Corso di Costruzioni Automobilistiche
Lezione 17

TECNOLOGIA IBRIDA: INTRODUZIONE

Lezione tenuta da Fabrizio Favaretto

Fabrizio Favaretto attualmente è il responsabile in Ferrari S.p.A. dell'architettura delle auto a motore posteriore e dell'architettura delle auto ibride.

Perchè le auto ibride ed elettriche sono destinate ad essere sempre più protagoniste nel futuro dei trasporti?

Ci sono 2 motivi:

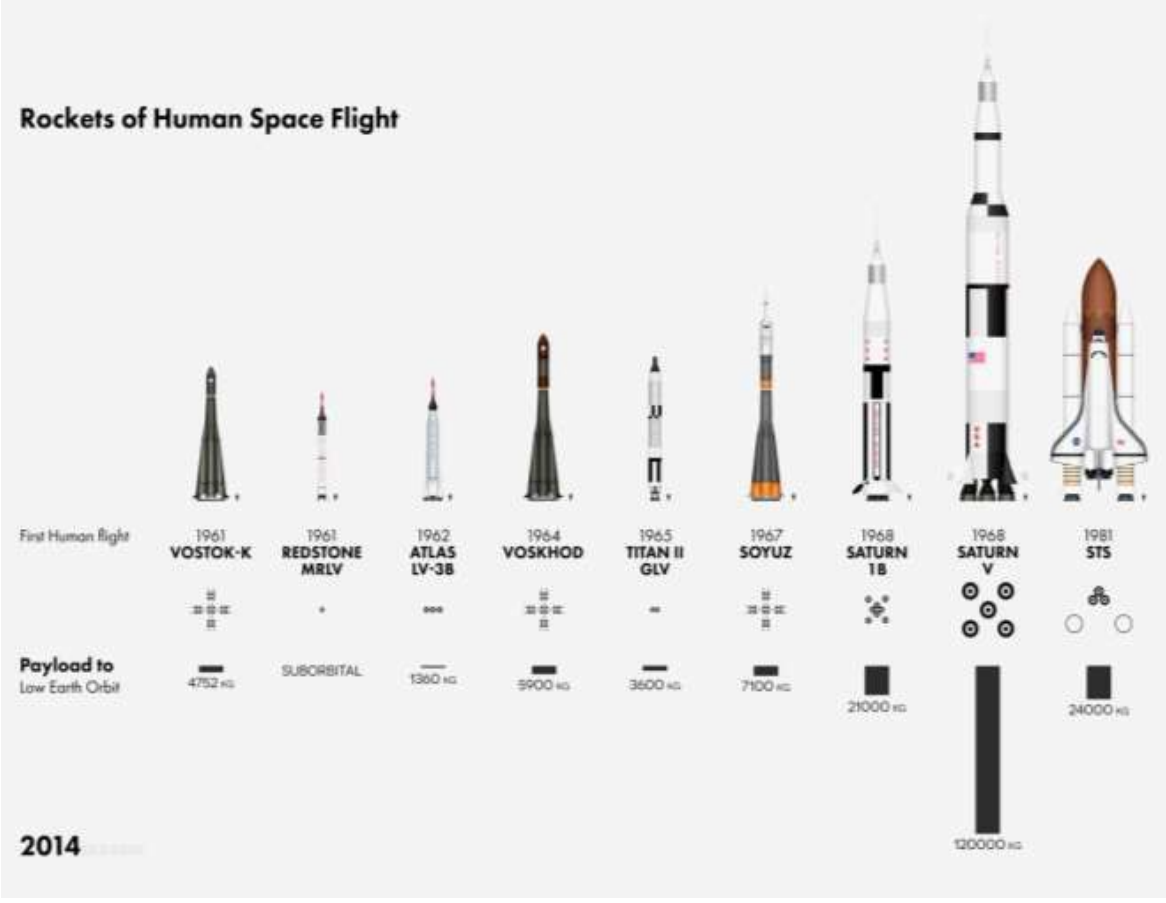
1) EFFICIENZA ENERGETICA

Il primo lavoro dell'ing. Favaretto verteva sull ' F40 GTE, la versione preparata per le gare di endurance della Ferrari F40. Aveva prestazioni eccezionali, ma non era efficace in questo tipo di gare, perchè consumava troppo carburante, e necessitava di troppi rifornimenti.

Il tema dell'efficienza energetica è più che mai attuale, non solo nelle corse.

Ora facciamo un excursus storico riguardante varie tipologie di veicoli, per comprendere meglio la frase precedente.

Se si pone l'attenzione all'evoluzione dei missili delle missioni spaziali nella storia, si nota che c'è stata una crescita dimensionale e di capacità di carico dai primi anni '60 all'inizio degli anni '70. Il più grande missile mai costruito è infatti il "Saturn V" del 1968. Dopo quel periodo c'è stata un'inversione di tendenza, i successivi *space shuttle* sono mezzi di dimensioni più compatte.



Per quanto riguarda i velivoli militari, la massima velocità è stata raggiunta raggiunte nel 1976 dal *Loockheed SR-71 Blackbird* dell' aeronautica americana. Questo velivolo è stato progettato a partire dal 1962 , utilizzato per la prima volta nel 1964 e dismesso nel 1989.

28 July 1976
Mach 2.883
km/h 3529,6

Loockheed SR-71 Blackbird

Gli unici due aeromobili di linea supersonici della storia sono l'europeo *Concorde* e il sovietico *Tupolev Tu-144* . Essi sono stati progettati nei primi anni '60 e sono entrati in servizio nella metà degli anni '70. Il Concorde è stato utilizzato fino al 2003, mentre l'omologo russo è rimasto in servizio solo per 7 anni.

7 February 1996
Mach 2.04
km/h 2179 km/h

Concorde

25 May 1970
Mach 2.26
km/h 2,443

Tupolev Tu-144

La nave di linea più veloce della storia è la *SS United States* . Questo transatlantico fu varato nel 1952, e fu posto in disarmo nel 1969.

Service Speed
knots 32
km/h 59
Maximum Speed
Knots 38,32
km/h 70,97

SS United States

Ora analizziamo il tasporto ferroviario.
Osservando i record di velocità massima raggiunta dai treni giapponesi ad alta velocità *Shinkansen* si nota un crescente miglioramento, che continua costante fino ad oggi e non sembra arrestarsi .

Maximum speed
km/h
Date
200 Oct 31st 1962
256 Mar 30th 1963
286 Feb 24th 1972
319.0 Dec 7th 1979
325.7 Feb 28th 1991
336.0 Mar 26th 1991
345.0 Sep 19th 1991
345.8 Aug 6th 1992
350.4 Aug 8th 1992
352.0 Oct 30th 1992
425.0 Dec 21st 1993
426.6 Jul 11st 1996
443.0 Jul 26th 1996

Shinkansen

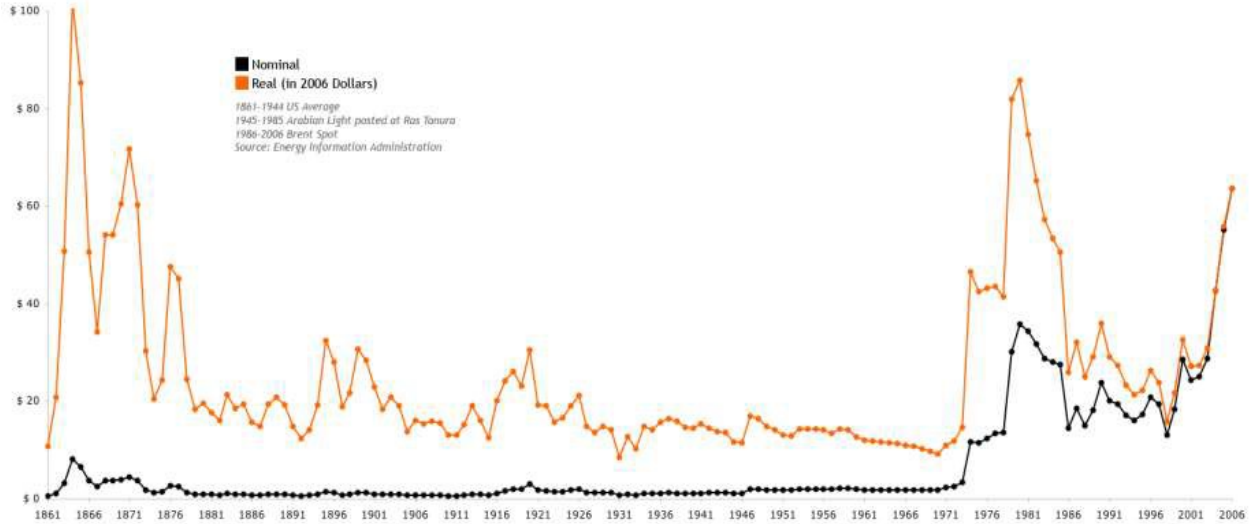
Il treno di linea più veloce del mondo , il cinese *China CRH380A* è ancora attualmente in servizio, e attualmente si stanno progettando treni ancora più veloci , che entreranno in servizio in un futuro prossimo.

Maximum speed
380 km/h (operation)
486.1 km/h (testing)

China CRH380A

<u>Cos'hanno i treni di diverso da tutti gli altri mezzi di trasporto?</u>
<u>Perchè non hanno seguito una parabola discendente come tutti gli altri?</u>
<u>Non si può certo dire che i treni siano delle invenzioni recenti!!</u>

I missili, gli aerei, le navi hanno tutti un motore a combustione interna, e il loro sviluppo e la loro evoluzione è stata dettata , oltre che dalle innovazioni tecniche, da un importante fattore "esterno": il **prezzo del petrolio**.
Il trasporto ferroviario invece, è svincolato da questo fattore esterno, e ciò ha determinato una sua evoluzione differente.
Il grafico seguente illustra come il prezzo attualizzato (<u>linea arancione</u>) del petrolio sia calato dal 1946 al 1972, per poi subire un'impennata nel 1973 (prima crisi petrolifera), seguita da una ancor più brusca nel 1979 (seconda crisi petrolifera).



Evoluzione del prezzo del petrolio greggio

Il fallmento del trasporto aereo di linea a velocità supersoniche è stato causato principalmente dagli elevati costi di gestione dovuti al consumo di carburante. Il *Concorde* è stato dismesso nel 2003 per l'insostenibilità economica di questo tipo di velivolo. Il suo omologo sovietico (il *Tupolev Tu-144*) è stato dismesso addirittura nel 1983. Questi due aeromobili, son stati progettati negli anni '60, quando il costo del petrolio era molto più basso, e il consumo era una variabile meno influente sui costi di gestione.

Ora poniamo l'attenzione su due tipologie di velivoli di ultima generazione :
L'*Airbus A-380* e il *Boeing 787* .

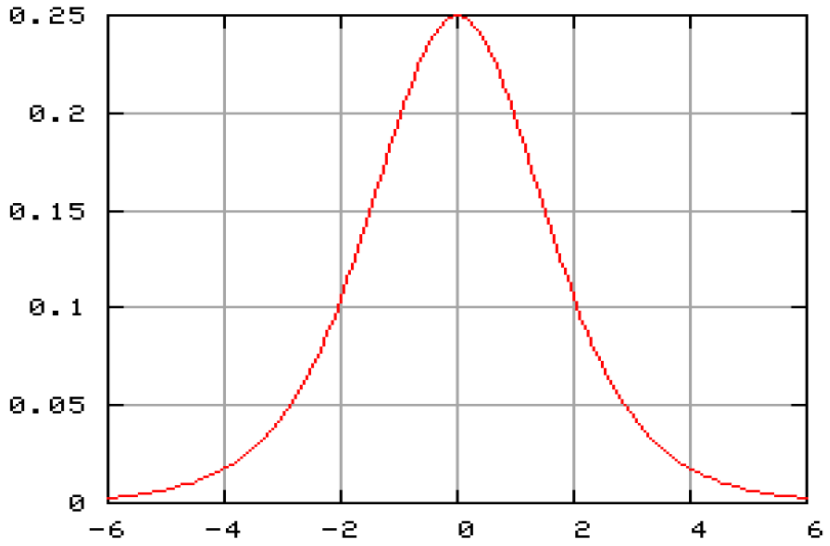
Airbus A-380

Boeing 787

Pur essendo due modelli molto diversi (per tipologia costruttiva e per dimensioni), hanno in comune un obiettivo: l'efficienza energetica.
L'americano *Boeing 787* è stato progettato in funzione di essere molto leggero, e di risparmiare sui consumi , mentre l' europeo *Airbus A-380* ha una capienza di passeggeri molto alta, in maniera da abbattere il costo del carburante per ogni passeggero trasportato.

Focalizziamo ora l'attenzione sul grafico seguente, che rappresenta la *Curva di Hubbert*, che teorizza la quantità estratta per unità di tempo di un qualsiasi minerale. All'inizio , appena si scoprono i giacimenti, se ne estrae poco, perché le tecniche di estrazione sono ancora rudimentali. Successivamente si arriva ad un picco massimo. In questo periodo le tecniche di estrazione hanno raggiunto l'affinamento tecnico massimo.
Poichè il Pianeta Terra è un sistema finito, i nuovi giacimenti diventano sempre più rari e nascosti, e inevitabilmente la quantità di minerale estratto va sempre più calando.

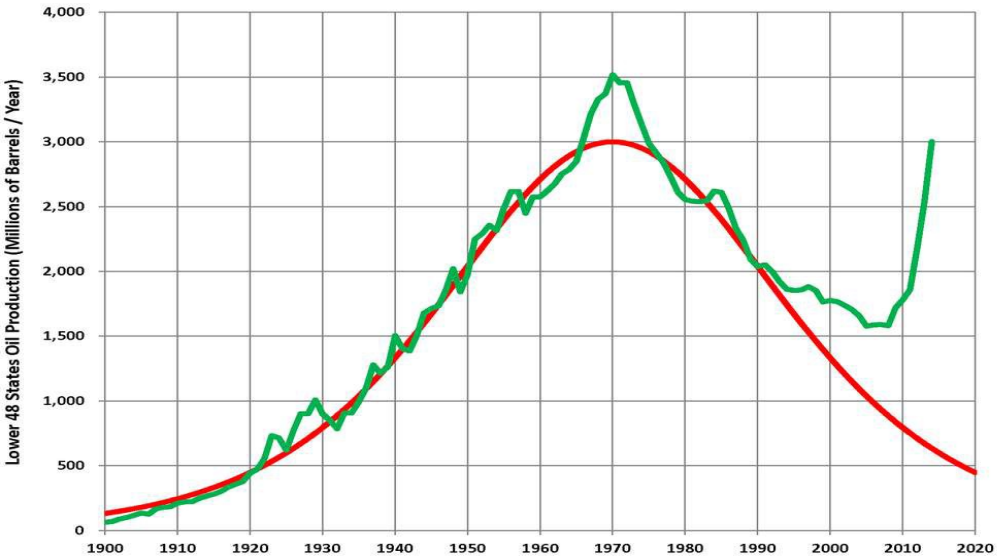
The standard Hubbert curve. For applications, the x and are replaced by time and production scales.



Hubbert negli anni '50 prevedeva che negli anni '70 ci sarebbe stata una crisi petrolifera. Confrontando la *Curva di Hubbert* con il grafico seguente, che riporta le estrazioni di petrolio negli Stati Uniti, si può vedere che la sua previsione era corretta.

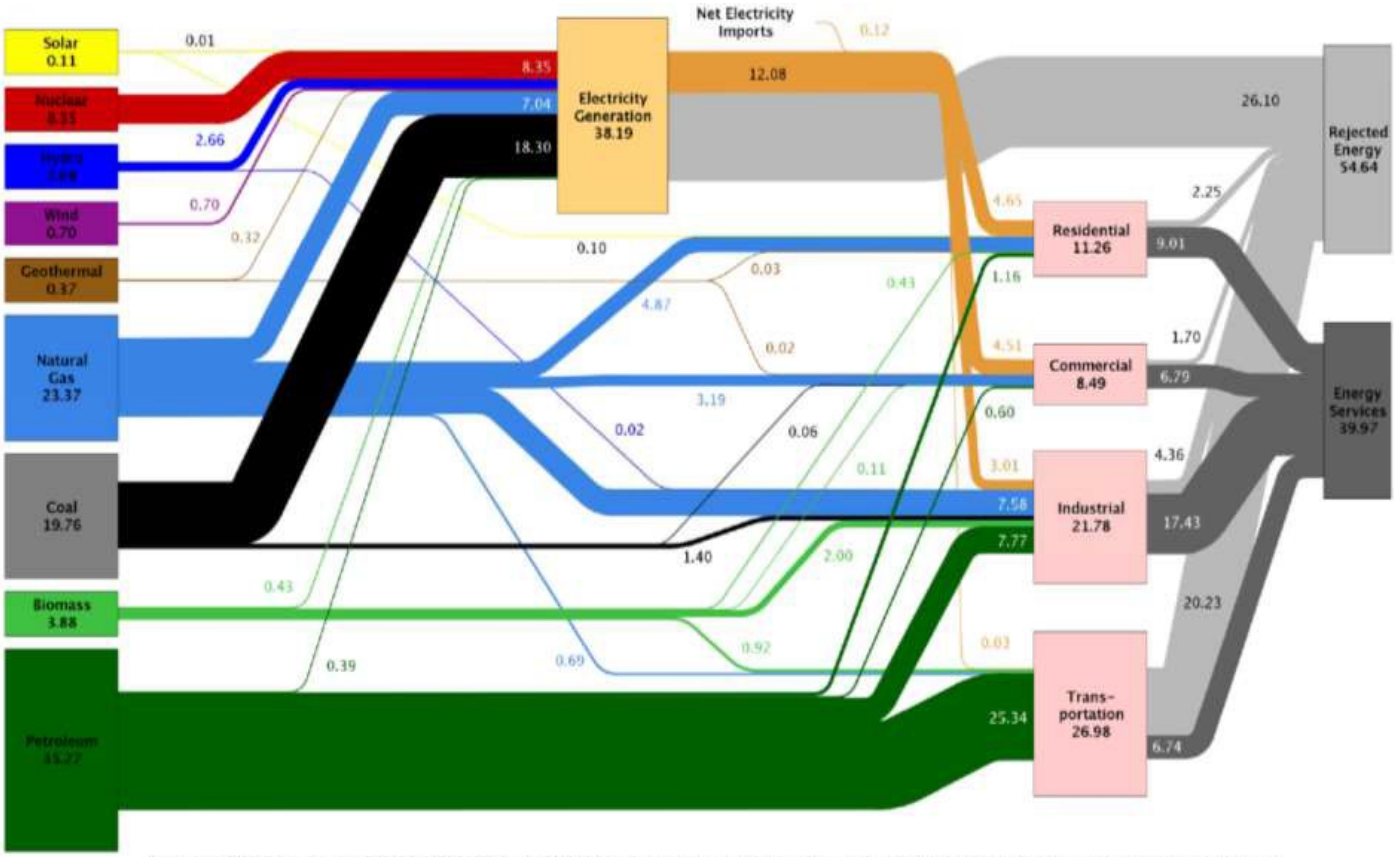
Linea verde : estrazione di petrolio negli USA

Linea rossa : Curva di Hubbert



Si nota però che dal 2010 in poi c'è stata un'impennata “imprevista” delle estrazioni di petrolio (che ha fatto scendere il prezzo dell'oro nero ai minimi storici). Questa inversione di tendenza è dovuta alla scoperta di nuovi metodi usati per l'estrazione (*Shale oil*).
E' logico supporre che anche quest'impennata delle estrazioni seguirà di nuovo la Curva di Hubbert, e che quindi ci sarà una nuova crisi petrolifera in futuro.

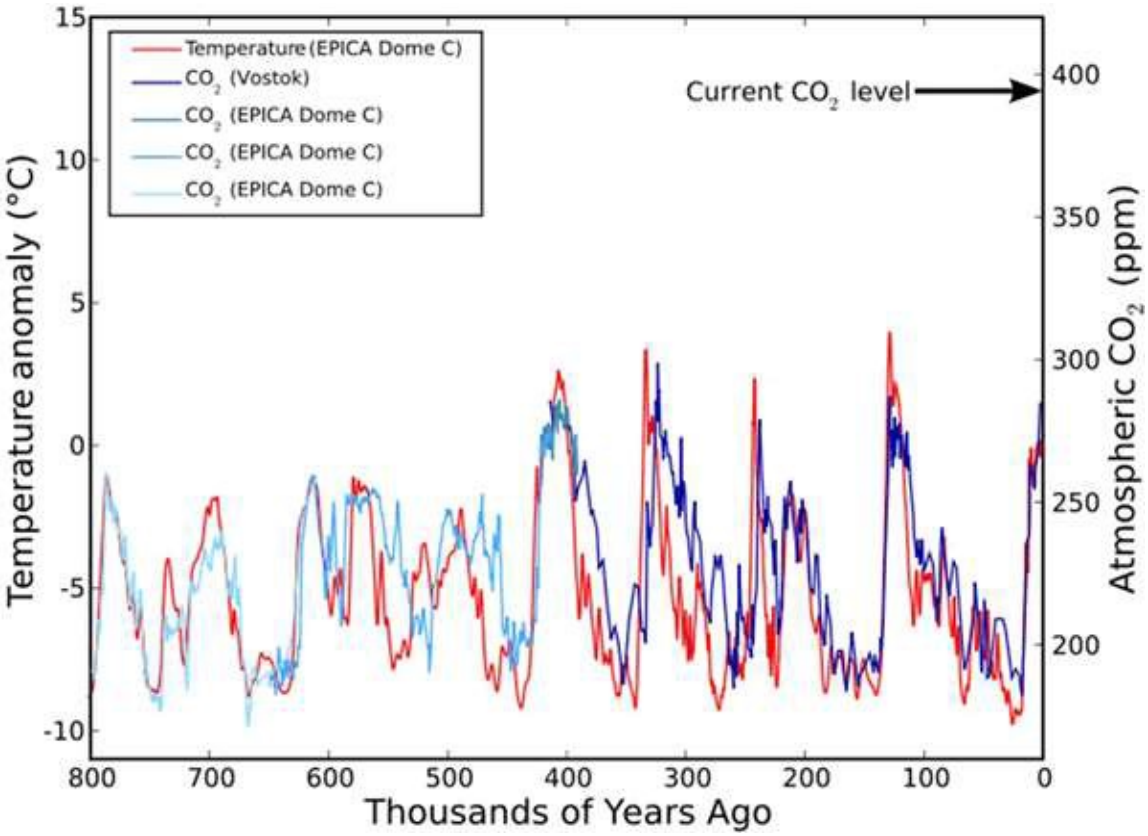
Il grafico seguente illustra che nel 2009 circa il 35% dell'energia utilizzata in USA era ricavata dal petrolio, di cui circa due terzi veniva utilizzata per i trasporti (il 25% dell'energia totale). Per far fronte alla prossima crisi petrolifera, bisognerà diminuire questa dipendenza dall'*oro nero*.



Source: LLNL 2010. Data is based on DOE/EIA-0384(2009), August 2010. If this information or a reproduction of it is used, credit must be given to the Lawrence Livermore National Laboratory and the Department of Energy, under whose auspices the work was performed. Distributed electricity represents only retail electricity sales and does not include self-generation. EIA reports flows for non-thermal resources (i.e., hydro, wind and solar) in BTU-equivalent values by assuming a typical fossil fuel plant "heat rate." The efficiency of electricity production is calculated as the total retail electricity delivered divided by the primary energy input into electricity generation. End use efficiency is estimated as 80% for the residential, commercial and industrial sectors, and as 25% for the transportation sector. Totals may not equal sum of components due to independent rounding. LLNL-MI-410527

2) LA "QUESTIONE AMBIENTALE"

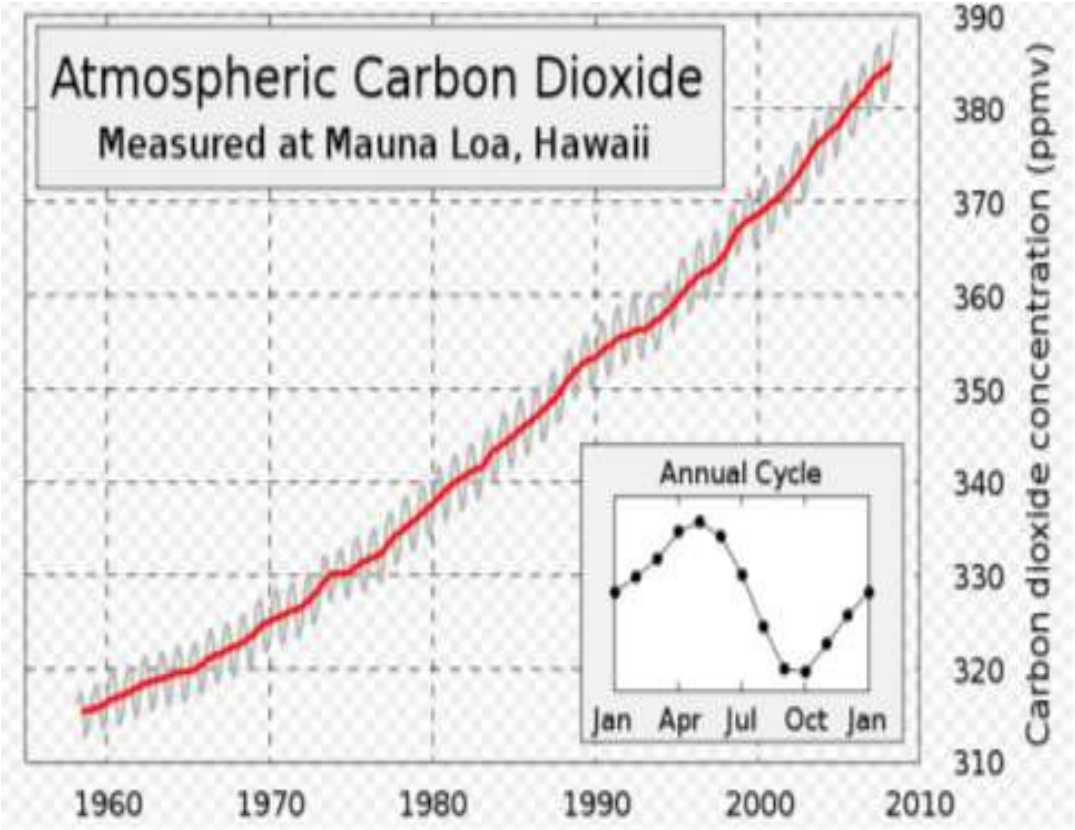
L'interesse dell'industria automotive per sistemi di propulsione "alternativi" non è però dovuto soltanto ad interessi economici.
I motori a combustione interna emettono allo scarico, oltre agli inquinanti "veri e propri" (ossidi di azoto, particolato, monossido di carbonio, ecc.) grandi quantità di Anidride Carbonica.
Grazie a studi effettuati sul ghiaccio stratificato nelle varie epoche in Antartide, gli scienziati hanno scoperto l'andamento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera negli ultimi secoli.
Il grafico seguente mette nello stesso piano cartesiano gli andamenti della **concentrazione di CO2 in atmosfera** e della **Temperatura media globale**.



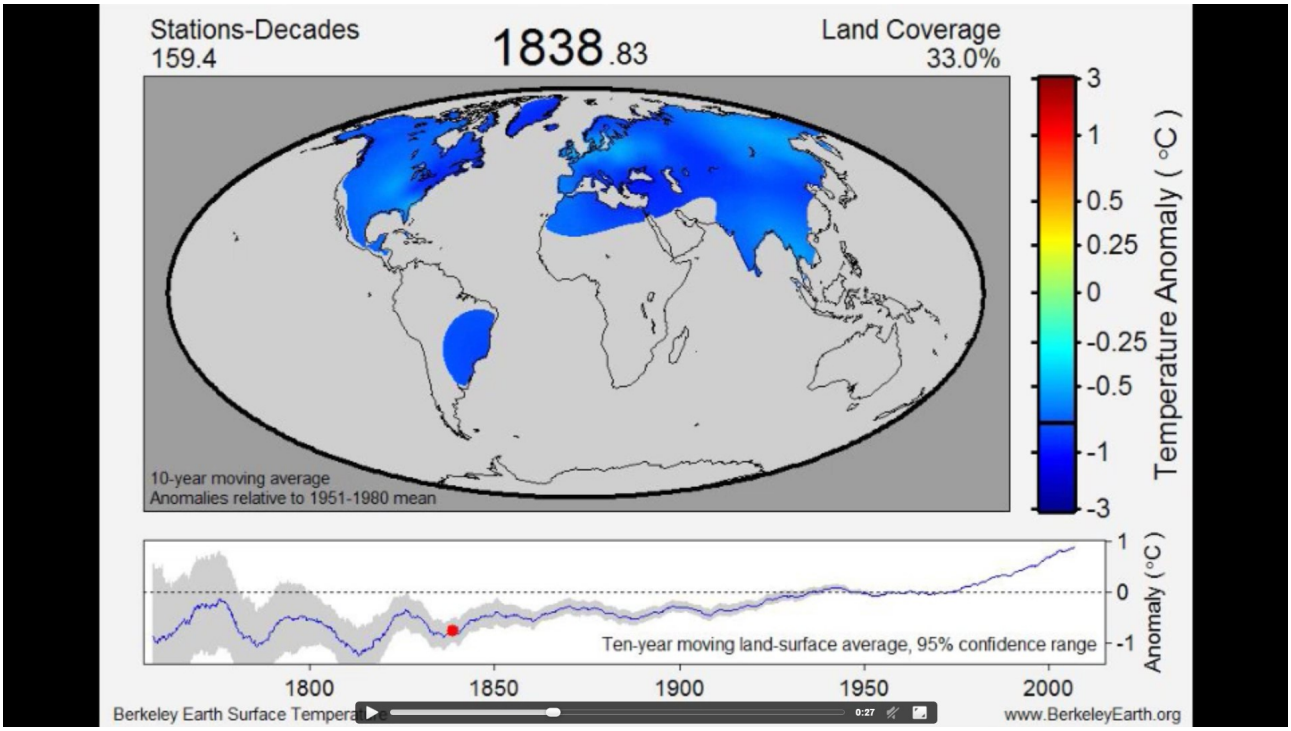
Si noti che:

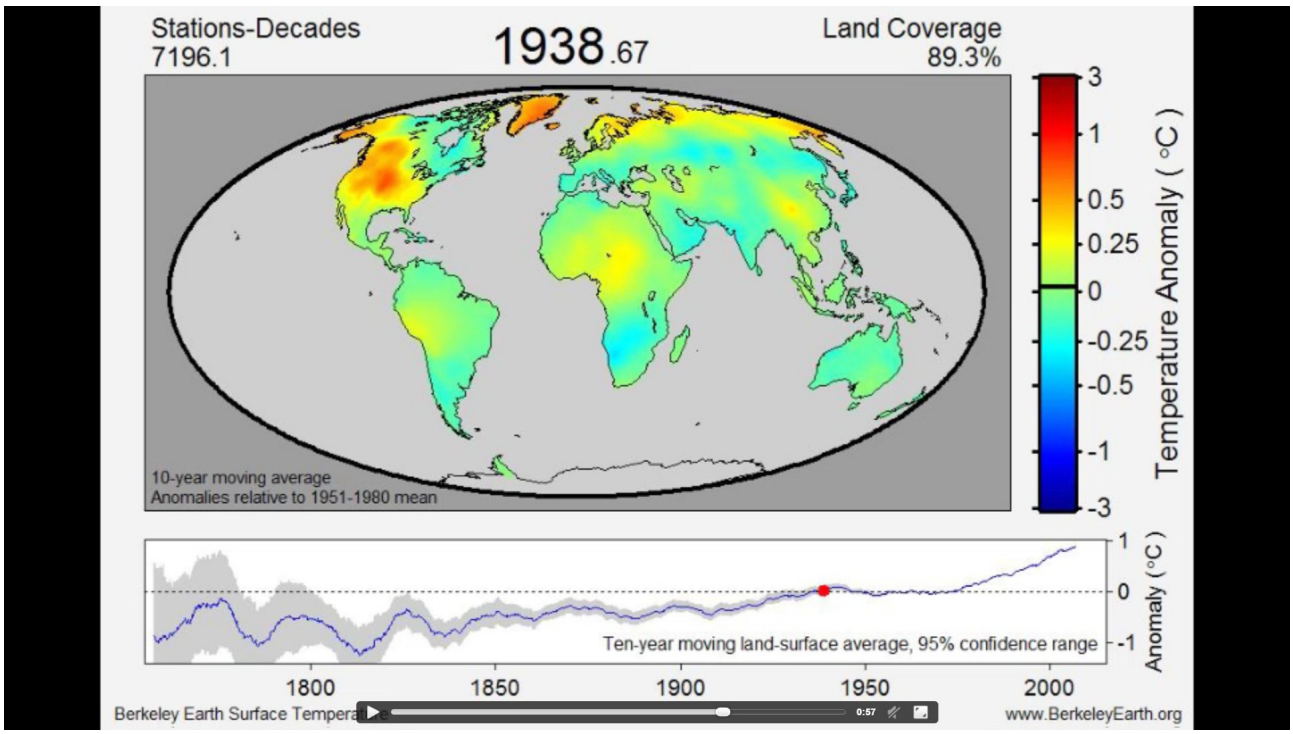
- **La temperatura e la concentrazione di anidride carbonica sono fortemente correlate**
- **Attuamente, entrambi le variabili sono "fuori scala" rispetto alla media degli ultimi secoli, molto più elevati della media**

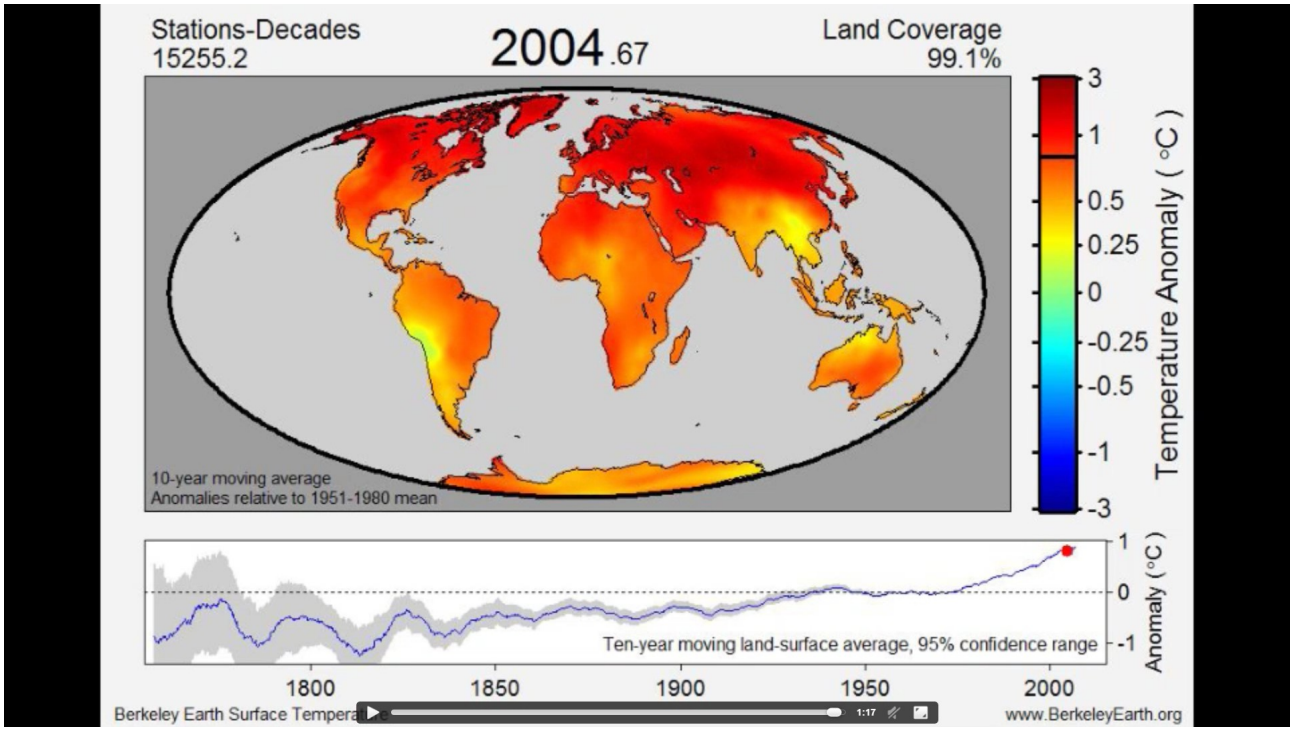
La maggior parte degli scienziati è concorde sul fatto che il *Riscaldamento Globale* sia causato direttamente dall'emissione eccessiva dei cosiddetti "gas serra", tra i quali fondamentale è proprio l'anidride carbonica.
L'aumento della concentrazione di Anidride Carbonica é confermato anche da misurazioni dirette. Nel grafico seguente si può osservare come dal 1960 al 2010 (le oscillazioni più piccole sono dovute alla stagionalità della vegetazione) l'andamento della concentrazione di CO2, misurato sulle isole Hawaii sia in costante crescita.



La media delle misurazioni dirette della temperatura dell'aria sulla superficie terrestre, è in continuo aumento dal XVIII secolo ad oggi.

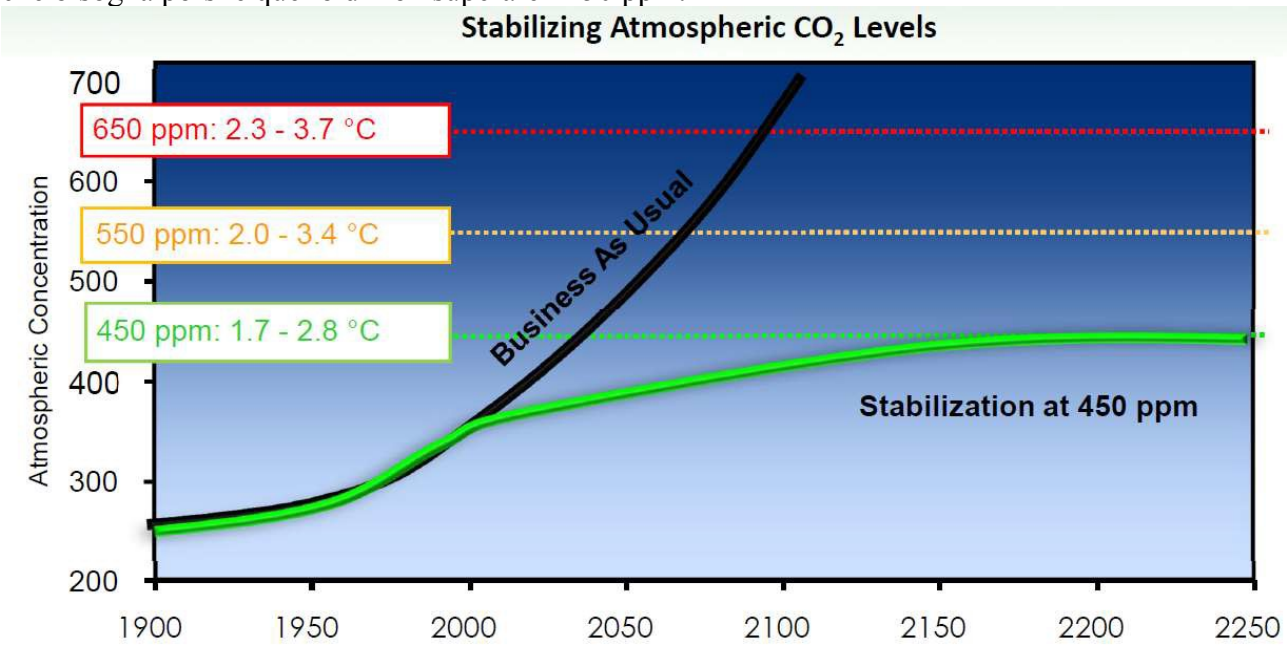






Il fenomeno naturale più visibile che ne consegue è lo scioglimento dei ghiacciai: la maggior parte di essi ha perso volume negli ultimi 100 anni, e alcuni di essi sono addirittura scomparsi. A lungo termine l'innalzamento della temperatura potrà avere un catastrofico innalzamento del livello medio del mare, dovuto allo scioglimento di parte delle calotte polari.

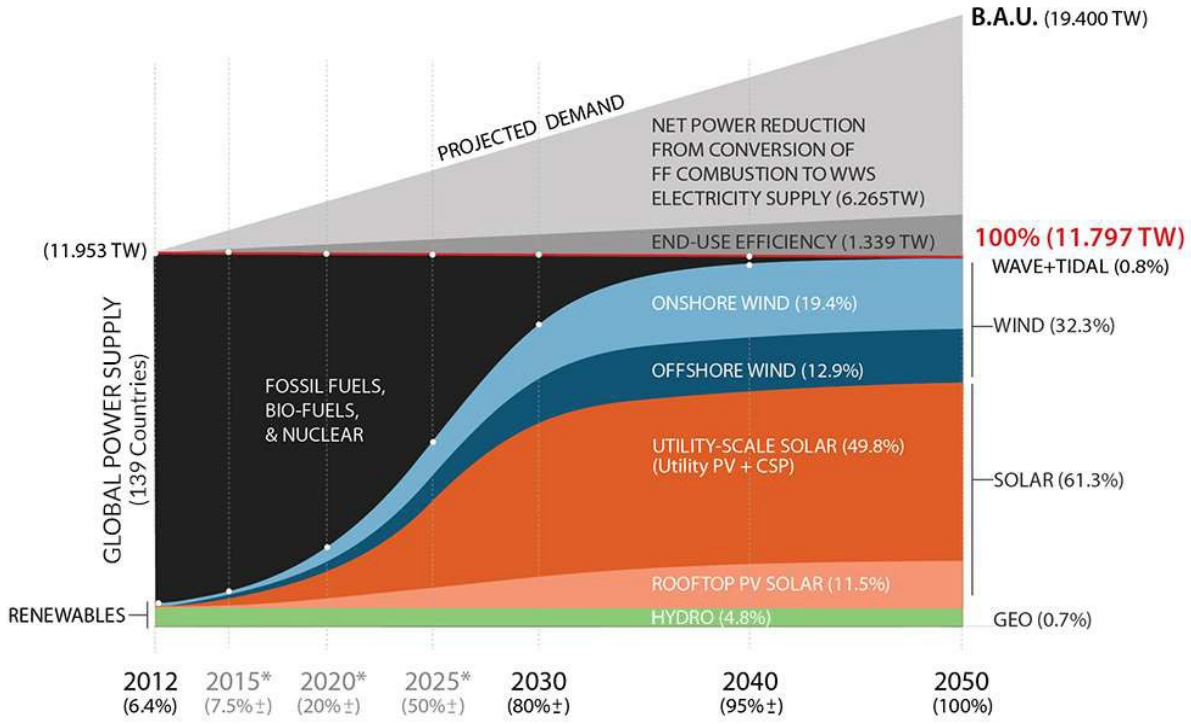
Gli studi scientifici prevedono che, se non si porrà freno in un qualche modo all'emissione di anidride carbonica nell'atmosfera, la concentrazione di essa arriverà nell'anno 2100 a 800ppm, con conseguenze catastrofiche (l'innalzamento di 3 gradi della Temperatura media globale). L'obiettivo che bisogna porsi è quello di non superare i 450 ppm.



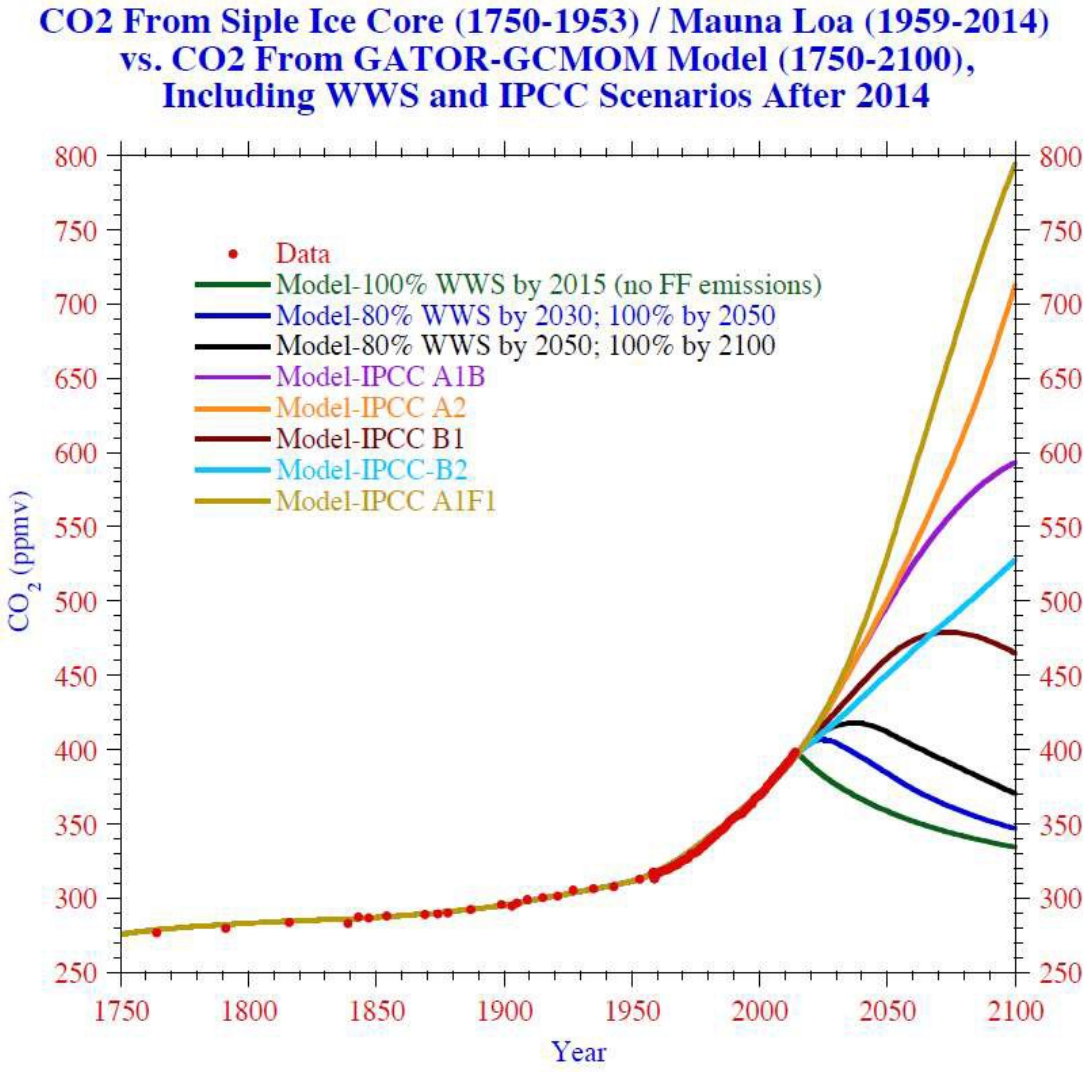
La Conferenza di Parigi sui cambiamenti climatici (COP 21) ha riunito nel 2015 i rappresentanti dei governi di 195 paesi, i quali si impegnano a limitare a 1,5 gradi l'aumento della temperatura terrestre da qui al 2100. Secondo la maggioranza degli scienziati specialisti in materia, ciò richiederà di avere "emissioni zero" a partire da un periodo compreso tra il 2030 e il 2050.

Per poter fare questo, sarà necessario produrre energia al 100% con fonti rinnovabili.

Uno studio dell' Università di Stanford del 2015 ha studiato le linee guida da seguire per eliminare completamente le emissioni di anidride carbonica in tutto il mondo entro il 2050. Nello studio è è previsto anche che la domanda di energia mondiale è in continua crescita, dovuta soprattutto allo sviluppo dei paesi del terzo mondo. Lo studio è sintetizzato in questo grafico.



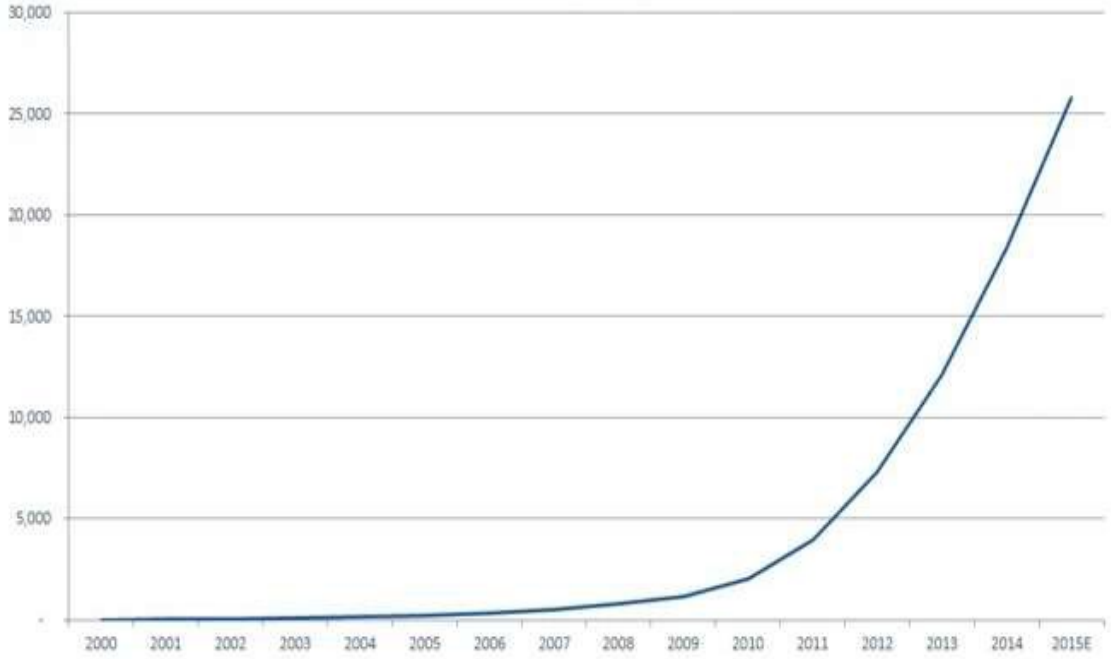
Se fosse rispettato tutto ciò, l'andamento della concentrazione di anidride carbonica seguirebbe, nel grafico seguente, la linea verde scura. Ci sono modelli meno ottimistici. La linea verde chiara rappresenta l'andamento di concentrazione di CO2 nel caso *"Business as usual"*, cioè nel caso in cui nessun mutamento significativo ci fosse nelle metodologie di produzione di energia.



Nell'ultimo grafico della pagina precedente si nota che la maggior parte dell'energia prodotta attualmente con i combustibili fossili dovrà essere prodotta con impianti eolici o fotovoltaici. Ora ci concentriamo su quest'ultima forma di produzione energetica.

BATTERIE ED ENERGIA SOLARE

Il metodo di produzione di energia che subendo i progressi maggiori negli ultimi anni è il fotovoltaico. Dal grafico seguente si nota infatti quanto negli Stati Uniti la capacità complessiva dei pannelli fotovoltaici sia aumentata esponenzialmente negli ultimi anni.

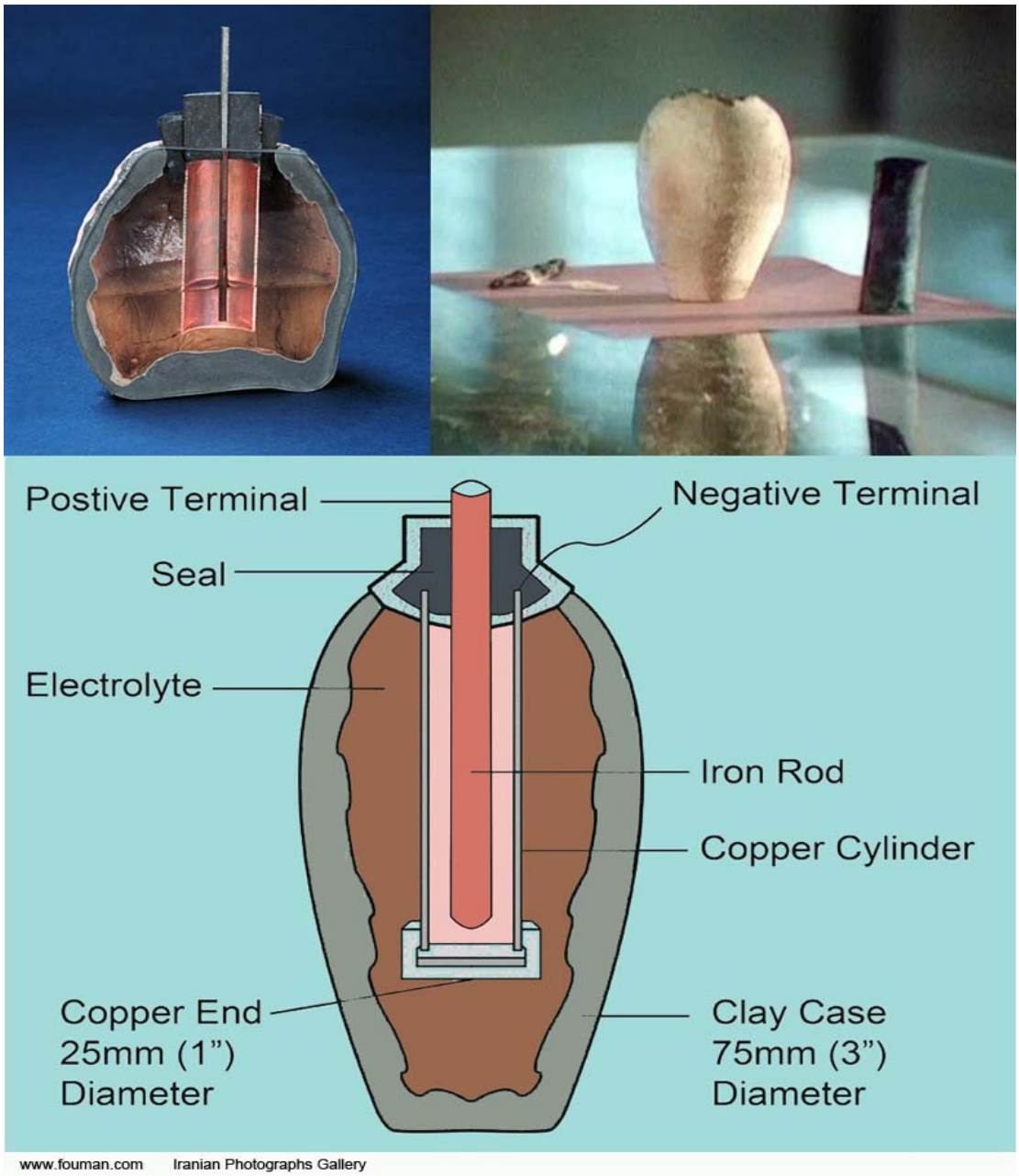


Cumulative U.S. Installed PV Capacity [MWdc]

Per l'accumulo dell'energia elettrica, sono fondamentali le batterie.
Tra pochi mesi , nel deserto del Nevada (USA) entrerà in funzione la *Gigafactory,* un immenso stabilimento (il secondo più grande al mondo), dove verranno prodotti accumulatori agli ioni di litio, in una quantità tale da raddoppiarne la produzione attuale mondiale.
La Gigafactory sarà energeticamente autosufficiente, in quanto l'energia che utilizzerà per la produzione delle batterie verrà prodotta da un immenso campo di pannelli fotovoltaici presente sul tetto del capannone.

BATTERIE: CENNI STORICI

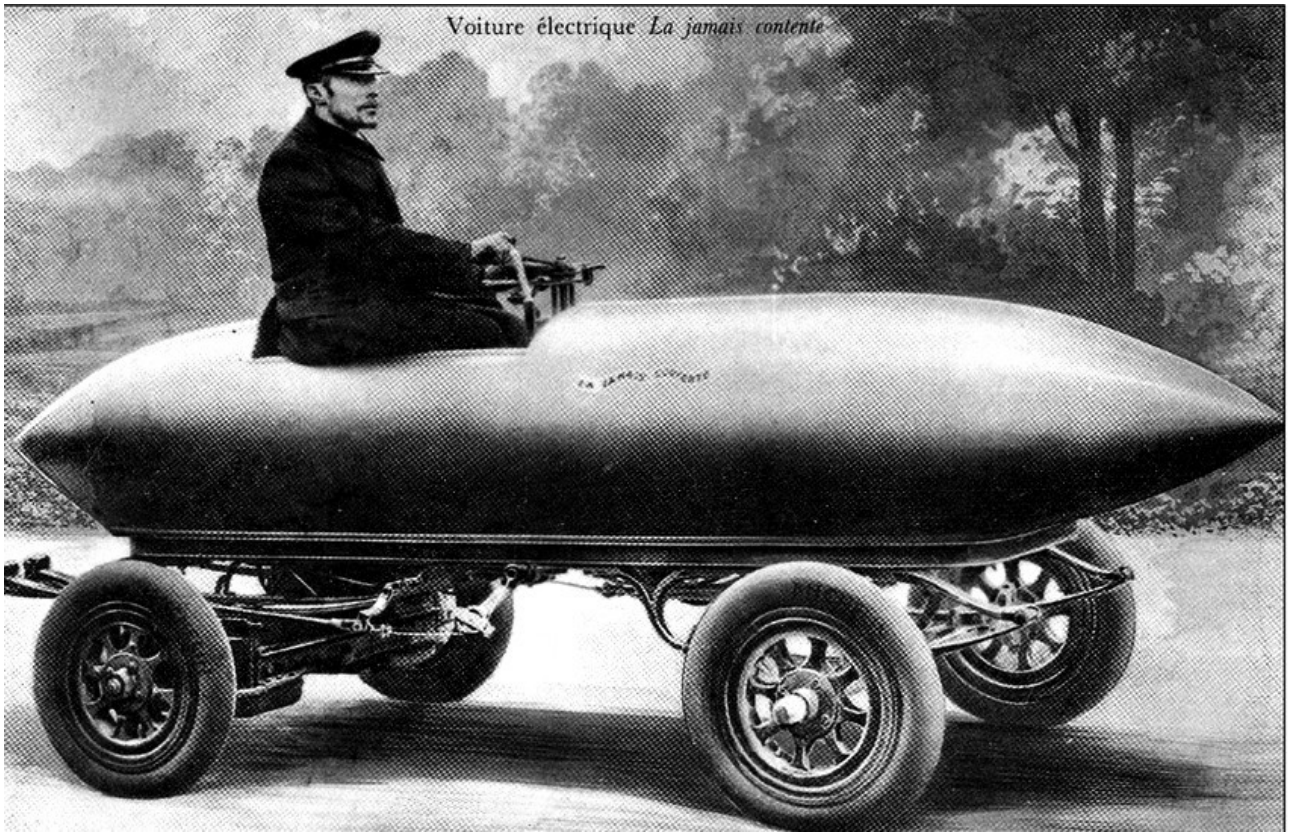
Le prime batterie comunemente note del mondo moderno sono le pile di Volta (1799).
Tuttavia, dei recenti ritrovamenti fatti in Mesopotamia fanno supporre che le batterie siano invenzioni ben più antiche. Sono state infatte rinvenute delle grosse giare d'argilla, datate circa 200 avanti Cristo , contenenti un cilindro di rame e un'asta d'acciaio. Si suppone che all'interno delle giare ci fosse contenuta una sostanza acida (si suppone aceto o succo di limone), e si pensa questi oggetti fossero delle celle galvaniche usate per placcare l'argento con una superficie dorata.



PRIME AUTO ELETTRICHE: CENNI STORICI

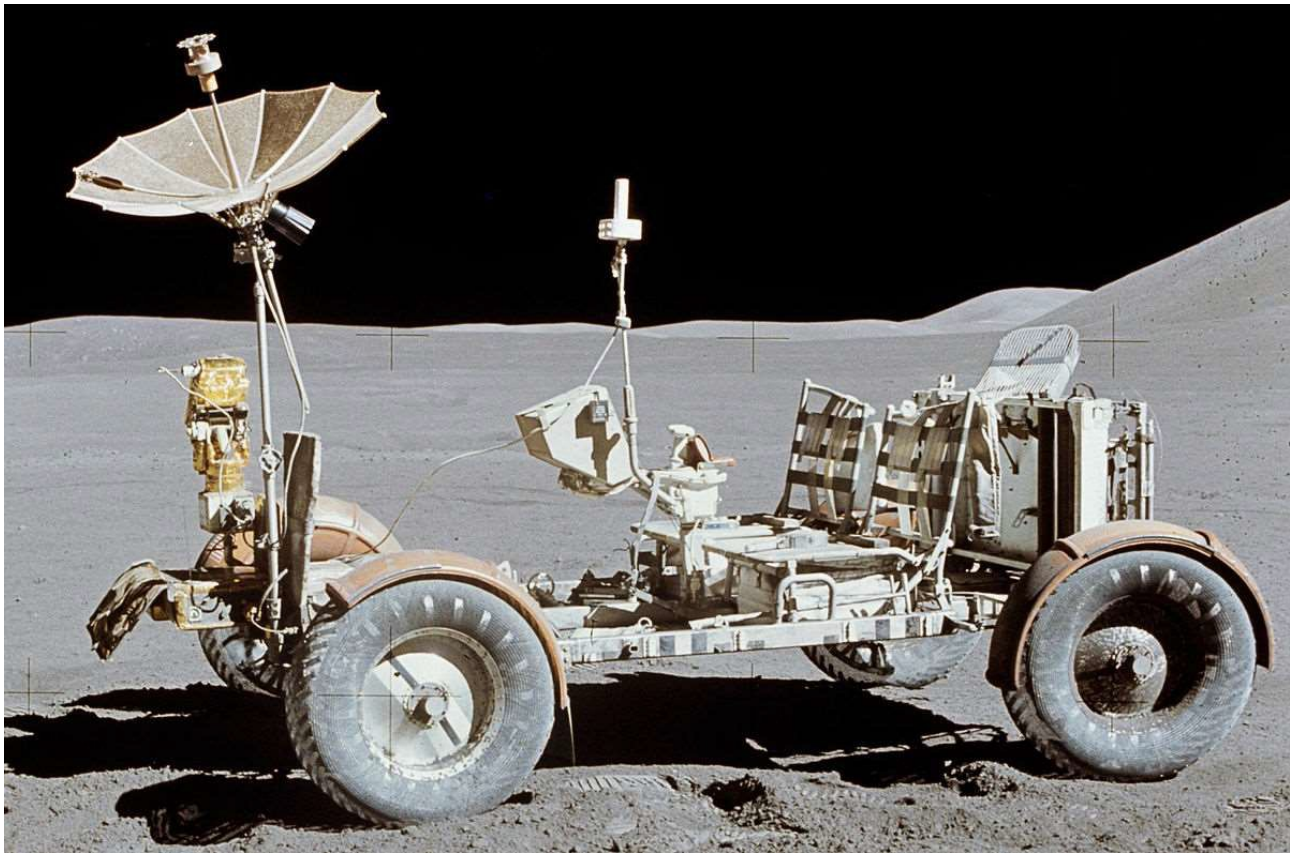
Le prime auto elettriche hanno fatto comparsa fin dall'inizio della storia dell'automobile. Nei primi anni del '900 hanno avuto il primo boom: costituivano infatti il 70% delle auto totali circolanti.

La prima auto che, nel 1899, ha raggiunto la velocità di 100 km orari , la *Jamais Contente,* era un auto elettrica.



Il problema della scarsa autonomia delle batterie dell'epoca ha poi decretato il loro declino nei decenni successivi.

Nel 1971 il *Lunar Rover* è stato il primo veicolo a muoversi sulla superficie lunare. Era mosso da un motore elettrico alimentato da batterie a 36Volt Argento-zinco. Gli ingegneri NASA scelsero un veicolo elettrico in quanto in mancanza di ossigeno sarebbe stato problematico portare le bombole per far funzionare un motore a combustione interna.



BATTERIE AL LITIO

Al giorno d'oggi uno sviluppo velocissimo stanno avendo gli accumulatori agli ioni al Litio, i quali hanno un ottimo rapporto peso/potenza, e una lentissima perdita della carica quando sono inutilizzate.

Le batterie al Litio hanno rivoluzionato molti settori industriali, riguardanti i seguenti ambiti:

- Modellismo
- Telefonini
- Tablet
- Elettronica di consumo
- Robot
- Droni
- Esoscheletri
- Catapulta di aerei militari
- Energie rinnovabili
- Armi laser