia costa energia.....

Estrarre **petrolio** costa circa il **5%** dell'energia ottenuta. Il **trasporto** via mare costa **1%**. Se il petrolio è estratto dalle **sabbie bituminose**..... Allora il costo sale fino al **35%**.

Il **trasporto** del **petrolio** via mare costa circa **l'1%** ; analoghi trasporti per il **gas naturale** salgono all'**11-15%**, poichè per essere trasportato il gas naturale deve essere liquefatto a **-162 °C** e mantenuto a quella temperatura. Arrivato a destinazione, il gas naturale viene rigassificato e immesso nella rete di gasdotti. Circa ogni 100 Km il gas viene sottoposto a pompaggio per riuscire a raggiungere la destinazione finale.

Estrarre **carbone**, costa circa il **20%** dell'energia che si può ottenere. La produzione di energia elettrica mediante una centrale a carbone ha una efficienza del **30-40 %** dell'energia primaria. Altra energia va spesa per la costruzione delle centrali, degli impianti di trasmissione e ulteriori perdite avvengono per la trasmissione su lunghe distanze.

Nel caso dei **pannelli fotovoltaici** e delle turbine eoliche il **costo del trasporto energetico è nullo**, mentre rimane l'investimento iniziale per la produzione dei dispositivi. Si stima che la quantità di energia richiesta per la produzione di pannelli solari sia recuperata in **1-3 anni** di uso.

Michael Faraday nel 1831 scoprì che è possibile trasformare l'energia meccanica in energia elettrica e vice versa, sfruttando il fenomeno dell'induzione elettromagnetica. Questa scoperta, unita alla possibilità di generare movimento meccanico dalla combustione di carbone, petrolio e gas, rese possibile la produzione di energia elettrica su larga scala.

La prima centrale elettrica entrò in funzione a Londra il 12 gennaio 1882

L'energia elettrica, oltre ad essere fondamentale per molti processi industriali e per i trasporti ferroviari, ha cambiato la faccia delle città ed il modo di vivere dei cittadini dei paesi RICCHI.

La nostra dipendenza dall'energia elettrica ha raggiunto livelli patologici: senza di essa non possiamo svolgere praticamente alcuna attività.....

Non bisogna dimenticare che **1,4 miliardi di persone non hanno accesso alle reti elettriche.....**

Le innovazioni nei trasporti

Fino al XIX secolo la possibilità di viaggiare e di trasportare merci si è basata sul lavoro muscolare e sulla possibilità di sfruttare il vento in mare e le correnti sui fiumi.

Cavalli, buoi, dromedari, cammelli ed elefanti sono stati gli animali più usati.

La prima svolta nei trasporti fu portata dalla scoperta di Watt e la caldaia a vapore che entrò in uso sia per i trasporti via mare, che su rotaia.

La prima linea ferroviaria italiana fu Napoli - Portici, inaugurata il 3 ottobre del 1839 da Ferdinando di Borbone. Nel 1904 entrò in funzione la transiberiana, ancora oggi la ferrovia più lunga al mondo (9000 Km).

La caldaia a vapore non divenne però il motore dominante, grazie al diffondersi del petrolio. La disponibilità del petrolio diede impulso allo sviluppo dei motori a combustione interna.

Con i motori a combustione interna non era necessario produrre vapore da usare come forza meccanica, il combustibile può produrre lavoro meccanico direttamente .

I brevetti furono molti nel 1858 da Barsanti e Matteucci, poi quelli del motore a 4 tempi (ciclo otto 1876). Nel 1885 Karl Benz costruì il primo veicolo a 4 ruote. La FIAT nacque nel 1899. In città i trasporti erano garantiti dai cavalli. Nel 1901 a Londra ce ne erano 300.000.

La produzione di auto, su scala industriale ha inizio negli Stati Uniti con Henry Ford, un imprenditore del Michigan.

La mattina del 17 dicembre 1903 si alzò in volo il primo aereo.

Il primo volo Parigi-Lodra fu nel 1919.

Fu solo dopo la seconda guerra mondiale che l'aviazione civile si è affermata definitivamente (motori a reazione, materiali leggeri e robusti.....) il passo è breve verso l'esplorazione dello spazio.

Il petrolio si trasforma in cibo

Prima dell'entrata in uso dei combustibili fossili, la maggior parte della forza lavoro di una nazione era dedicata all'agricoltura. Oggi negli Stati Uniti, i maggiori produttori mondiali di derrate alimentari, solo 1% della forza lavoro proviene dall'agricoltura. **Nell'agricoltura moderna il lavoro è fatto dalle macchine agricole, come pure la distribuzione dell'acqua, dei pesticidi.**

Nel corso del ventesimo secolo la superficie terrestre coltivata è aumentata solo del 30% per cento, mentre le produzioni sono salite di 6 volte.

Anche l'agricoltura è petrolio-dipendente. Il costo è di 0,1 tep/t per il grano; 0,25 tep/t per il riso; ortaggi prodotti in serra richiedono apporti energetici anche 50 volte più sfavorevoli.

Se andiamo a considerare il costo energetico per allevare una mucca..... 1 Kg di carne necessita di 7 l di petrolio.

Dal fuoco all'aria condizionata

L'uomo delle caverne si scaldava con il fuoco e per millenni, il legname è stata la principale risorsa per scaldarsi e per cucinare il cibo. **Ancora oggi 1 miliardo di persone ricorrono a legna, sterpaglie e sterco per riscaldarsi. In Africa, se si esclude il Sud Africa ed i paesi del mediterraneo il 70% dell'energia è ancora ricavato dalle biomasse.**

In Europa nel Rinascimento ci si scaldava con stufe a legna, poi convertite a stufe a carbone, più potenti e, con l'ausilio di motori elettrici si passò alla circolazione forzata di aria o acqua. A causa dl forte impatto ambientale dei fumi prodotti, il carbone è stato gradualmente sostituito dal petrolio e poi dal gas.

A metà novecento il costo dell'elettricità incominciò ad essere accessibile, si sono diffusi i condizionatori.....

La diffusione dell'aria condizionata negli edifici ha modificato la distribuzione dei consumi dell'elettricità. Fino a pochi anni fa, il picco di consumo si registrava in inverno al culmine del freddo.... Ora è picco è in estate. Il consumo energetico di una casa dipende da diversi fattori: esposizione, lo schema architettonico, i materiali usati per i muri, il tetto e le finestre....

In Germania nel 1970 una casa unifamiliare di 100 m² consumava 3500 litri di combustibile all'anno, per passare a 1700 litri dopo le disposizioni del 1982 che hanno imposto maggiore attenzione all'isolamento, per poi passare a 1000 dopo le ulteriori norme del 1995. Con le moderne tecnologie si può scendere a 500 litri.

Quanta energia sprechiamo?

Come si è visto dal secondo Principio della Termodinamica, nel convertirsi da una forma all'altra, l'energia in parte si converte in calore. Il basso costo dell'energia ha fatto sì che non ci cercasse di arginare questo "spreco".

Negli Stati Uniti solo il 44% dell'energia primaria si trasforma in servizio energetico utile: il 56% va perduto.

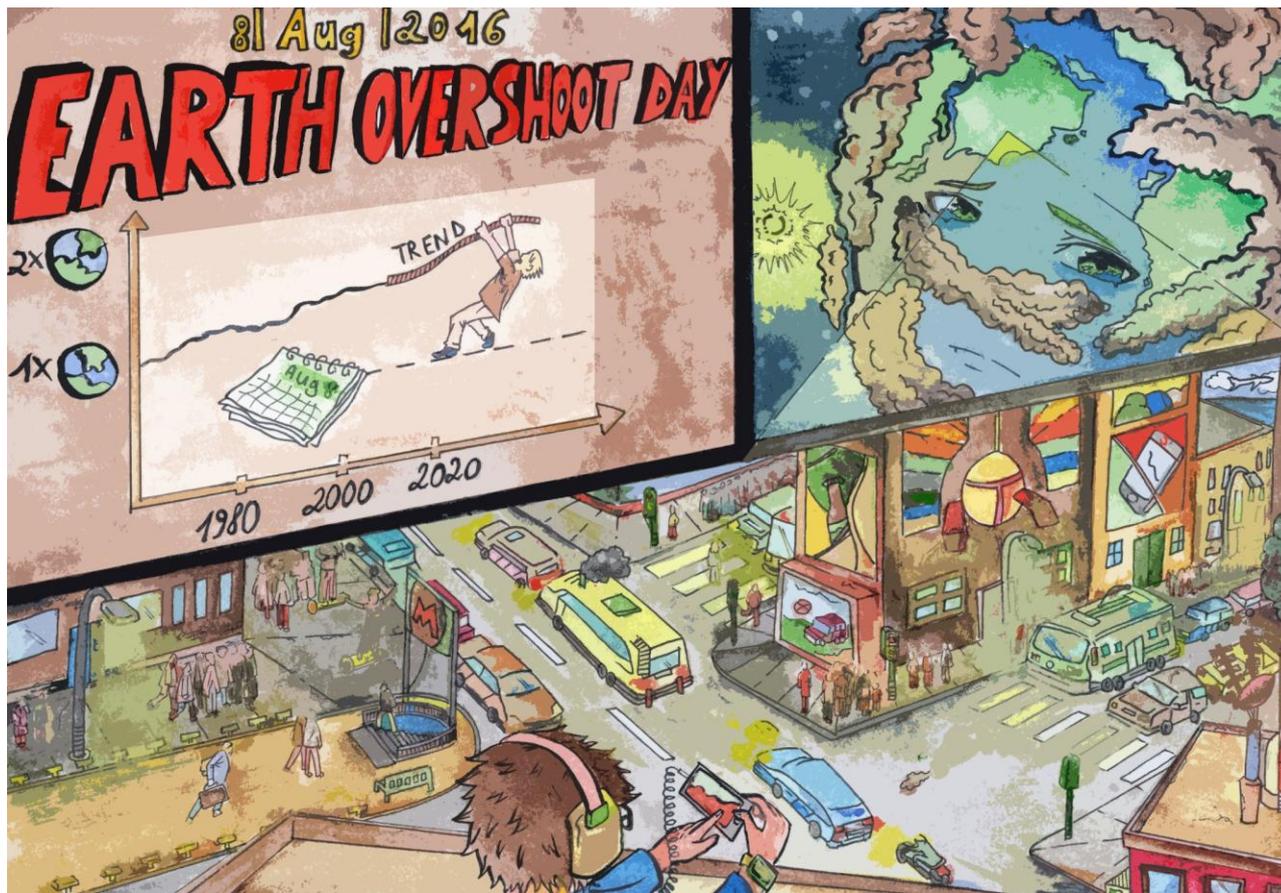
Un evento straordinario che tuttavia non è celebrato in nessun luogo, è relativo a quando è stata avviata la sintesi industriale dell'ammoniaca: 9 Settembre 1913 Laboratori BASF a Ludwigshafen Fritz Haber e Karl Bosh

La sintesi dell'ammoniaca ha permesso la produzione dei fertilizzanti, cambiando completamente il panorama geografico terrestre dando origine ad una vera "esplosione" della popolosità mondiale.

L'azoto è uno degli elementi costitutivi degli aminoacidi, indispensabili per la sintesi delle proteine. In natura si trova molto abbondante in forma di gas, una molecola piuttosto inerte.

Fino al 9 settembre del 1913 solo la natura, tramite alcuni specifici enzimi, era capace di introdurre l'azoto nelle molecole biologiche, tramite la "fissazione" dell'azoto.

La disponibilità di combustibili liquidi e dei fertilizzanti comportò l'impennata demografica avvenuta in pochi decenni nel 1900. **Per far nascere i primi 2 miliardi di persone, l'umanità ha impiegato 5000 anni.** Per i 2 miliardi successivi ne sono bastati 50. I due miliardi seguenti sono nati in 25 anni **Oggi la popolazione ammonta a 7 miliardi di persone e si prevede che arrivi a 9-10 miliardi entro il 2050. ATTENZIONE: la popolazione ingrassa mentre la TERRA si impoverisce.** Ci sono oggi 1,5 miliardi di obesi e 1 miliardo di persone sotto-nutrite. Nei conteggi energetici va anche considerato il consumo energetico nello spostare le risorse. Che senso ha bere a New-York l'acqua minerale San Pelligrino? Eppure succede..



INQUINAMENTO LUMINOSO

Immagini della terra di notte ci rivelano che il pianeta è illuminato in specifiche zone
Le immagini riprese dal satellite, mostrano che le regioni più ricche brillano nella notte, mentre quelle povere e remote. Sono immerse nelle tenebre.
L'Africa è ancora quasi completamente buia.

Le immagini ci rivelano il grande spreco di energia: diffuso nelle nostre città, concentrato in altri luoghi, come per esempio piccole macchie rosse molto intense, concentrata nel Golfo Persico, in Siberia, in Venezuela, nel Golfo di Guinea. Si tratta delle fiamme accese presso i campi di estrazione petrolifera, dove si bruciano gigantesche quantità di combustibili fossili gassosi, che rappresentano un impaccio per l'estrazione del petrolio.

Negli ultimi due decenni si è arrivati a bruciare tra i 150 ed i 170 miliardi di metri cubi di gas all'anno. Circa il 30% dei consumi dell'Unione Europea il 25% di quella degli Usa, il 75% delle esportazioni mondiali del più grande produttore mondiale di gas, la Russia.

Il sistema di trasporti non regge.

I veicoli che circolano negli Stati Uniti d'America usano il 7% di tutta l'energia primaria mondiale.

Il cittadino europeo usa quasi 1/3 dei suoi consumi per spostarsi (a piedi o in bici).

Spostare 1 kg con le gambe costa 3,5kJ di energia, mentre in auto ce ne vogliono 30 kJ.

Spostarsi in aereo è in genere meno dispendioso, da un punto di vista energetico, che in auto.

Le preoccupazioni attuali risiedono nel fatto che gli scarichi degli aerei sono emessi nella parte alta dell'atmosfera, una zona della troposfera molto vulnerabile IL TRENO!

IL TRENO

Spostarsi su rotaia riduce dell'80% il consumo energetico rispetto all'auto. La mobilità su rotaia conviene anche da un punto di vista della sicurezza, ciononostante il sistema non incentiva lo spostamento in treno.

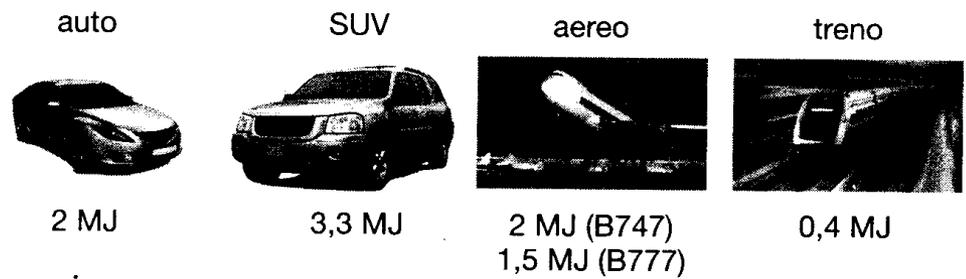


Figura 3. Un confronto fra le prestazioni di alcuni mezzi di trasporto, espresse in termini di energia usata al chilometro per passeggero. Fonte: V. Smil, *Energy: A Beginner's Guide*, One World 2006

Quanto sprechiamo?

Per poter fare una politica sul risparmio energetico, la prima cosa da fare è conoscere quanto consumiamo nei diversi settori.

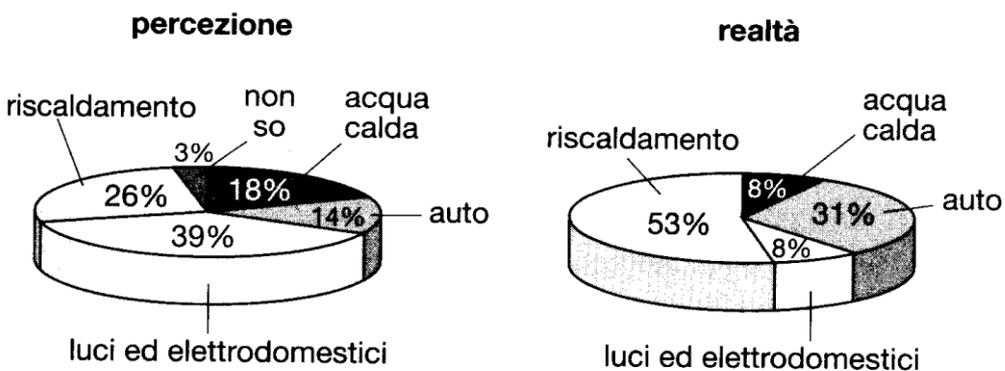
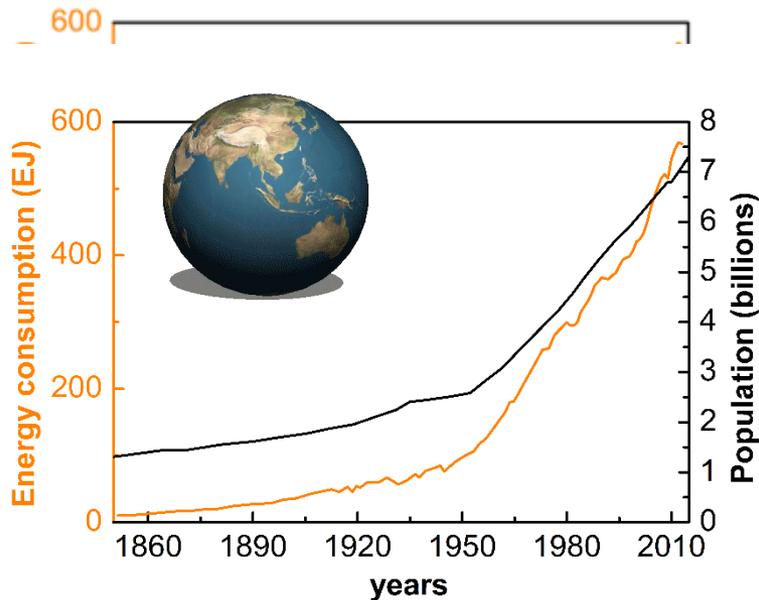


Figura 4. I consumi energetici domestici in Europa: la distribuzione percepita dai cittadini (a sinistra) e quella reale (a destra). Fonte dei dati: Eurobarometer 2007.



ENERGIA e BENESSERE sono strettamente connessi

World energy consumption in 2015: 13 Billion of ton of oil equivalent (toe)



+17% increasing of **world**

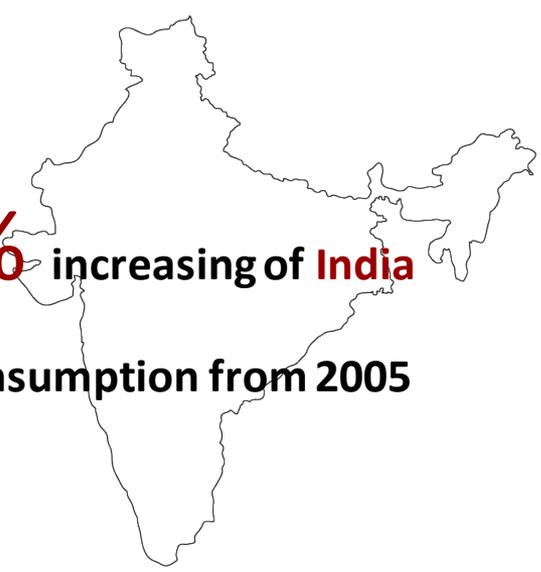
energy consumption from 2005
to 2015

7.5 Billion

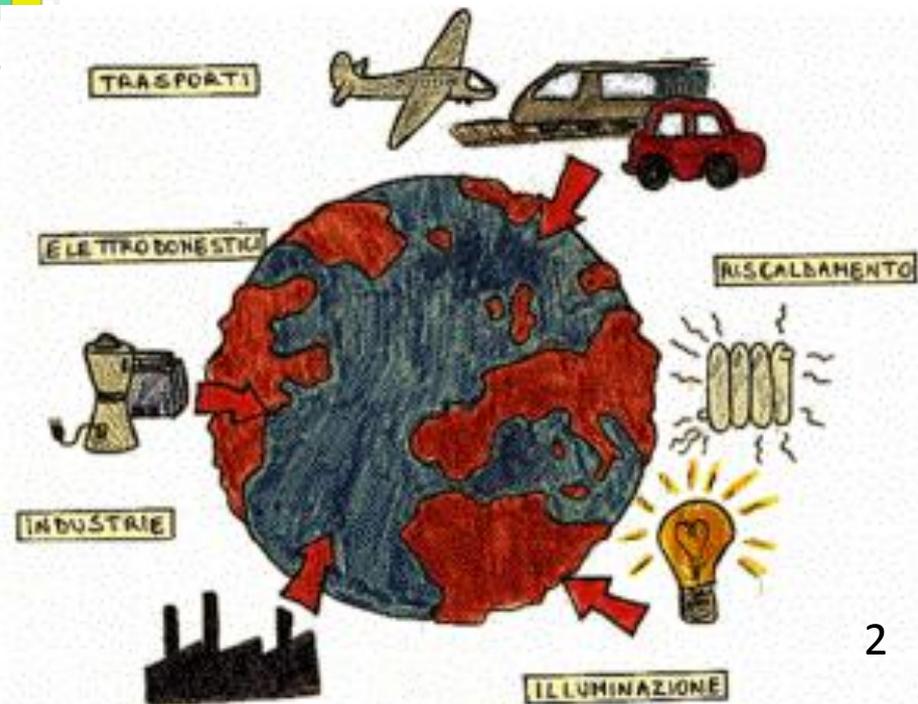
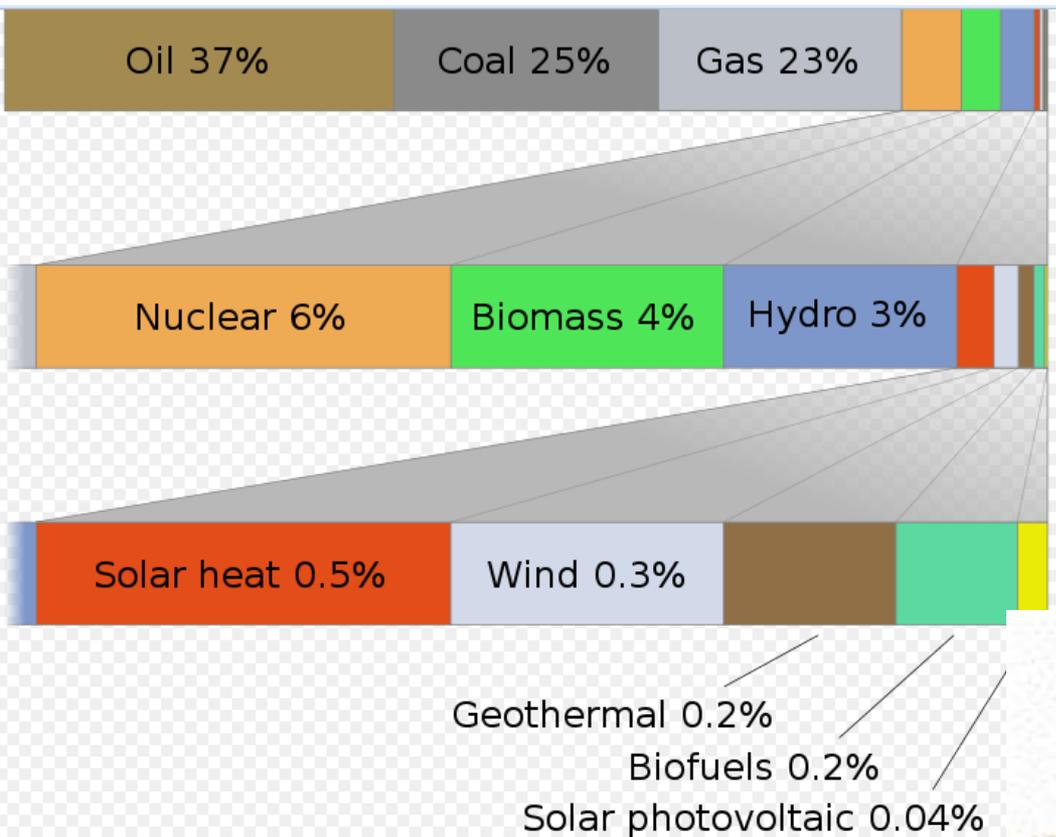


+44% increasing of **India**

energy consumption from 2005
to 2015



Da dove la prendiamo?

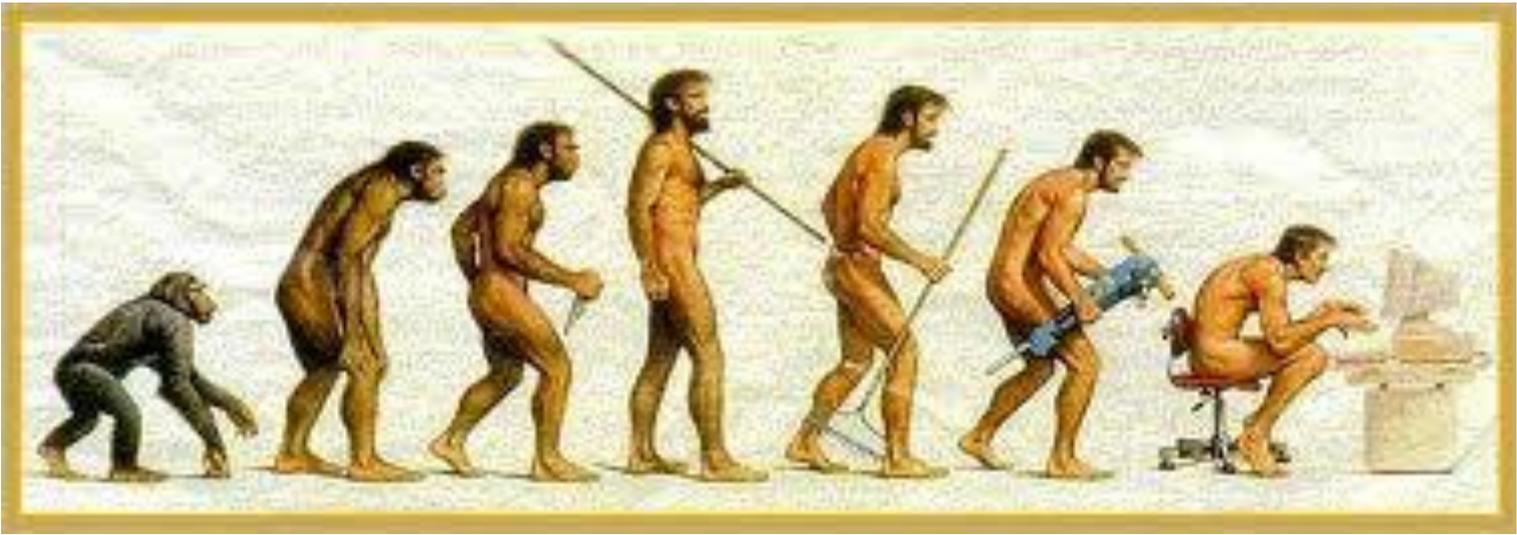


Come la usiamo?

L'uomo tecnologico



[E]volution.....[R]evolution.....[In]volution



Evoluzione.....Rivoluzione.....Involuzione

Energie fossili nella vita di tutti i giorni

TRASPORTO

90% della mobilità si basa sul **petrolio**



ELETTRICITA'



- **60%** dal **Carbone e Gas Naturale**
- **34%** da **Altro**
- **6%** da **Rinnovabili**

Combustibili fossili per la nostra società

Petrolio e **Carbone** sono facilmente trasportabili e stoccati il **gas naturale** NO!



*Elevata densità energetica
sia gravimetrica che
volumetrica*

Nel 2015...

61 milioni di barili di petrolio si muovono ogni giorno

Per un volume equivalente a Dieci Empire State Buildings

Esaurimento del petrolio

Petroleum

- Global share: 3761 Mtoe
- Transport share: 2426 Mtoe

2017

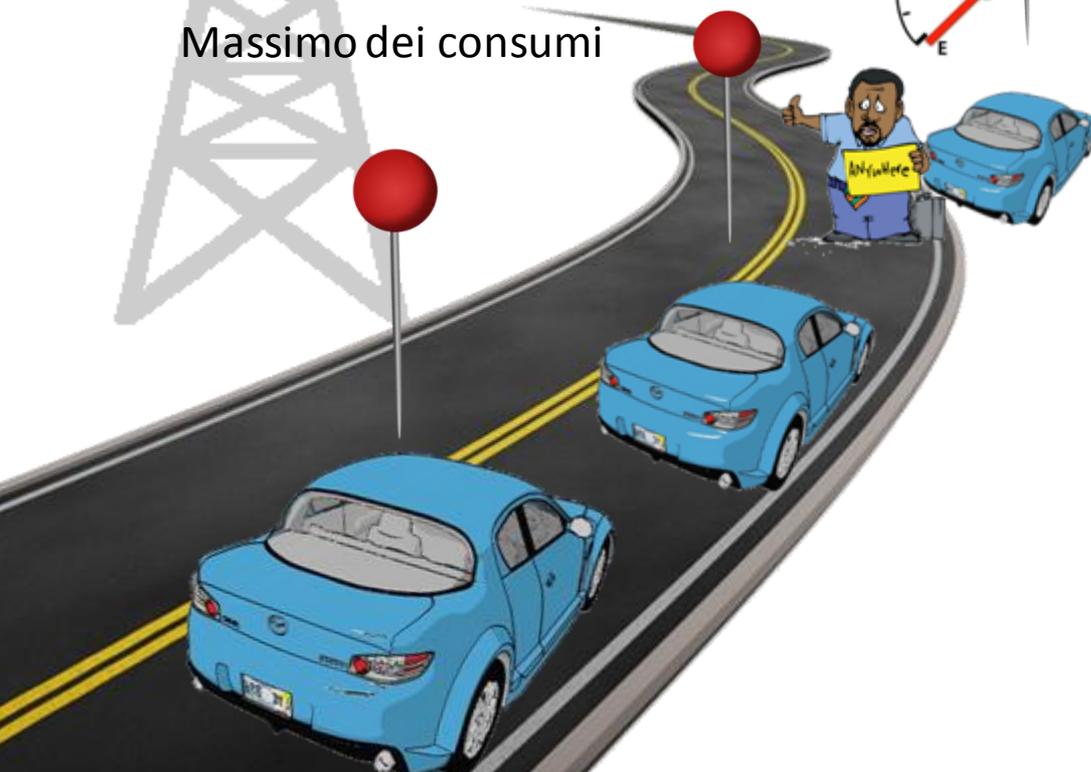
Massimo dei consumi

2050

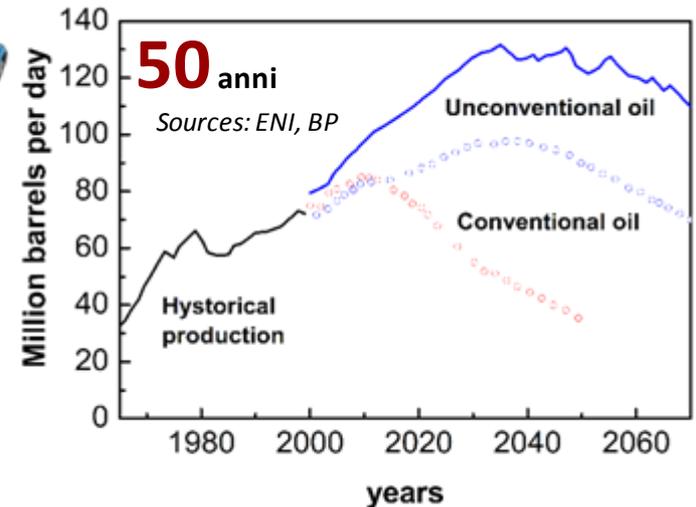
Esaurimento delle risorse petrolifere convenzionali

2065

Esaurimento delle risorse petrolifere non convenzionali



I trend negativi valgono anche per il **Gas naturale ed il carbone**

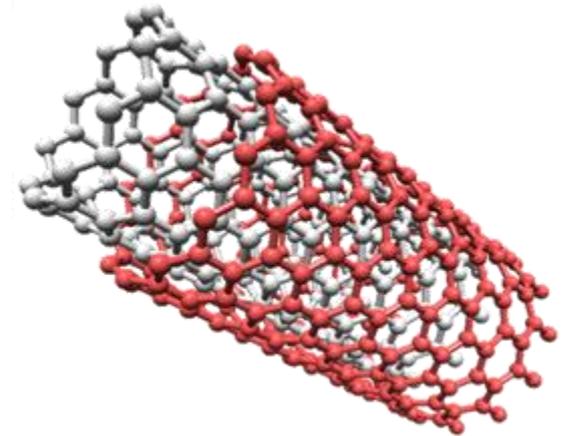


Witze, A., *Nature* 2007

La ricerca si muove su diversi piani:



Aumentare l'uso delle fonti energetiche rinnovabili

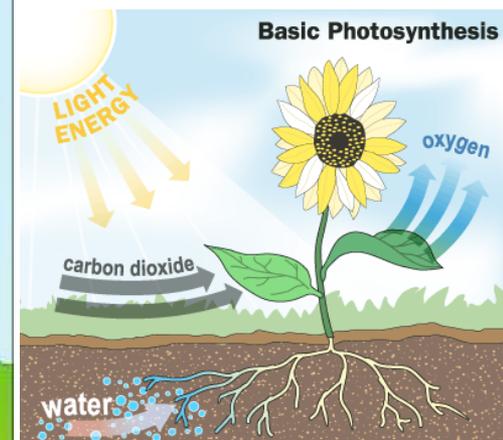
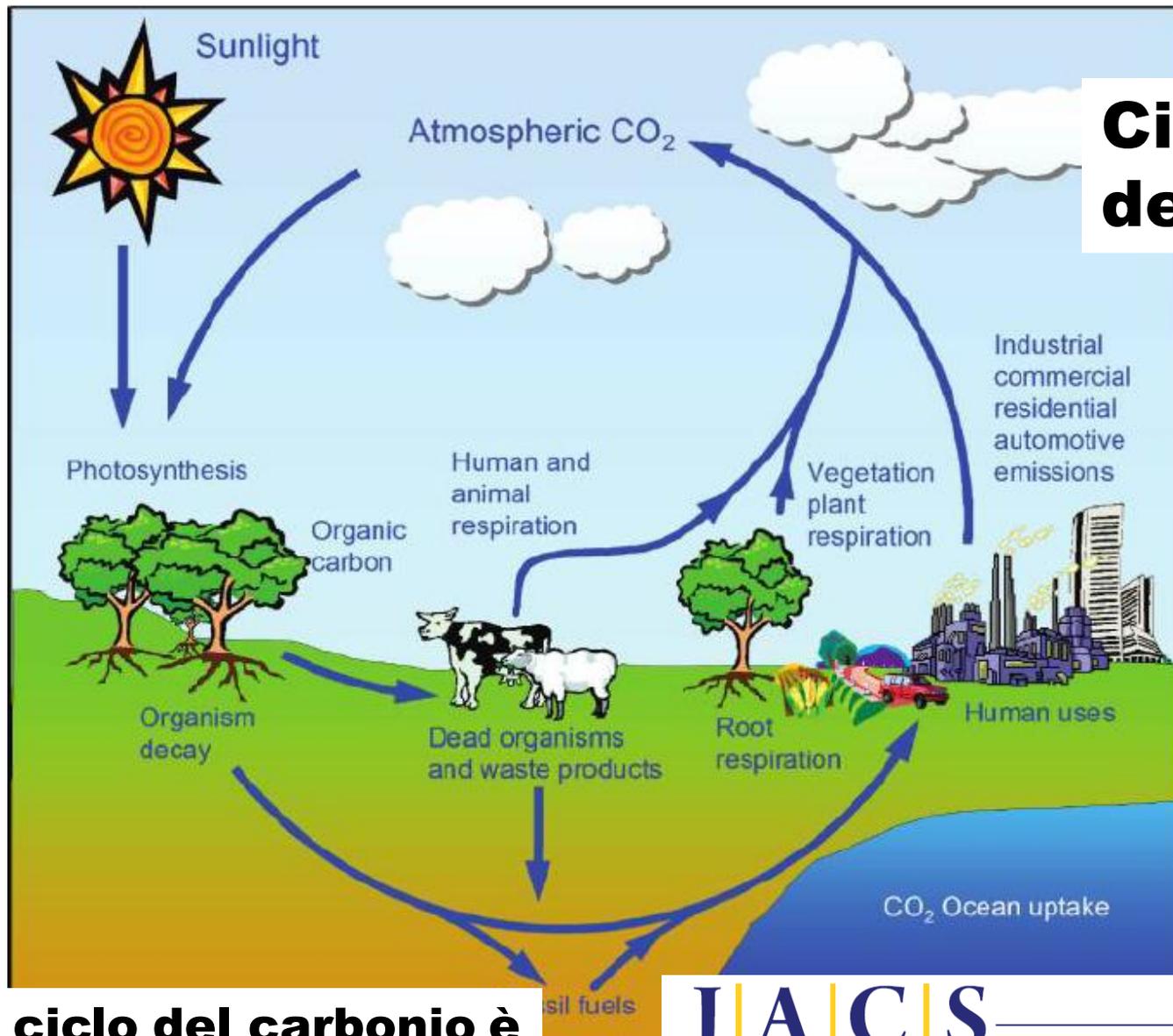


Sviluppare nuove materiali e tecnologie che consentano risparmi nei consumi

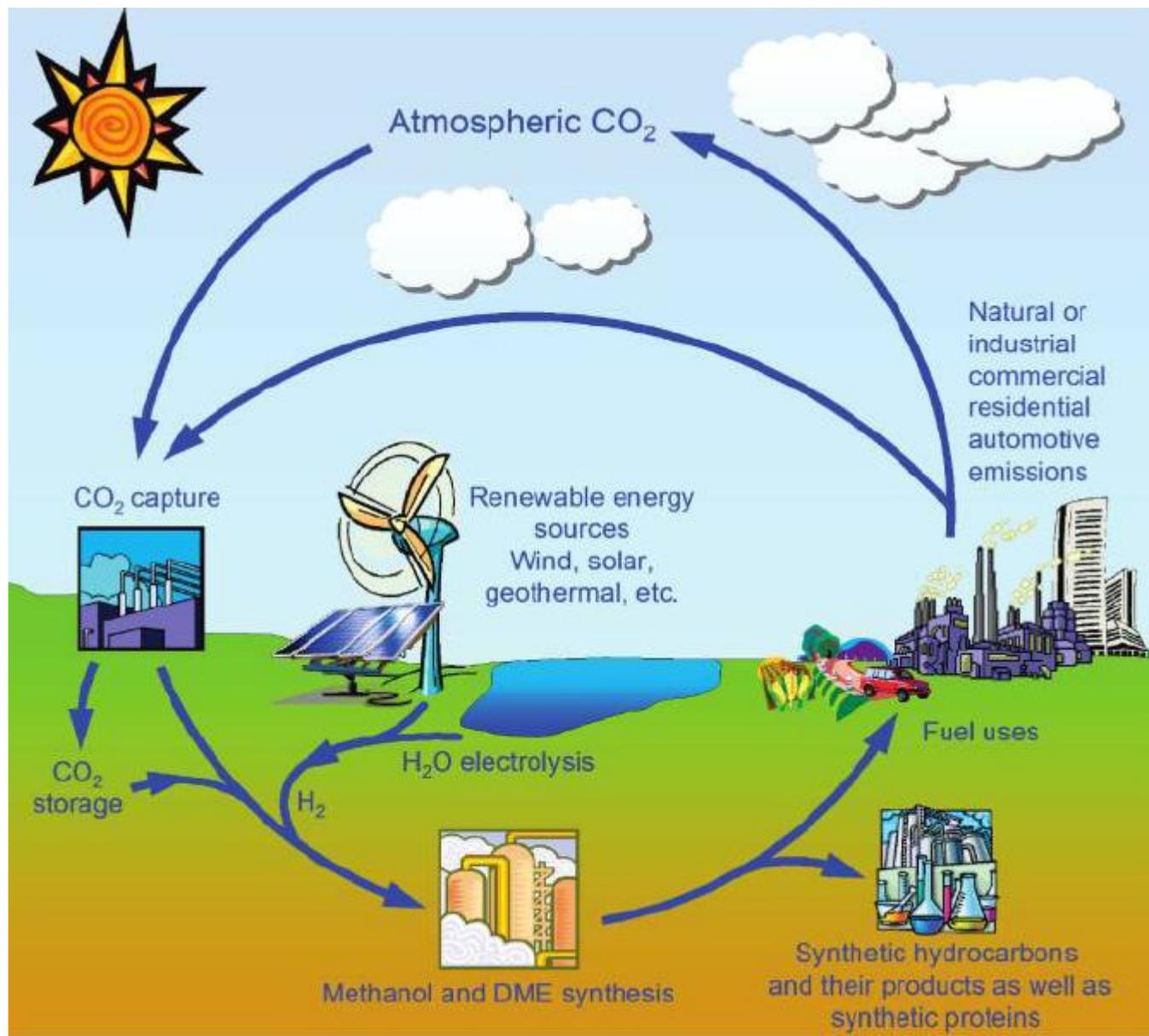


Sviluppare nuovi processi per la sintesi di combustibili da fonti rinnovabili

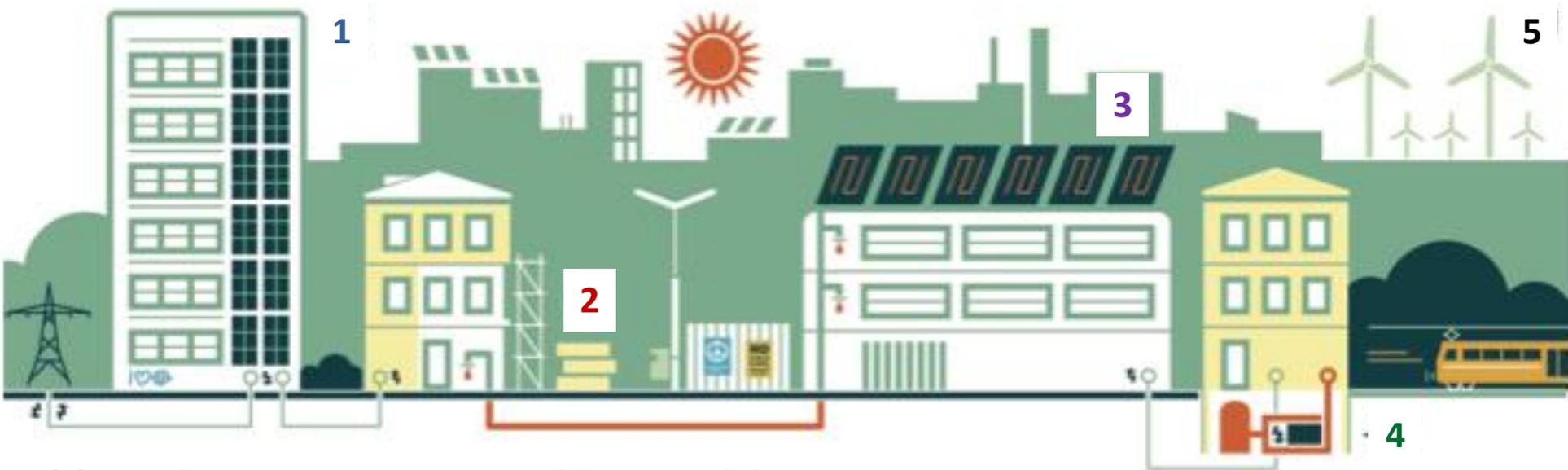
Ciclo naturale del carbonio



Il ciclo del carbonio è andato in crisi.....



Aumentare l'integrazione fra le risorse energetiche per ottimizzarne l'uso e rendere sostenibili gli alti consumi a cui non sappiamo rinunciare



(1) Facciate coperte da pannelli fotovoltaici. I pannelli sono elementi decorativi integrati nell'architettura degli edifici

(2) Opere di restauro di edifici vecchi con materiali innovativi per migliorare l'isolamento e la ventilazione

(3) Pannelli a concentrazione solare per produrre acqua calda, da distribuire anche ad edifici vicini

(4) Ottimizzazione delle dimensioni e specifiche delle caldaie a seconda della dimensione degli edifici da servire, minimizzazione delle dispersioni

(5) Elettricità prodotta in modo pulito o da centrali eoliche o da pannelli fotovoltaici collocati in zone non abitate limitrofe.

Le tecnologie esistenti applicate in maniera decentralizzata ed integrate in sistemi a basso impatto ambientale possono originare nuovi scenari di vita urbana

Il **Solar Impulse**, il primo aereo alimentato a energia solare, è decollato **dalla California** per un volo "coast-to-coast" fino **a New York** in tre tappe.

Il velivolo è pilotato dagli ideatori, l'aerostiere Bertrand Picar e l'ingegnere e pilota Andre Borscherg. **Solar Impulse** potrebbe sostenere un volo "coast to coast" senza scali, viaggiando a una velocità di 70 km orari per tre giorni consecutivi.



L'aereo è dotato di **12 mila celle solari** sulle ali e sugli stabilizzatori orizzontali di coda. Le celle alimentano **2 motori elettrici** per volare a una quota media di 2.000 metri. I motori, con le batterie al litio (usate per alimentare i motori di notte), sono stati fissati sotto le ali.

L'aereo è stato costruito con uno scheletro molto leggero ma molto resistente, di **fibra di carbonio a nido d'ape**, ricoperto da un sottile strato di **materiale polimerico**, le ali e gli stabilizzatori di coda sono coperte da celle solari.

Il peso è di circa 1.700 kg, con un'apertura alare di 64 metri, quasi la stessa di un Boeing 777 o di un Airbus 380 che pesano, invece, qualche centinaio di tonnellate



Mobilità su gomma: AUTO ELETTRICHE

Efficienza o rendimento del motore elettrico.

Nel considerare l'efficienza del motore elettrico (di per sé pari al 90%) va tenuto in conto l'intero ciclo di produzione e utilizzo dell'energia.

Il rendimento del 90% del motore elettrico va infatti scalato di un fattore di circa 0,6 dovuto all'efficienza di conversione dall'energia contenuta nella fonte primaria (l'idrocarburo) in energia elettrica considerando le centrali elettriche più efficienti.

L'efficienza totale nel ciclo di produzione/utilizzazione elettrico diventa quindi pari al 50%, nel migliore dei casi (senza contare le dispersioni nel trasporto dell'elettricità lungo la rete elettrica di trasmissione e distribuzione e di un fattore di efficienza di accumulo dell'energia elettrica nelle batterie di ricarica).

Analogamente, per benzina e diesel andrebbe anche considerata l'energia spesa nella raffinazione e nel trasporto (5%; 1% è il costo per il trasporto). In termini di consumi le vetture elettriche tipicamente consumano da 0,15 a 0,25 kWh/km. Una vettura con motore a combustione interna consuma invece più di 0,5 kWh/km.

Il motore elettrico è dotato di prestazioni superiori alle velocità variabili e non consuma nei casi di fermo/stop. Ne consegue che i maggiori vantaggi li si abbia con un uso urbano.

Batterie auto elettriche al litio. Queste sono le più moderne, ma ne esistono diverse versioni.

Quelle a litio-polimero LiPo sono pericolose perché in caso di urto si possono incendiare ed esplodono. Per questo motivo non vengono usate sui mezzi di trasporto.

Versioni sicure e affidabili delle batterie al litio sono quelle a ioni di litio (Li-Ion), quelle a litio-ferro-fosfato (LiFePO₄) e quelle a litio-ferro-ittrio-fosfato (LiFeYPO₄).

Le migliori al momento sono considerate le LiFePO, che hanno la caratteristica di perdere soltanto il 5% ogni anno della capacità di carica.

PEUGEOT la iOn: utonomia pari a 150 km nel ciclo standard europeo e di una ricarica completa della batteria in 6 ore tramite una comune presa di corrente a 220 V.

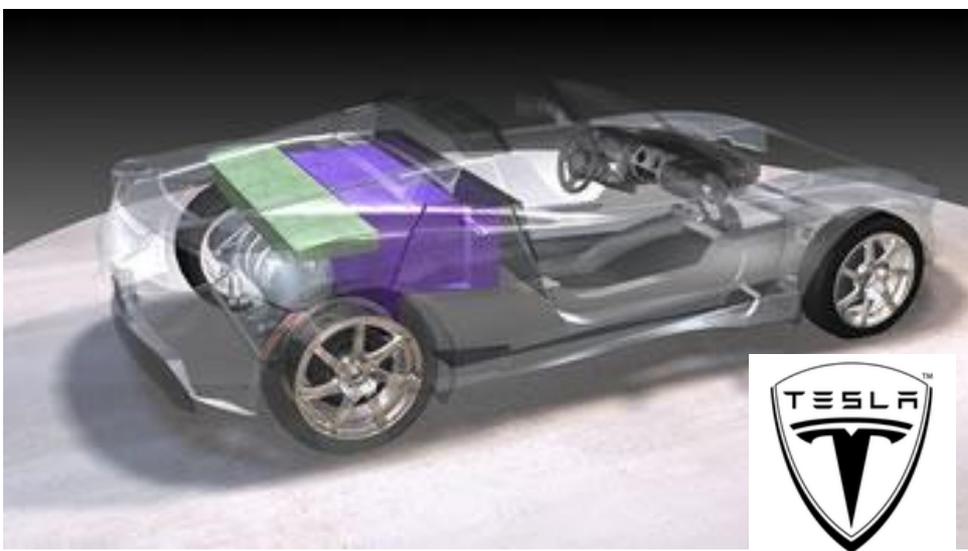
Il motore è alimentato con corrente alternata trifase alla tensione di 330 V, dall' inverter a partire dalla corrente continua erogata da 88 celle al Litio. Considerati gli attuali costi dell'energia elettrica per gli usi domestici il "pieno" verrebbe quindi a costare meno di 3 €.

Auto elettriche equipaggiate con le nuove batterie al litio consentono autonomie dell'ordine di 400–500 km. Le batterie possono essere ricaricate mentre il veicolo viene guidato grazie al freno rigenerativo. Sono anche state sperimentate alcune fonti di energia ausiliarie, come dei moduli fotovoltaici sul tetto della vettura.

1 Gruppo motore-trasmissione
2 Batterie agli ioni di Litio

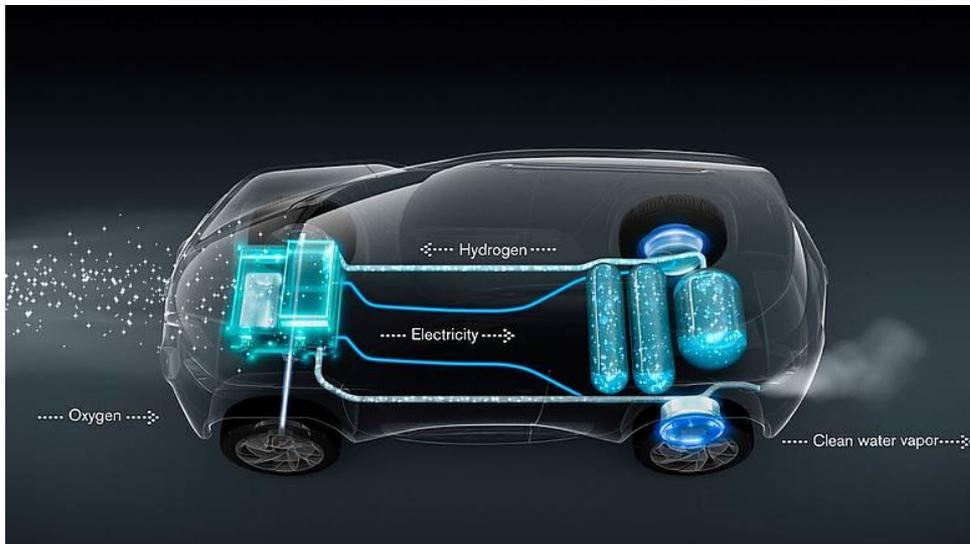


3 Inverter
4 Caricabatteria



Tesla Roadster: pacco di batterie al Litio dal peso di 450 kg. (8 litri di benzina). Velocità massima di 200 Km/h e un'accelerazione da 0 a 100km/h in soli 3,9 secondi. Autonomia 365 km, ricarica in 4-6 h.

Ciclo di vita delle batterie: 7 anni e 100 mila chilometri; costo 10 mila euro. Costo di utilizzo annuale delle batterie 1.400 euro, a cui si aggiunge il costo per la ricarica.



Auto ad IDROGENO

https://youtu.be/1AFF6E_mVeQ

Come funziona un'auto a idrogeno

Un veicolo a idrogeno ha un motore elettrico alimentato dall'energia prodotta da *fuel cell* (celle a combustibile), che fanno reagire l'idrogeno nel serbatoio con l'ossigeno dell'aria, generando **corrente elettrica** e **vapore acqueo**. La prima viene indirizzata al motore e il secondo all'impianto di scarico. Rispetto alle auto elettriche "tradizionali", quelle a idrogeno consentono notevoli risparmi in termini di tempo di ricarica (meno di 5 minuti per un pieno) e una maggiore autonomia, che può arrivare fino a 700 km. Non è oro tutto quel che luccica, anzi è platino, come quello impiegato in grande quantità nelle *fuel cell*, ma un metallo così prezioso si paga: la Toyota Mirai, prima auto a idrogeno prodotta in serie, ha un costo di 80.000 euro, seppure lo sviluppo tecnologico e le economie di scala consentiranno una forte riduzione dei listini.

Grazie alle celle a combustibile, l'idrogeno reagisce con l'ossigeno dell'aria, producendo vapore acqueo ed elettricità. Parte di questa elettricità è destinata all'alimentazione del motore, mentre il resto è immagazzinata nella batteria e usata durante l'accelerazione. I motori possono anche recuperare l'energia in frenata per poi usarla in fase di accelerazione, riducendo così il consumo di idrogeno.

L'idrogeno è prodotto con processi industriali che richiedono energia e questa può provenire da fonti più o meno rinnovabili. Il piano predisposto da MH2IT punta sul **gas naturale** e il **biometano**, sulla base di linee perseguibili e conformi agli impegni dell'Italia in ambito europeo.

Toyota, Hyundai e Honda

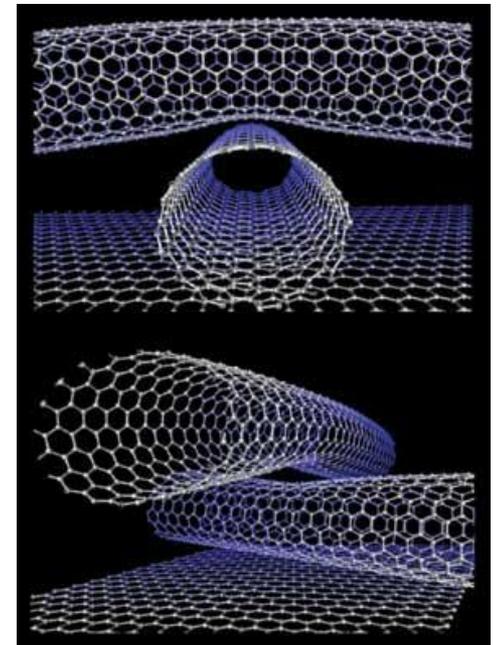
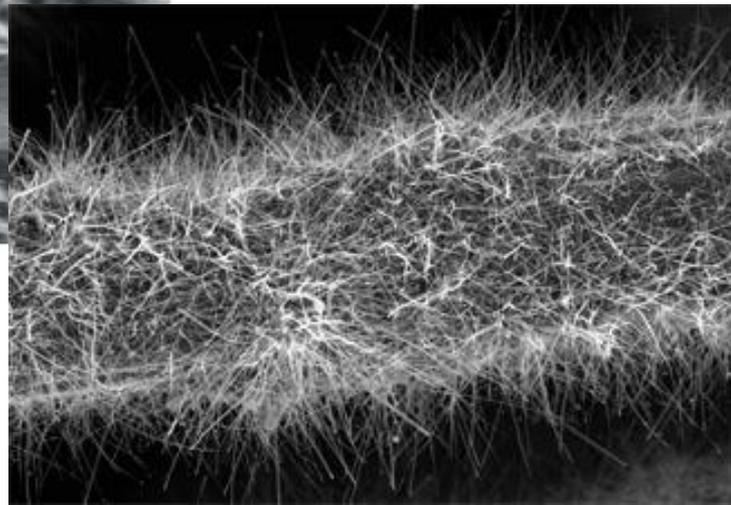
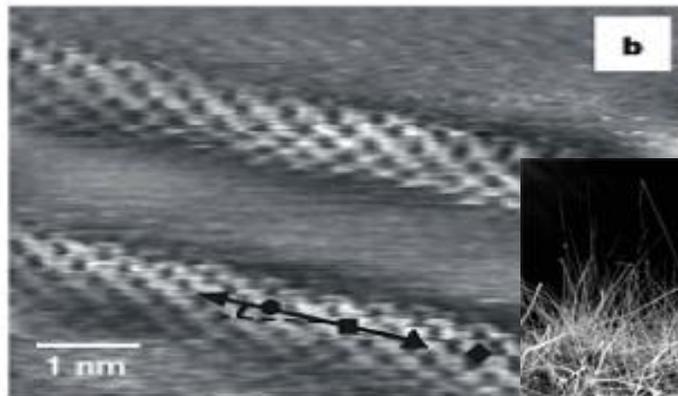
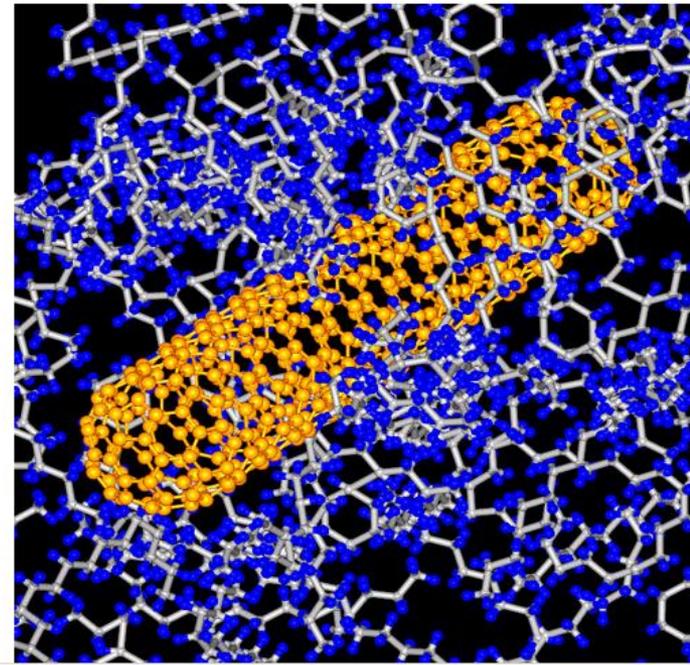
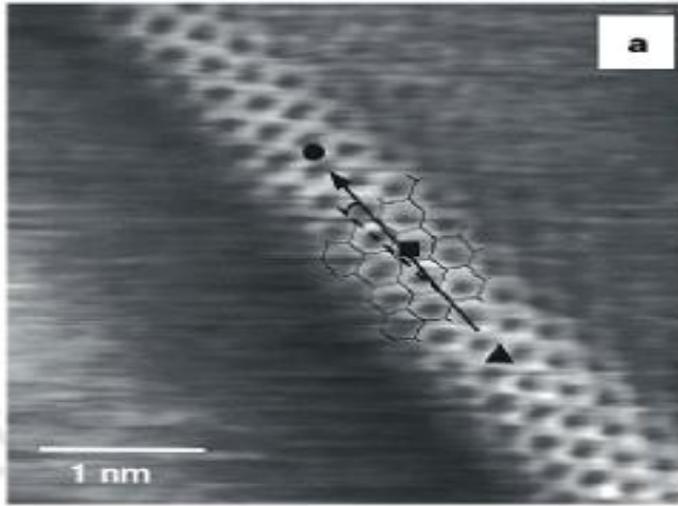
Poche sono le case automobilistiche con modelli a idrogeno già pronti: la **Toyota Mirai**, la **Hyundai ix35** e la **Honda Clarity**. Per vederli anche sulle strade italiane bisogna però attendere una vera rete di rifornimento. Per arrivare ai 5.000 distributori stimati nel 2050, MH2IT ne prevede 20 nei prossimi quattro anni e 200 entro il 2025. Il comparto spera non solo in facilitazioni economiche, ma anche in una **normativa** al passo con i tempi: la legge italiana impone oggi una pressione massima di 350 bar per il rifornimento di idrogeno, mentre le vetture sono già in grado di arrivare a 700, dimezzando i tempi per il pieno.

Diffusione della tecnologia e sviluppo delle infrastrutture

Tra 10 anni circoleranno sulle strade italiane **27.000** auto e **1.100** bus a idrogeno, che diventeranno **8,5 milioni** vetture e **23.000** veicoli di trasporto pubblico nel 2050.

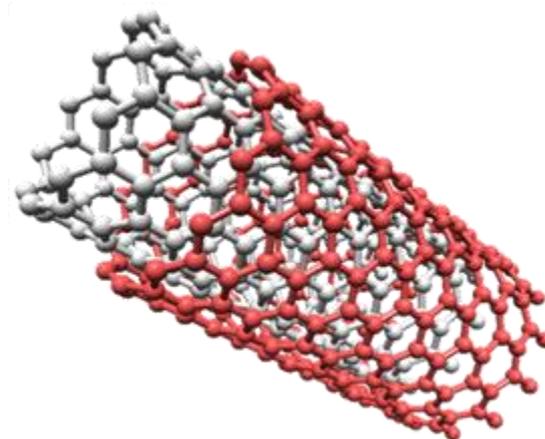
All'unica stazione di rifornimento di Bolzano verranno affiancati **5.000** nuovi impianti nei prossimi 35 anni. Questi numeri - che fanno pensare a un altro mondo - figurano nel **Piano Nazionale per la Mobilità a Idrogeno**, proposto dal Comitato di Indirizzo Strategico di Mobilità Idrogeno Italia (MH2IT) ed illustrato dal suo presidente **Alberto Dossi**. MH2IT è l'organismo che riunisce i leader del settore ed affianca le autorità nazionali nella redazione del documento di programmazione che il governo presenterà alla Commissione Europea entro novembre, come previsto dalla Direttiva 2014/94/UE sullo sviluppo del mercato dei combustibili alternativi.

Materiali compositi a base di carbonio

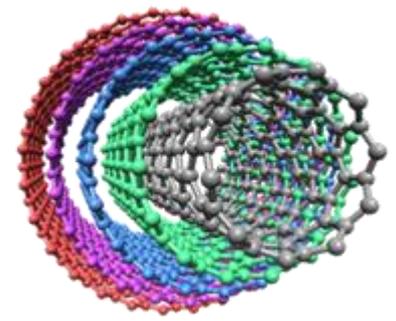
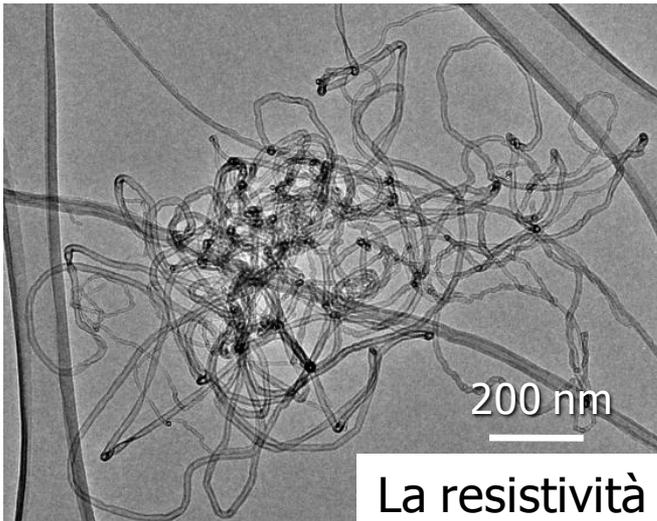
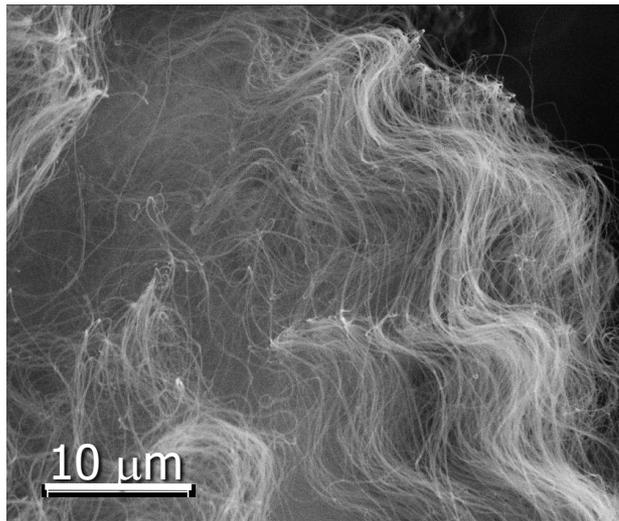


La ricerca si muove su diversi piani:

Sviluppare nuove materiali e tecnologie che consentano risparmi nei consumi



Proprietà conduttive dei nanotubi di carbonio



Si può pensare di creare dei circuiti conduttivi, direttamente inglobati in una matrice polimerica usata tradizionalmente per fare i manufatti, senza usare i tradizionali cavi metallici?

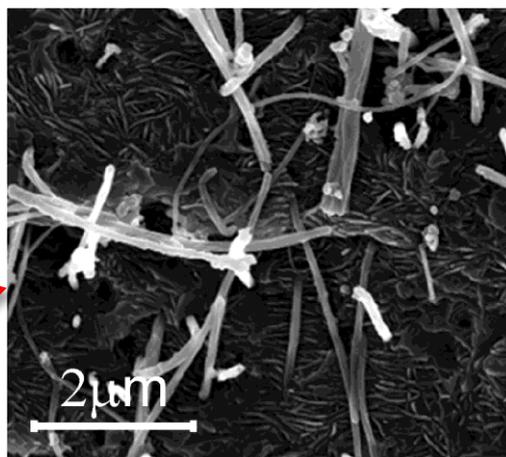
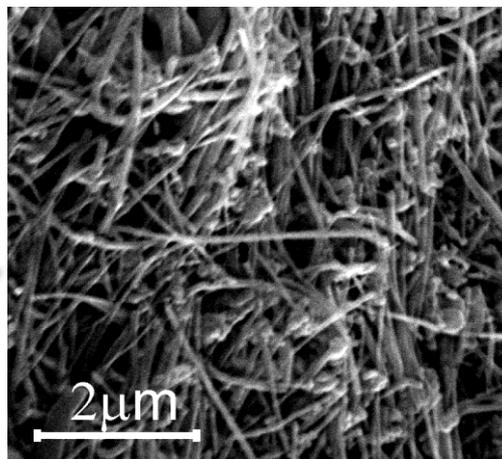
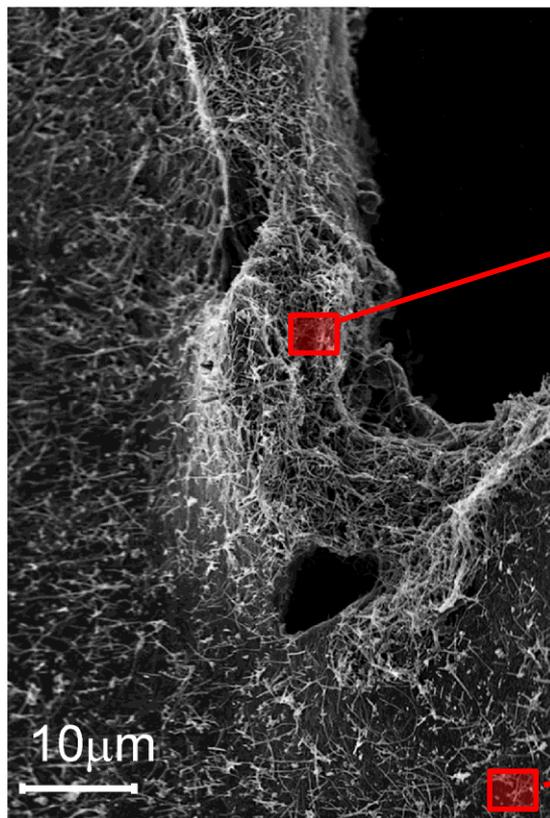
La resistività nei Nanotubi di carbonio ($\Omega \text{ cm}$) $10^{-4} - 10^{-6}$



Si possono sostituire i cavi di Rame?

La resistività del RAME ($\Omega \text{ cm}$) $1.68 \cdot 10^{-6}$

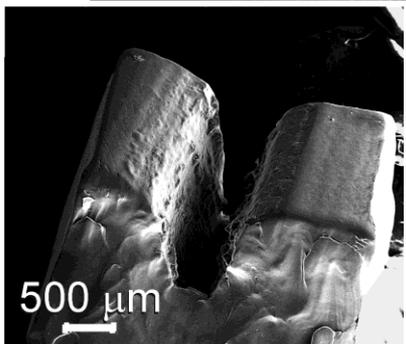
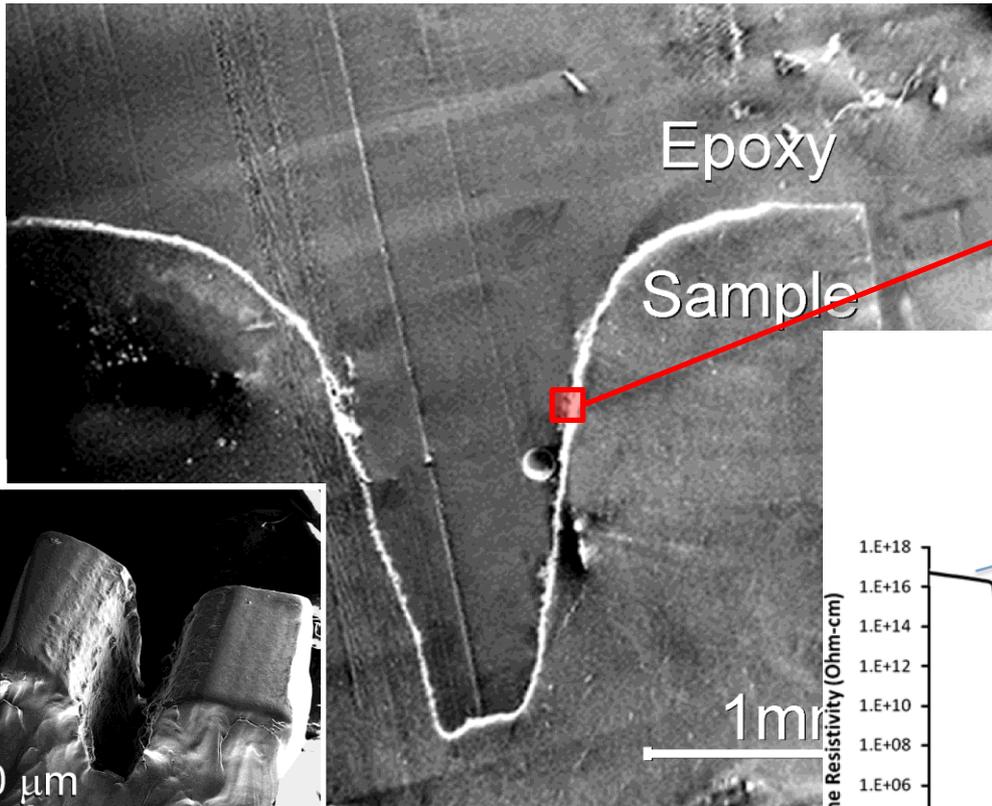
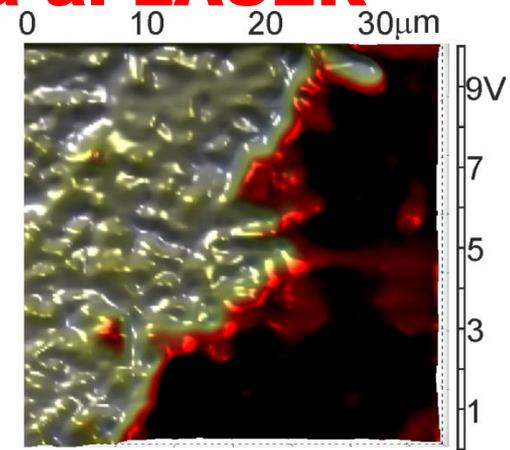
CNT/HDPE composite (3wt% CNTs)



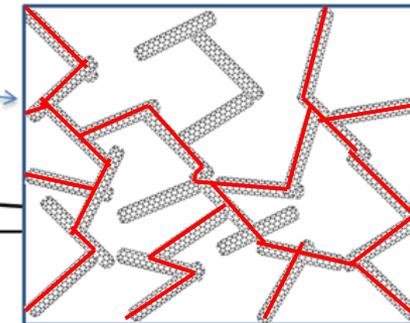
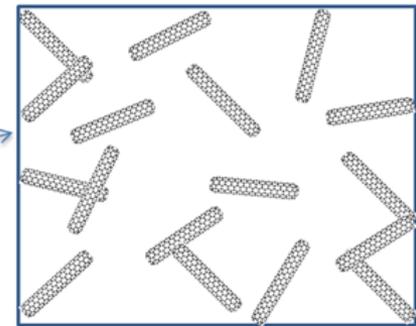
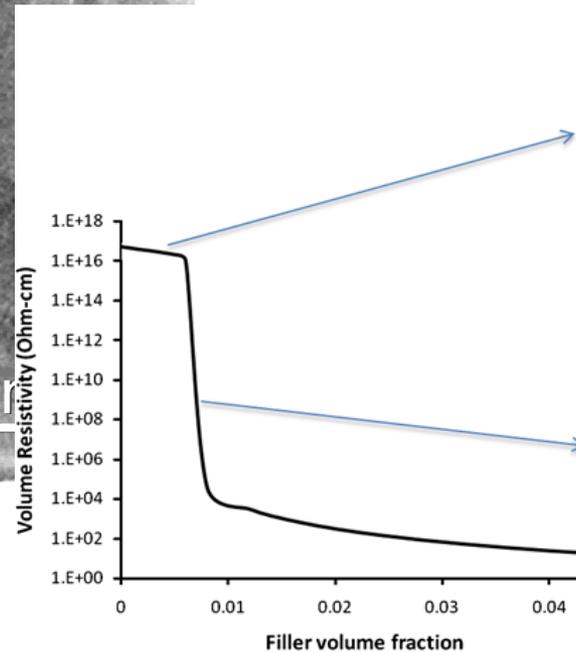
Nanocompositi conduttori a nanotubi di carbonio laser attivati per sensoristica integrata

Bando Converging Technologies 2007 - Regione Piemonte

Sezione della regione sottoposta al LASER CNT/polimero (3wt% CNTs)



Isolante ($R \rightarrow \infty$)



Conduttore ($R \rightarrow 0$)

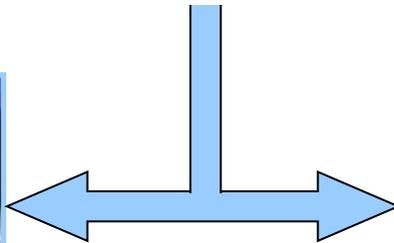
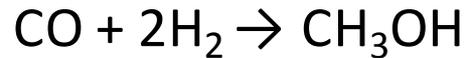


Sviluppare nuovi processi per la sintesi di combustibili da fonti rinnovabili

Dal Metanolo agli idrocarburi



Gas naturale, biomasse, carbone possono essere convertite in “ gas di sintesi” ($\text{CO} + \text{H}_2$)





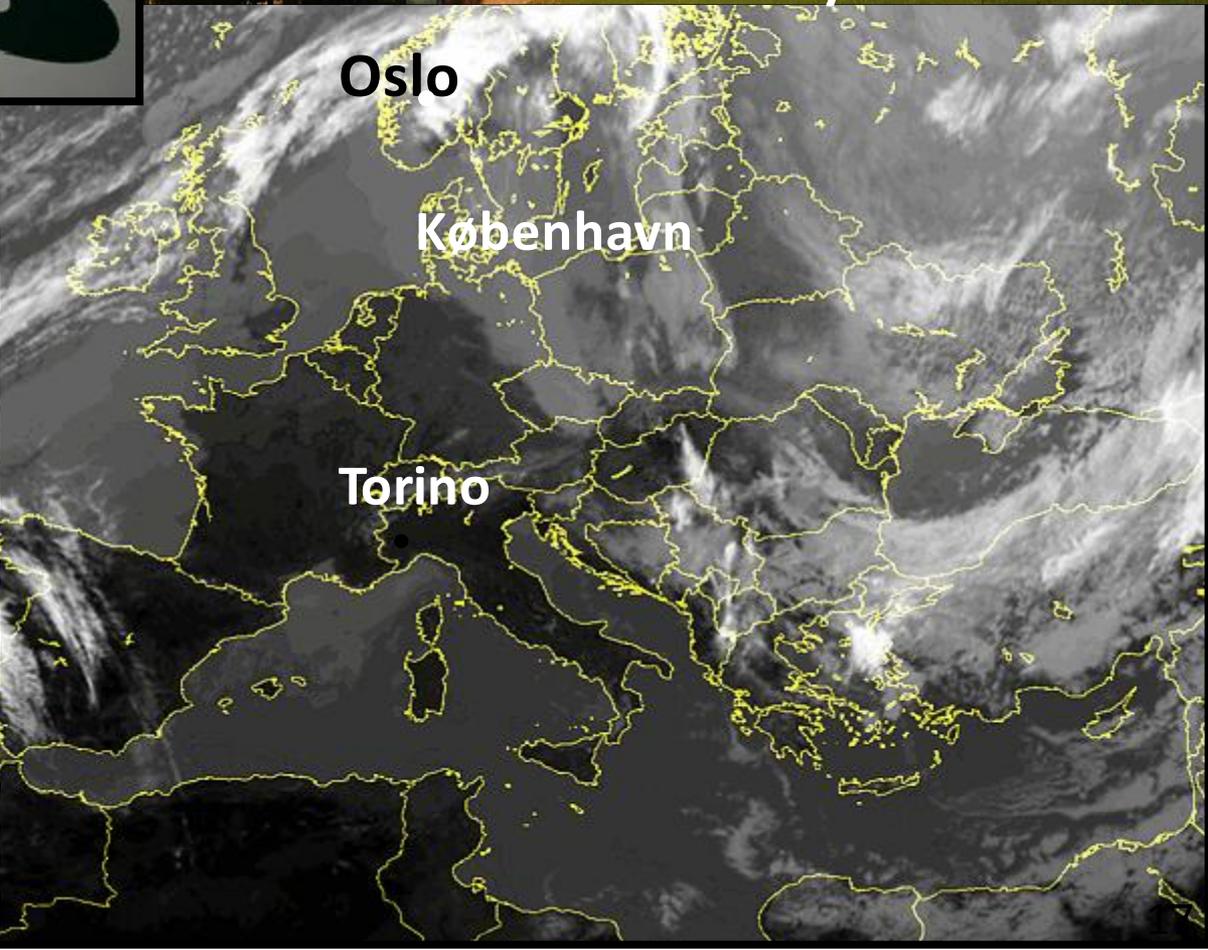
**NIS laboratories
University of Torino**



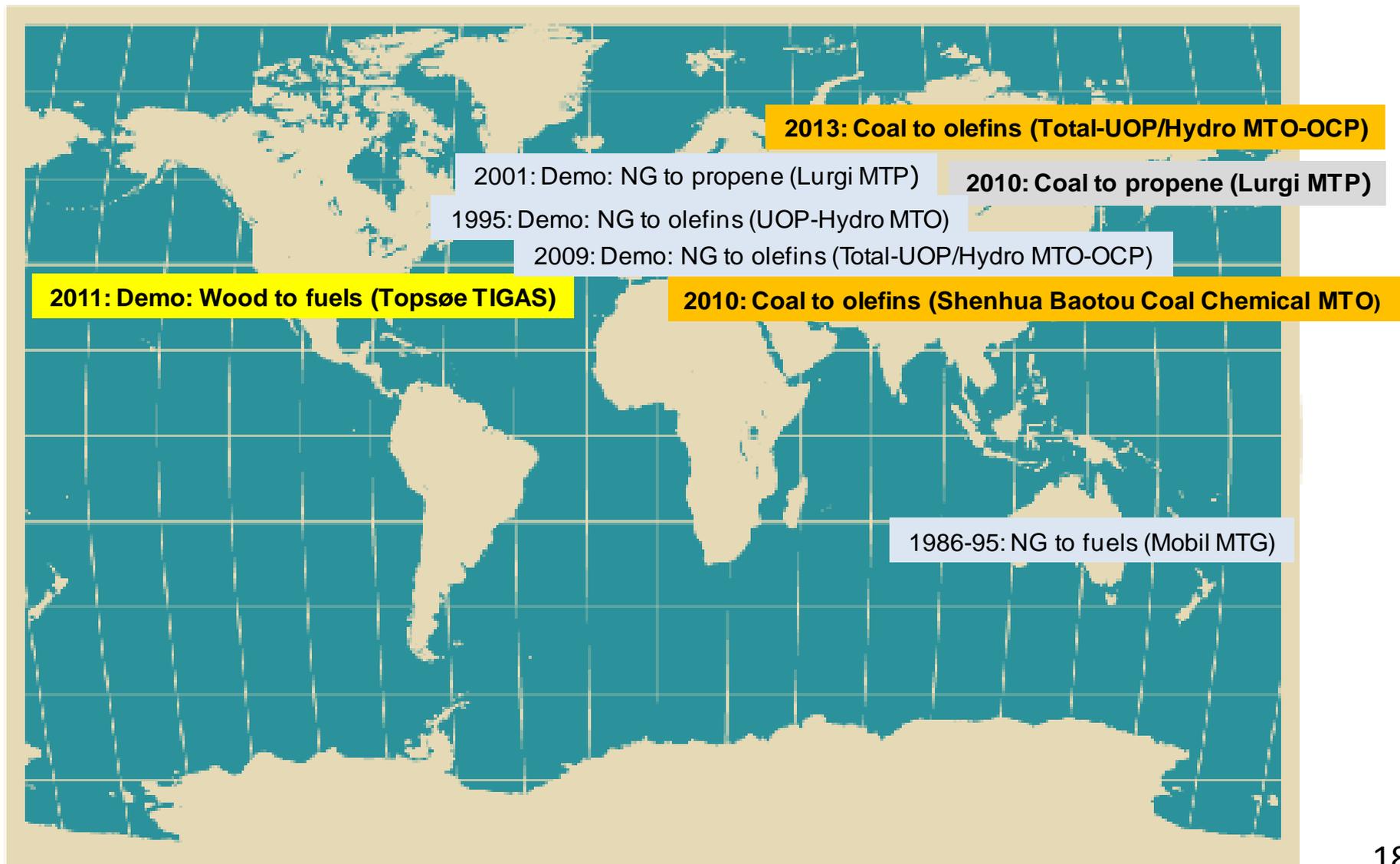
**InGAP
University of Oslo**



HALDOR TOPSOE
The Catalyst and Technology Company



La ricerca in laboratorio a supporto delle attività negli impianti

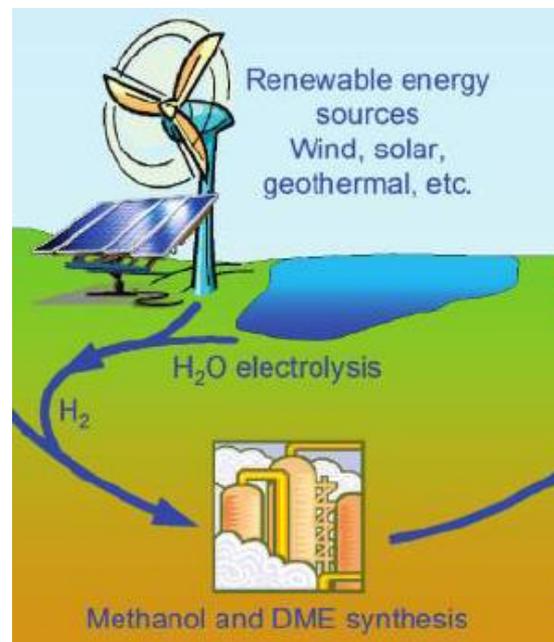
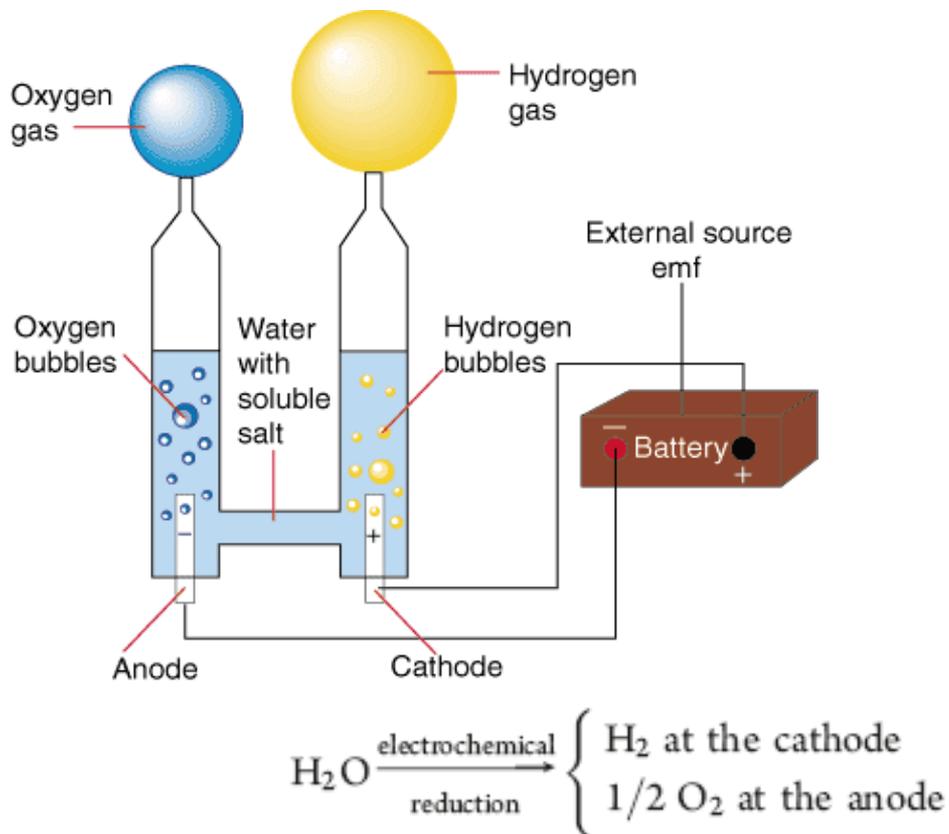


In alternativa.....



Bello ma.....come ci si procura l'H₂?

**Una via percorribile è:
l'elettrolisi dell'acqua**



$$\Delta H_{298\text{K}} = 68.3 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

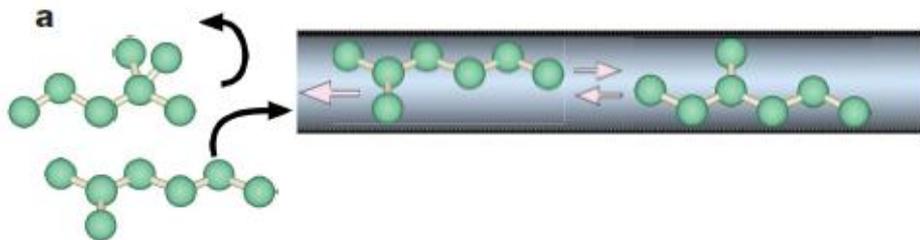
da CH_3OH a benzine e monomeri per i polimeri...



La petrolchimica nella vita di tutti i giorni

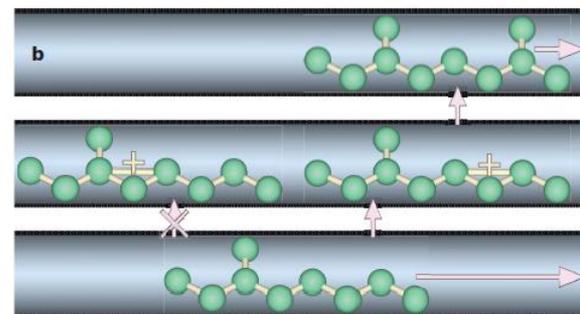
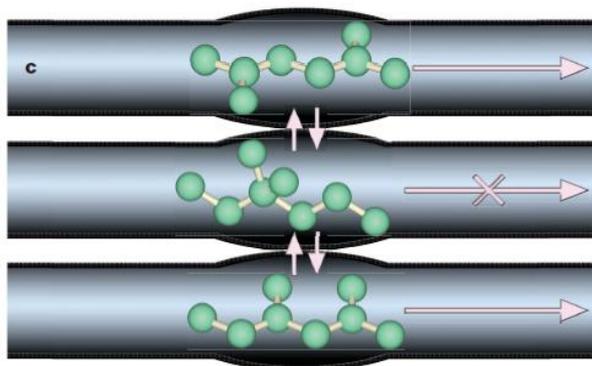


Il problema della selettività

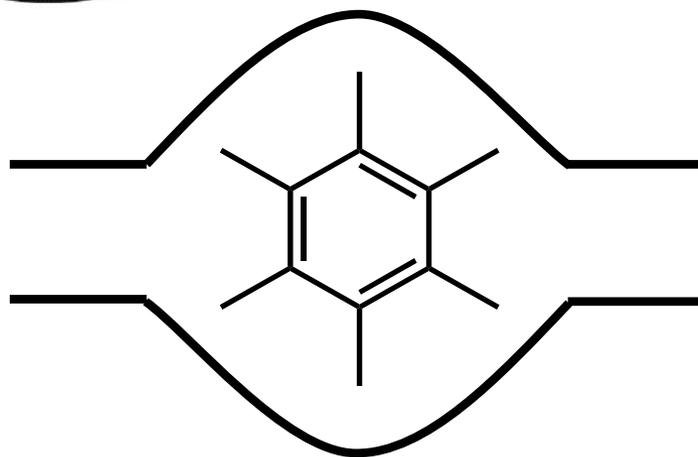


selettività dei reagenti

Selettività dello stato di transizione



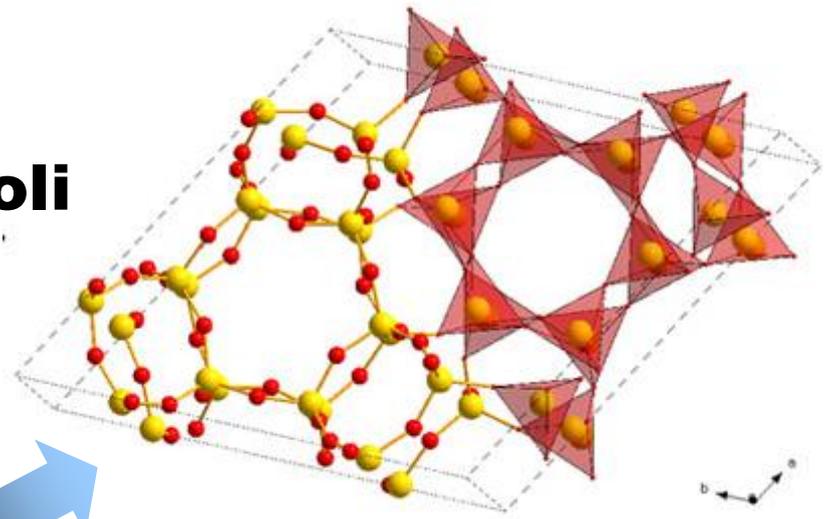
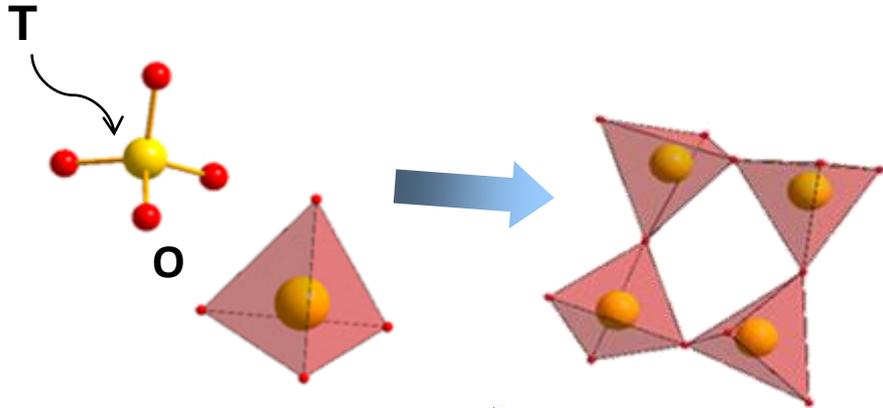
Selettività dei prodotti



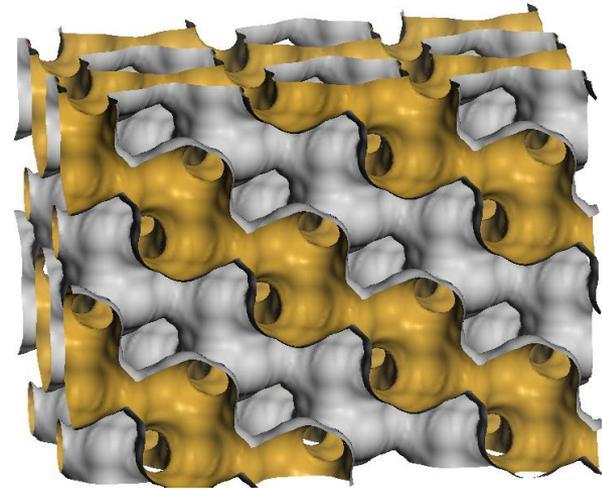
CH_3OH

Zeoliti:

sono noti 201 diversi reticoli

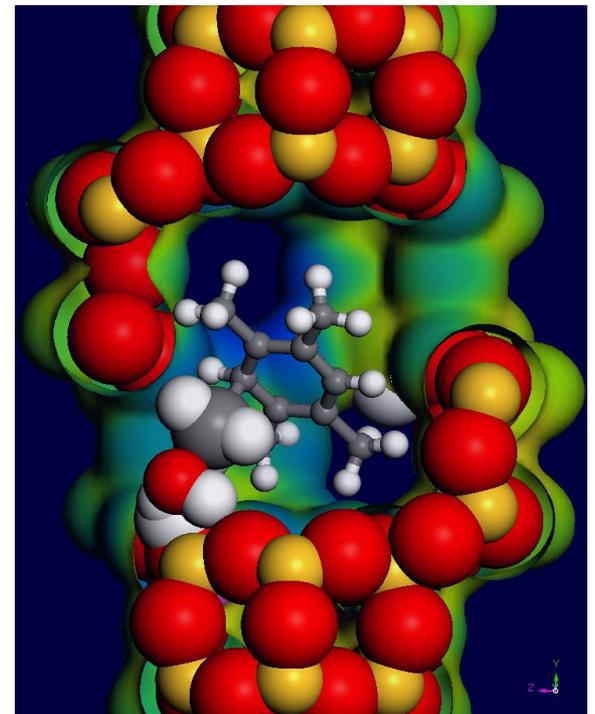


Nano-Reattori



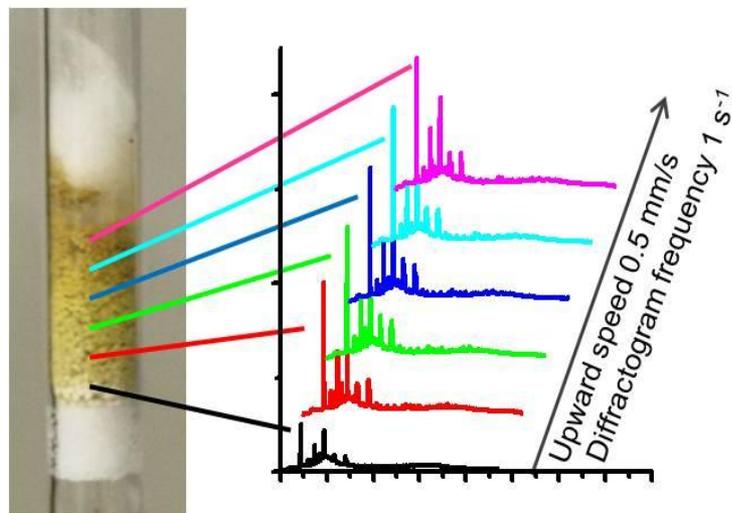
Dimensioni dei pori simili
a quelle delle molecole
(3-12 Å)

Struttura tridimensionale con anelli a 8 T



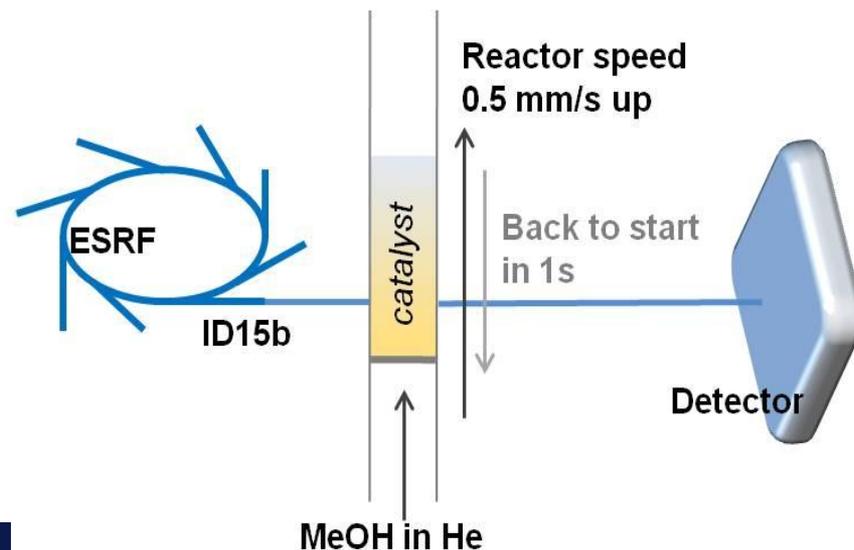
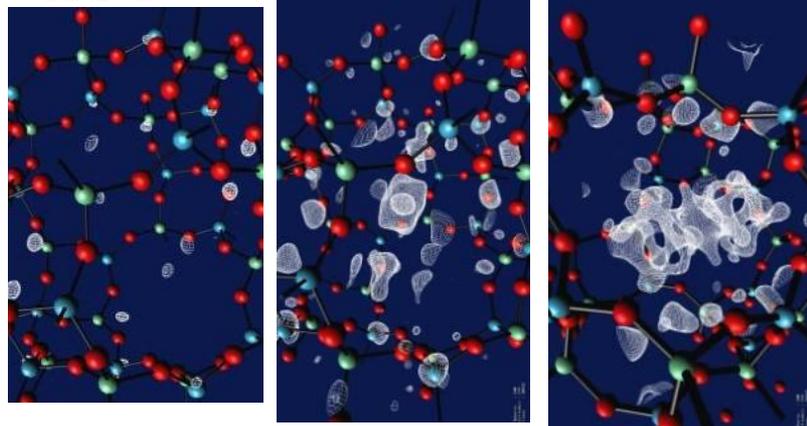
Studiare il catalizzatore mentre lavora...

Misure risolte nel tempo e nello spazio

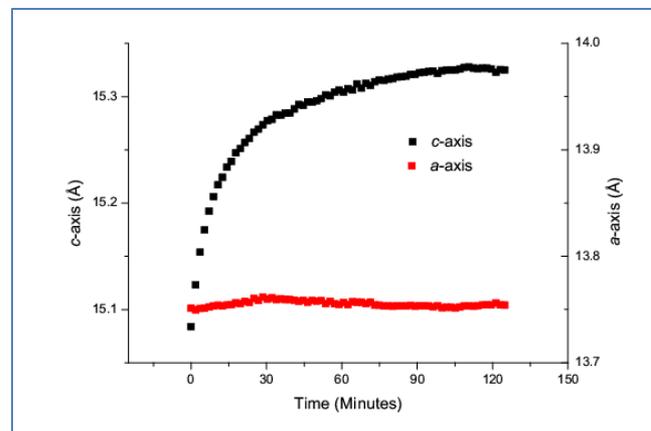


350°C

2θ

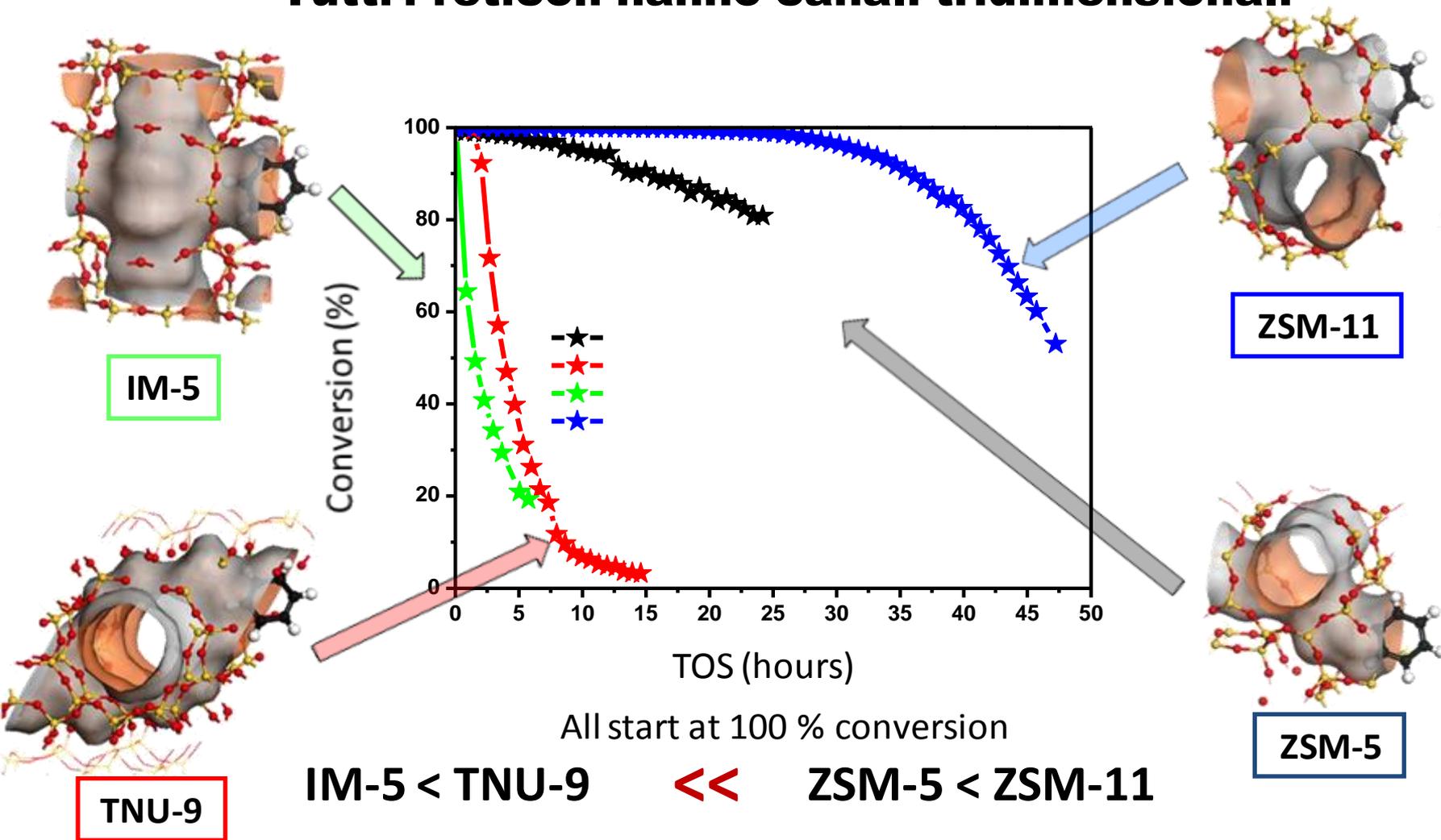


MeOH in He



Tempo di vita/capacità di conversione

Tutti i reticoli hanno canali tridimensionali



Il riscaldamento globale

I FATTI

+1.2 °C

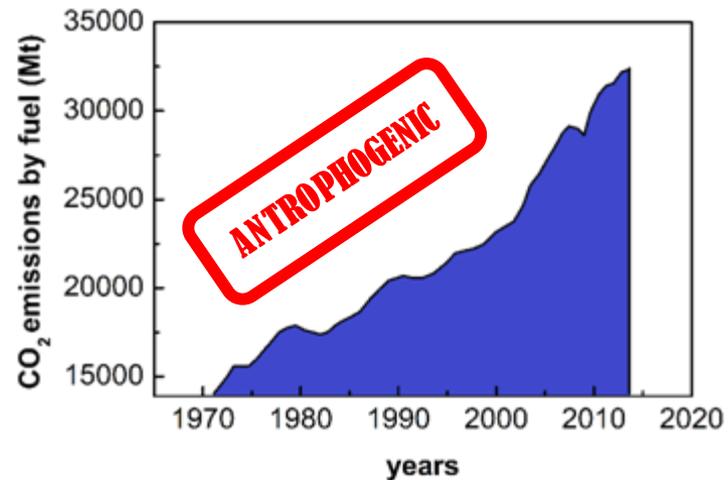
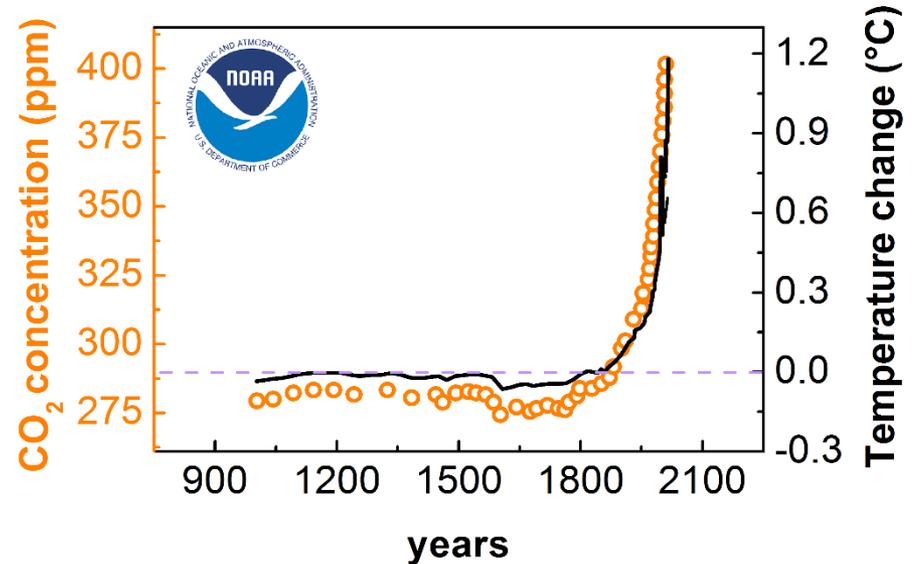
È stato il valore medio di crescita della temperatura nel 2016

400 ppm

È stata la quantità di CO₂ nell'atmosfera nel 2016

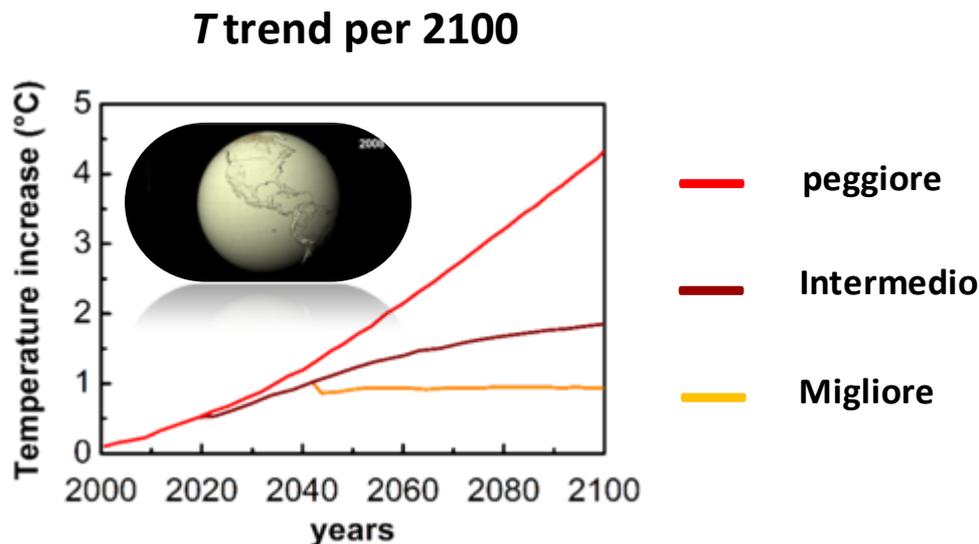
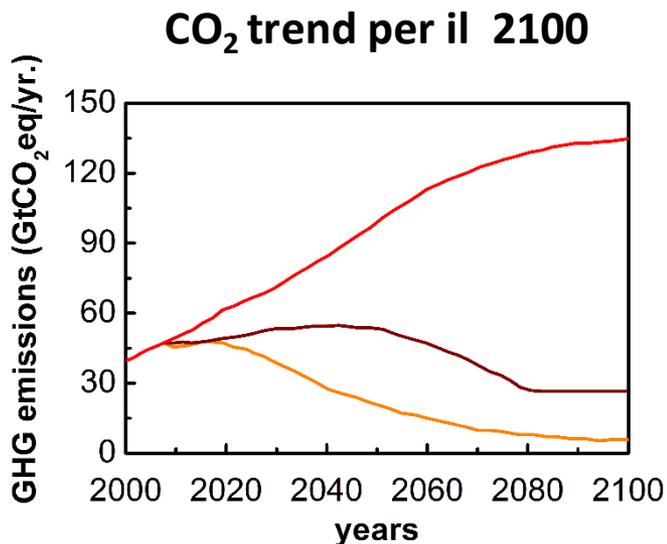
32 Million

Tonnellate di CO₂ immesse nell'atmosfera nel 2014



Il riscaldamento globale

PROIEZIONI Agenzia Internazionale dell'energia (IEA) f 2100

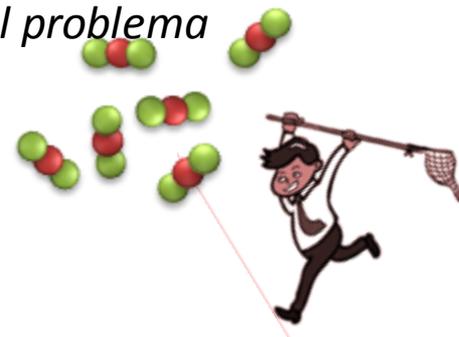


COP21 Articolo 4

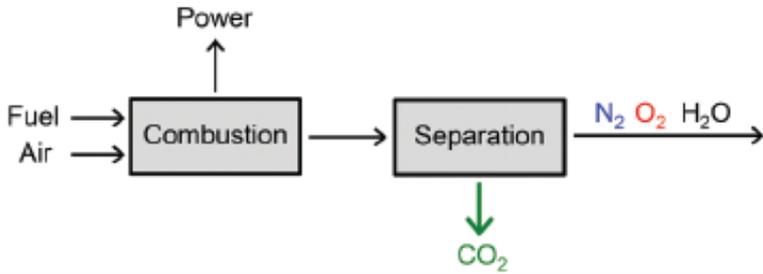
Mantenere l'aumento di temperatura sotto
la soglia dei
2 °C o, meglio, 1.5 °C

*...dobbiamo trovare delle soluzioni per
mitigare l'gli effetti del problema*

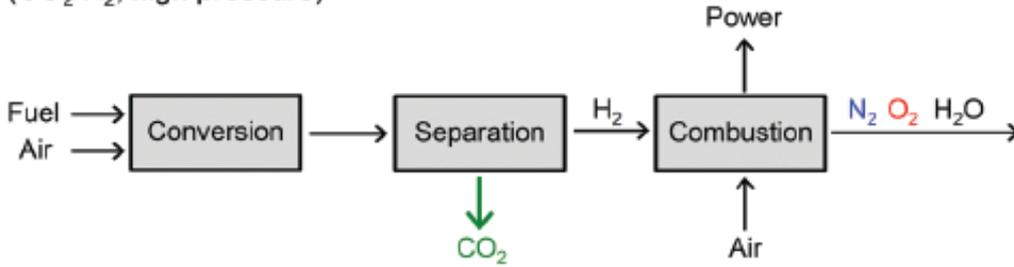
**Processo di Carbon
Capture**



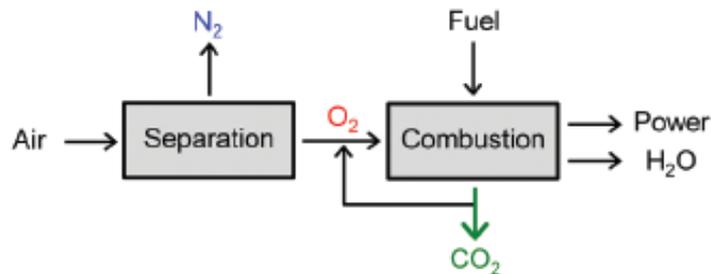
Postcombustion:
(CO₂/N₂, low pressure)



Precombustion:
(CO₂/H₂, high pressure)



Oxy-Fuel Combustion:
(O₂/N₂, low pressure)



In una centrale termica a carbone le emissioni sono:

15% CO₂
75% N₂
6% H₂O
3.5 O₂



Table 3 Gas-mixture composition expressed in vol. % for three different CCS scenarios.²⁸

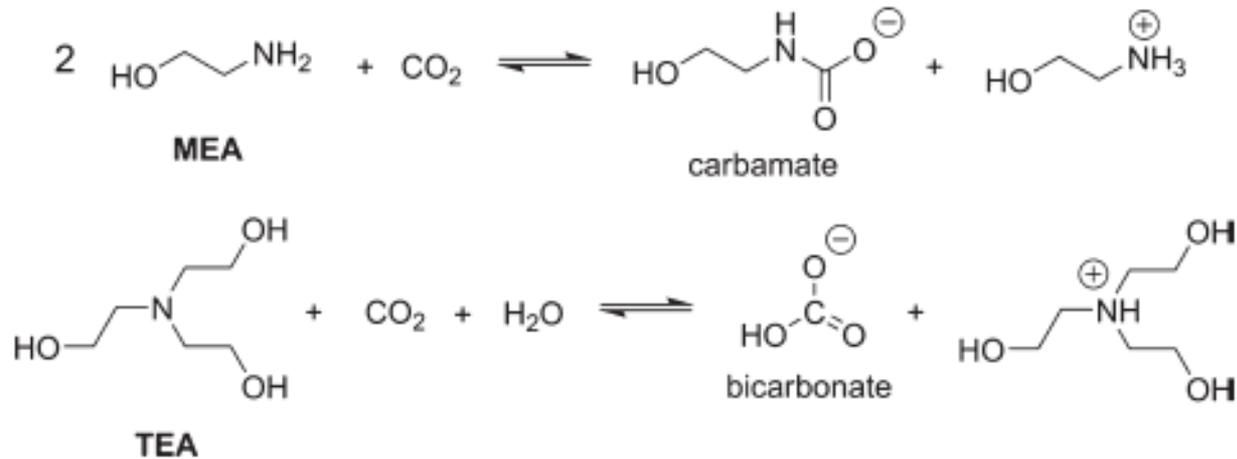
Gas	Post combustion	Pre combustion	Oxy-fuel combustion
CO ₂	15-16%	25-30%	80-98%
N ₂	73-75%	0.3-2.3%	---
O ₂	3-5%	---	---
H ₂ O	4-7%	15-40%	---
H ₂	---	30-50%	---
CO	---	0.5-0.7%	---
Others (SO ₂ , NO ₂)	ppm	±0.2%	2-20%

Uno dei maggiori problemi da affrontare per i materiali consiste nella possibilità di separare molecole che sono in genere molto simili.

TARGETS

- Ridurre i costi energetici per il processo di cattura di CO₂
- Purezza della CO₂ catturata >95%
- Quantità di CO₂ catturata > 90%

1 mole CO₂ per 2 moli di MonoEthanolAmine



1 mole di CO₂ per mol TriEthanolAmine

CO₂ loading capacity for primary and secondary amines lies in the range 0.5–1 mol of CO₂ per mol of amine.

The reaction of CO₂ with tertiary amines occurs with a higher loading capacity of 1 mol of CO₂ per mol of amine.

Specialty amines such as hindered amines have been formulated to overcome some of the limitations of the conventional primary, secondary, and tertiary amines.

Inorganic solvents such as aqueous **potassium and sodium carbonate** as well as aqueous **ammonia solutions** have also been considered for **chemical absorption**.

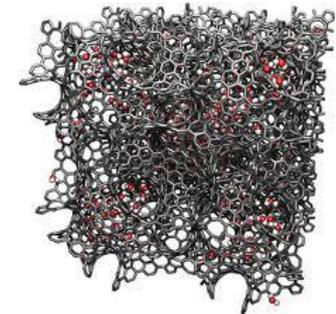
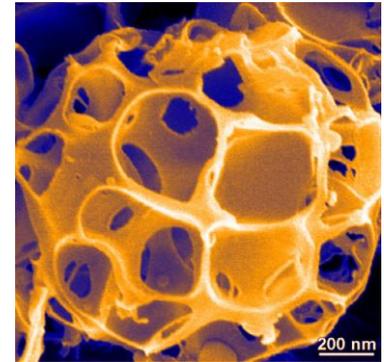
20–40 wt.% of K₂CO₃ in H₂O is near the pilot stage for natural gas and coal-fired power plants.

30% of the energy produced in the power plant is required to make CO₂ capture and recovery

Novel concepts for capture therefore require a molecular level of control that can take advantage of differences in the chemical reactivity of the gas molecules. A further challenge is that the selectivity of a separation process is determined by a combination of adsorption and diffusion selectivity, which are coupled in most materials.

Materiali:

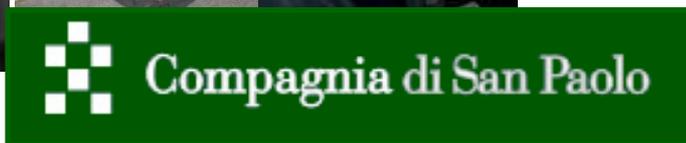
- Materiali ad alta porosità, con cationi esposti: Mg, Zn....
- Materiali ibridi funzionalizzati con ammine,
- Materiali ibridi organici-inorganici (MOFs);
- Silicati.



Caratteristiche generali:

Alta area superficiale, stabilità fino a 350 °C, Selettivi per quanto riguarda la CO₂, stabili in presenza di acqua, forza di interazione media, BASSO COSTO!!!!

In cammino.....



.....grazie!



Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca