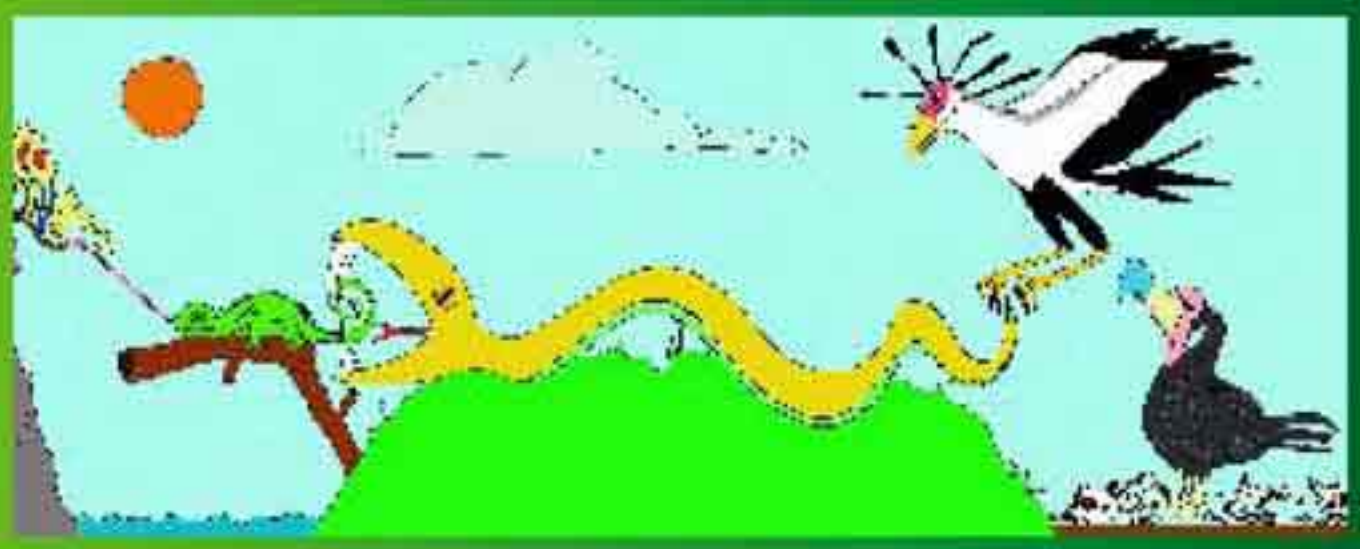
25 DAL SOLE AGLI ORGANISMI VIVENTI

Tutta la Biosfera, cioè l'insieme degli ambienti e dei loro relativi abitanti, vive grazie a un continuo susseguirsi di trasformazioni energetiche. L'energia, sotto forma di cibo, fluisce attraverso gli esseri viventi grazie alle catene alimentari. Ma come passa l'energia da un organismo all'altro?

Chi ...mangia... chi?

Una catena alimentare è costituita da vari anelli detti livelli trofici dove ciascun componente si nutre dell'organismo che lo precede e viene a sua volta mangiato da quello che lo segue.

I **vegetali** e alcuni **batteri** sono detti **autotrofi** o **produttori** perché attraverso la fotosintesi riescono a trasformare l'energia luminosa in energia chimica sotto forma di composti del carbonio. I **consumatori** o **eterotrofi** sono invece gli animali che sfruttano l'energia chimica conservata nel corpo degli altri organismi; a seconda di ciò di cui si cibano si distinguono in **erbivori** e in **carnivori**.
I **decompositori** infine, vivono ricavando energia dalle spoglie degli organismi morti.



Ogni essere vivente trasforma il "cibo" nell'energia necessaria per vivere. L'energia chimica posseduta dalle piante si riduce progressivamente trasferendosi prima nella massa corporea degli erbivori e poi in quella dei carnivori. Vi sono perdite sia di materia, che diventa rifiuto, sia di energia sotto forma di calore, che si disperde nell'atmosfera.

Le catene alimentari di un ecosistema hanno in media solo 4 o 5 anelli e il numero dei predatori è sempre inferiore a quello delle prede.

Dell'energia solare che raggiunge la superficie terrestre, solo l'1% circa è sfruttato dai vegetali, questa piccola frazione è sufficiente a mettere in moto le catene alimentari che sostengono la vita sul Pianeta.

Nel passaggio da un livello trofico all'altro, "l'energia-cibo" disponibile per quello successivo diminuisce di circa il 90% e quindi solo il 10% dell'energia di un livello passa al seguente.

LUCE & BUIO

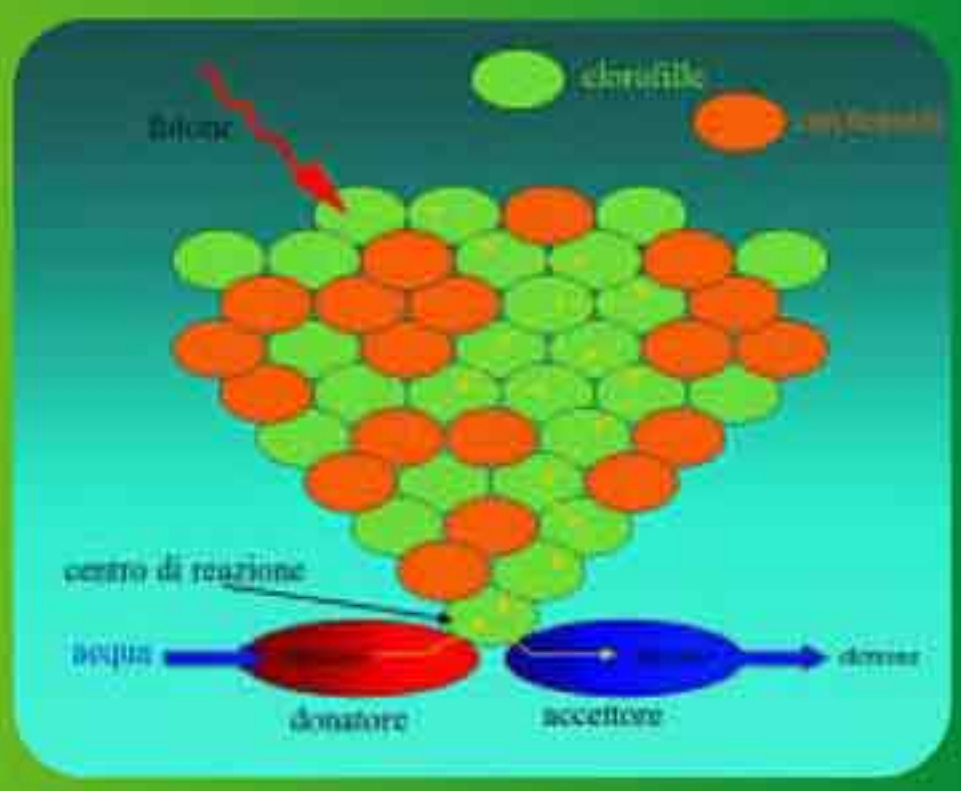
La fotosintesi cattura e trasforma l'energia del Sole.
Dove e come avviene questo processo? Di che "ingredienti" abbiamo bisogno?

L'energia del Sole e ...

qualcuno che la sappia trasformare.

Le molecole che trasformano l'energia sono le **clorofille**, dei pigmenti in grado di assorbire la luce del Sole. Esse si trovano nei **cloroplasti**, delle piccole vescicole all'interno delle cellule vegetali. Il loro funzionamento avviene in questo modo:
le clorofille sono disposte a gruppi di 300 circa, vicine tra di loro come a formare come dei "tappeti" che raccolgono la luce.

Tutta la luce che colpisce la foglia penetra fino ai cloroplasti e arriva fino alle clorofille; non è necessario che splenda il Sole, è sufficiente anche la luce che c'è quando è nuvoloso o quando il Sole tramonta.



Quando la luce, cioè l'energia luminosa, arriva a una delle clorofille, inizia una staffetta: ognuna riceve l'energia dalla sua vicina e la passa a sua volta a un'altra clorofilla adiacente. Tutta l'energia viene convogliata verso un'ultima e unica clorofilla, chiamata centro di reazione, che usa questa energia per strappare un elettrone all'acqua (H_2O) e attaccarlo a un'altra molecola. Il centro di reazione con questa operazione ha immagazzinato l'energia solare nel legame tra l'elettrone e la molecola: abbiamo ottenuto energia chimica che viene così trasportata e utilizzata all'interno della cellula, nella seconda fase della fotosintesi, la FASE OSCURA.

Attraverso una catena di reazioni chimiche l'energia viene usata per rompere le molecole di anidride carbonica (CO_2) assorbita dalle foglie e costruire delle altre molecole fondamentali:
i carboidrati ($C_6H_{12}O_6$).

$$\text{SOLE} + CO_2 + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + O_2$$

La velocità di trasferimento dell'energia è meno di un miliardesimo di secondo.
La resa energetica è del 90%.

Ma dove sono i carboidrati?

COLLABORARE ALLA CREAZIONE

"Il creato è affidato all'uomo perché, coltivandolo e custodendolo, provveda alle sue necessità e si procuri il «pane quotidiano». Occorre imparare a contemplare il creato con occhi limpidi e pieni di stupore".

Giovanni Paolo II

"La grandezza dell'uomo dipende dal fatto che ogni singola persona è rapporto con l'infinito. E per vivere ciò che l'uomo è, per realizzare se stesso, l'uomo deve prendere in mano lui tutto quello che Dio ha fatto".

Luigi Giussani

Giovanni di Paolo
"La Creazione e l'espulsione dal Paradiso" (particolare)
(c. 1445) Tempera e oro su legno
Metropolitan Museum of Art, New York

DAL MITO DI PROMETEO...

L'attenzione dell'uomo primitivo verso il fuoco è stata probabilmente provocata dall'osservazione di eventi naturali, quali i fulmini o la lava eruttata dai vulcani. All'inizio l'uomo ha forse imparato solo a raccogliere e conservare il fuoco prodotto da questi fenomeni naturali, ma in seguito ha ideato dei metodi per generarlo, come documentano molti ritrovamenti di ossa di animali bruciate e di ceneri. L'impatto culturale prodotto dal primo impiego del fuoco è stato un fatto eccezionale, che ha cambiato profondamente la vita dell'uomo e ha dato origine a leggende come quella di Prometeo, che rubò il fuoco dal cielo e lo portò sulla Terra, ma per questo ebbe una tremenda punizione dagli dei.
In questa leggenda l'energia è quindi associata al peccato, cosa che, in altre forme, non più leggendarie, si verifica in parte ai giorni d'oggi per l'energia nucleare.
Prima della domesticazione del fuoco, cioè circa mezzo milione di anni fa', il consumo giornaliero pro capite si limitava a quello connesso al potere calorico del cibo, dell'ordine di 2500 calorie (intendiamo kilocalorie, cioè la quantità di calore necessaria per elevare di un grado un chilogrammo di acqua a una determinata temperatura e pressione). Come conseguenza della scoperta del fuoco tale valore è circa raddoppiato. L'energia consumata in più era sostanzialmente quella usata per riscaldarsi, essenziale specialmente in epoche glaciali, circa 5000 calorie al giorno.

"Prometeo incatenato" di Eschilo.
Stagione 2002/2003 al Teatro Strehler

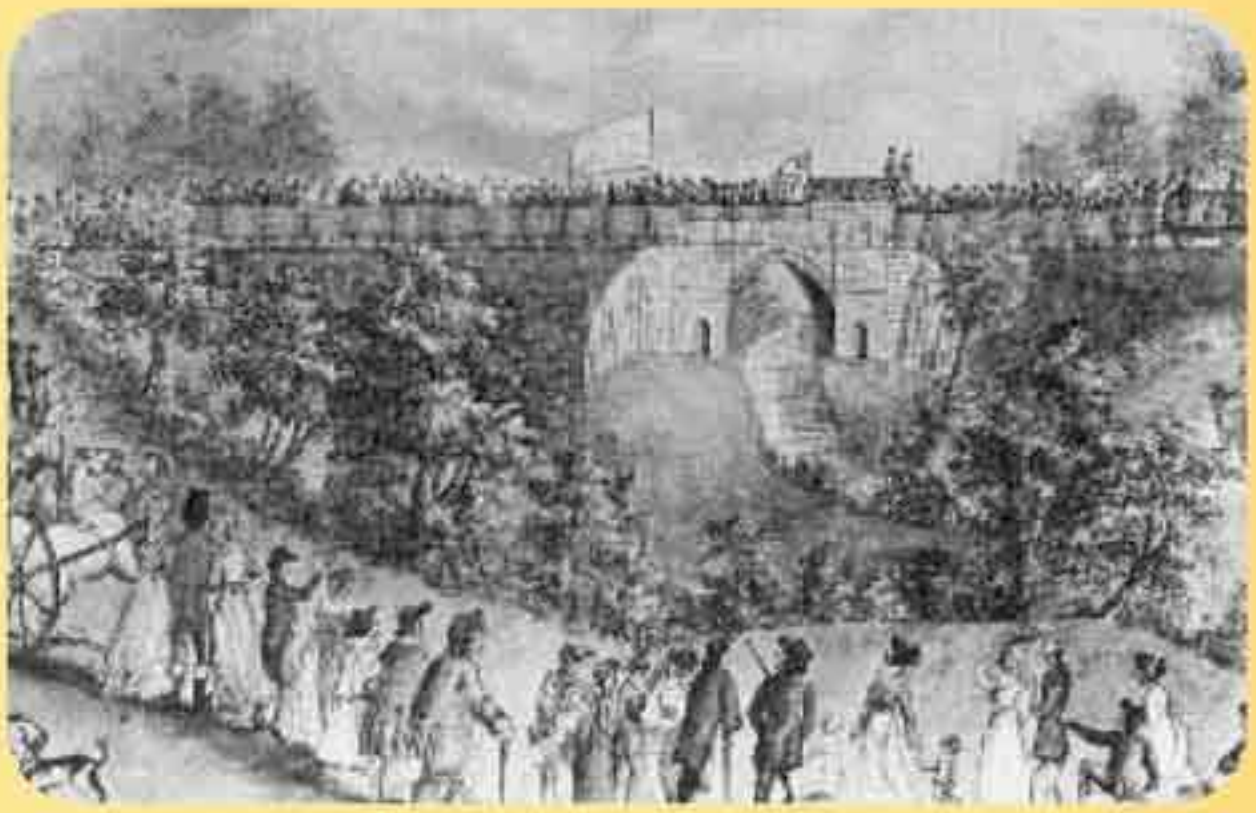
...La gemma ch'è tua, la fiamma lucente radice d'industrie, lui l'ha carpita, l'ha fatta compagna dell'uomo. Eccolo, il suo delitto: è dovere che ne sconti il castigo agli dei.
(Da 'Prometeo incatenato di Eschilo).

Attorno al fuoco

Attorno a diecimila anni fa' avviene un fatto nuovo. L'uomo impara a sfruttare il mondo che lo circonda: nascono cioè l'agricoltura e la pastorizia. L'energia giornaliera pro capite raddoppia ancora, raggiungendo 10000 calorie: si incrementa cioè la vita sociale e nascono i primi rudimentali villaggi. Un'altra importante scoperta è la metallurgia, che nasce circa 6000 anni fa': l'uomo si accorge che i metalli si lavorano più facilmente se scaldati. Il fabbisogno energetico non deve comunque essere cresciuto sostanzialmente, poiché questa attività era molto limitata. Un'altra tappa importante riguarda l'uso dei mulini ad acqua, per i quali la più antica testimonianza risale ai greci del I secolo a.C. I mulini sono poi perfezionati dagli ingegneri romani nel I secolo d.C., con l'aggiunta di ingranaggi di trasmissione. L'applicazione del vento come energia motrice risale a 3-4 mila anni a.C., con la scoperta della navigazione a vela, ma solo verso il 650 d.C. gli arabi realizzarono che il vento poteva far girare anche le pale di un mulino. Non vi sono grosse variazioni del fabbisogno energetico, che avrà una impennata solo alla fine del XVIII secolo.

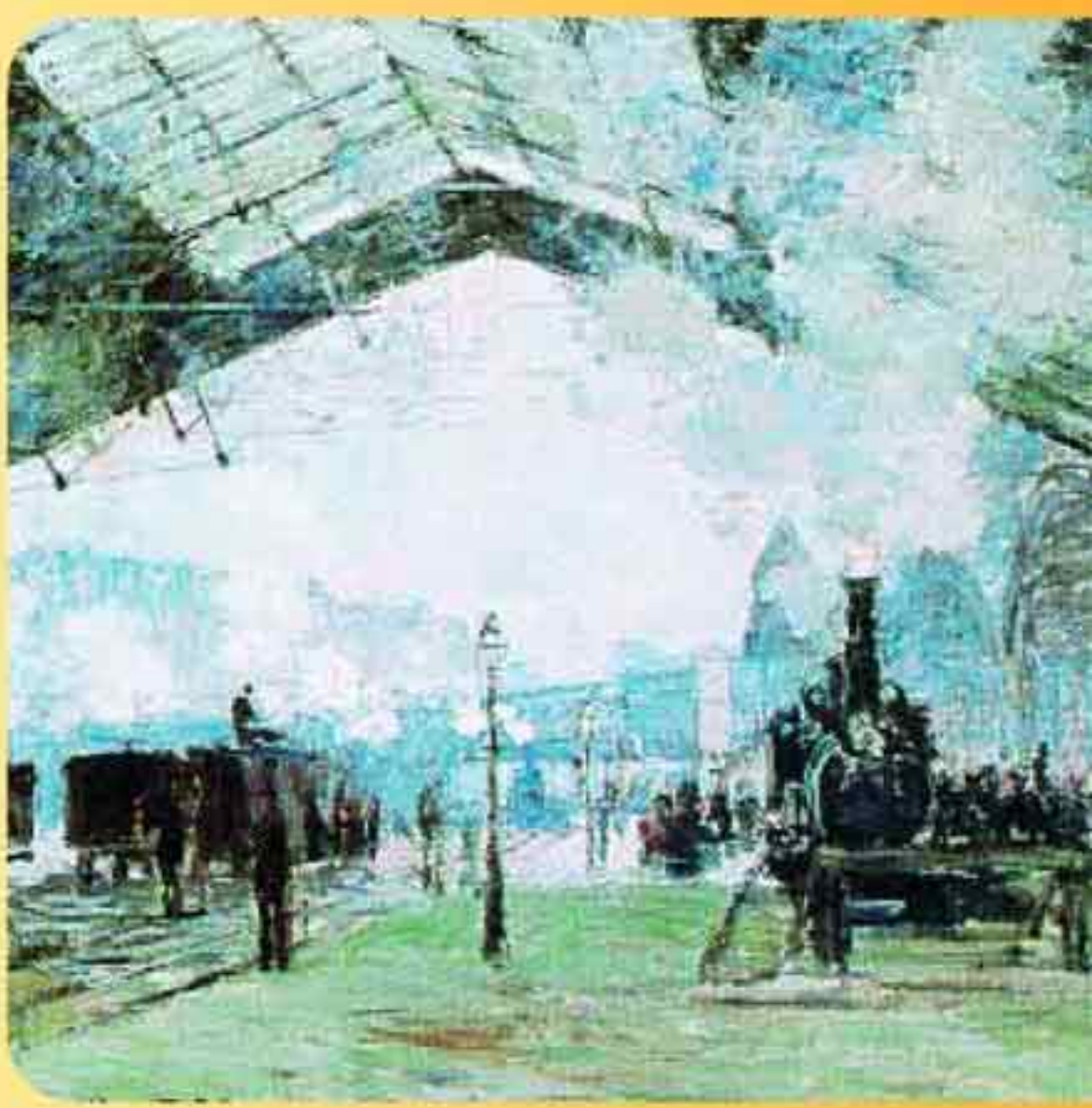
Modello di barca a vela ritrovato in Mesopotamia. Risale a circa 4000 anni fa.

... AL PRIMO REATTORE NUCLEARE



Inaugurazione della prima ferrovia pubblica in Inghilterra, nel 1825

Agli inizi del XIV secolo nasce una forma di energia ottenuta da reazioni chimiche: la polvere da sparo, ottenuta mediante una miscela di varie sostanze naturali. Trova subito delle applicazioni come esplosivo, per rimuovere grossi massi e come propulsore per i proiettili dei cannoni. Le potenzialità di questa arma da guerra sono subito evidenti, e cresce nei secoli successivi l'esigenza di costruirne in grande numero e quindi di fondere grosse quantità di acciaio. Serve sempre più calore e non si vuole far ricorso alla legna oltre un certo limite: in Inghilterra, tra il XVII e il XVIII secolo si pensa di utilizzare il carbone, che brucia con una fiamma più calda di quella del legno e può quindi essere usato nella produzione del ferro a partire dai minerali ferrosi. Nella società industriale del XIX secolo il carbone diviene il combustibile maggiormente utilizzato. Nel 1712 Thomas Newcomen realizza la prima macchina a vapore, che sarà poi perfezionata nel 1763 da James Watt, che ne fece una effettiva sorgente di potenza: si scopre così che anche dal vapor acqueo si può ottenere energia. Le macchine sostituiscono gradualmente gli animali e l'uomo, specialmente per i lavori più pesanti.
All'inizio, la macchina di Watt era soprattutto usata per estrarre acqua dalle miniere di carbone, che veniva poi bruciato per produrre il ferro. Nei Paesi più avanzati il consumo di energia in questo periodo salì a un livello pari a circa la metà dei consumi attuali americani, giungendo a oltre 80.000 calorie pro capite al giorno. La tappa successiva vede l'utilizzazione del petrolio: i collegamenti diventano sempre più veloci, con gli aerei in poche ore si compiono viaggi che prima richiedevano settimane, le auto invadono le nostre strade, nascono le grandi centrali termoelettriche. Il fabbisogno energetico giornaliero pro capite varia molto a seconda dello stato di industrializzazione e del livello di vita del Paese: in Italia l'energia che ogni abitante consuma al giorno è di circa 80.000 calorie, negli Stati Uniti quasi il triplo, in Africa circa un decimo.



"Gare Saint-Lazare" (1877) di Claude Monet
Londra, National Gallery

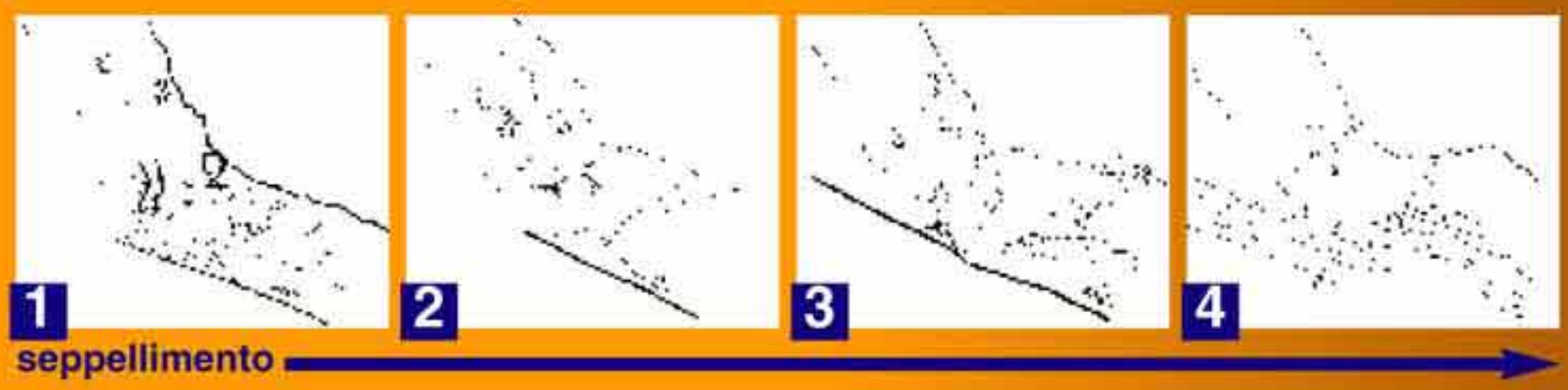
Centrali Nucleari
Nel 1945 un'altra forma di energia, enormemente più potente di tutte le altre, compare brutalmente agli occhi dell'opinione pubblica mondiale, provocando l'annientamento di due città giapponesi: l'energia nucleare. Ma, grazie soprattutto al genio di Enrico Fermi, già dal 1942 a Chicago aveva iniziato a funzionare la prima pila nucleare, e, nel 1956, sono nati i primi reattori nucleari commerciali a fissione. Il seguito è storia recente.

I COMBUSTIBILI FOSSILI

Il carbonio, unitamente all'ossigeno, è alla base di qualunque processo di combustione. La materia vivente, estremamente ricca di carbonio, è quindi un importante serbatoio di energia. Con la morte degli organismi viventi, l'ossigeno li aggredisce e li decompone; **i giacimenti di combustibili fossili sono invece il risultato di un lento processo di seppellimento di materia organica che è sfuggito, del tutto o in parte, al processo di ossidazione.**

Pianta fossile: 50 milioni di anni (Utah)

Come la materia organica diventa combustibile



Per la generazione di combustibili fossili sono necessari alcuni fattori tipici del nostro pianeta:

- Presenza di vita sulla Terra per un periodo sufficientemente lungo (da migliaia a milioni di anni);
- Rapido seppellimento della materia organica da parte di sedimenti impermeabili, forniti dall'erosione, che garantisca assenza o scarsità di ossigeno;
- Attività geologica del Pianeta, che consenta la formazione di strutture geologiche per l'intrappolamento dei combustibili.

Gli ambienti lagunari e lacustri sono particolarmente favorevoli alla decomposizione anaerobica di materia organica.

Schema di una molecola di Etano C_2H_4

Potere calorico

La trasformazione di materia organica in combustibili fossili produce un aumento del potere calorico

1 litro di **benzina**	=	2,6 Kg di **legna**	=	1,1 Kg di **carbone**	=	921 litri di **gas**

IL CARBONE

la scintilla della rivoluzione industriale

Il processo di formazione del carbone da resti organici è molto lento, e avviene in tempi "geologici".
La forma più pregiata di carbone è l'antracite, e si forma in circa 300 milioni di anni. In tutto questo periodo il carbone subisce una lenta trasformazione, che porta alla progressiva espulsione di acqua e all'aumento della percentuale di carbonio

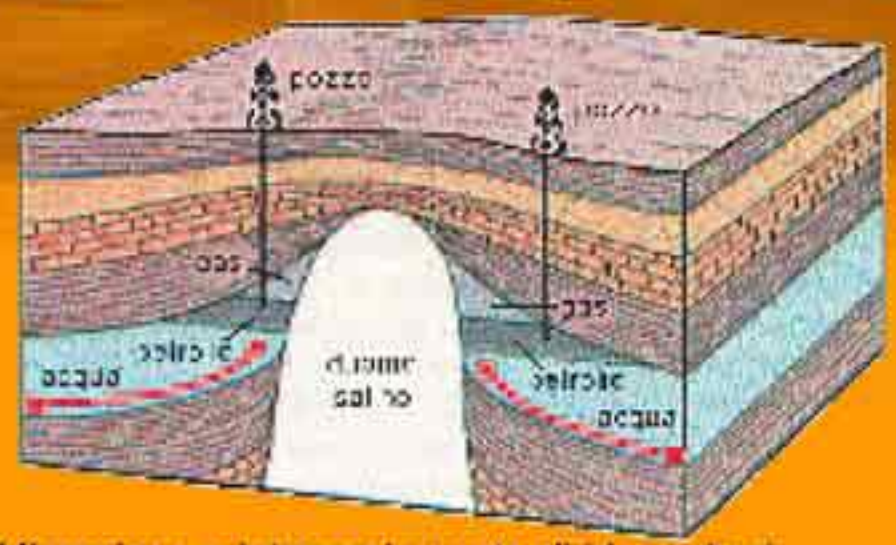
IMPIEGHI
Gli impieghi del carbone riguardano principalmente tre rami produttivi:

- **Centrali elettriche;** in tale settore il carbone viene utilizzato per la produzione di elettricità. Viene consumato circa il 50% di carbone prodotto.
- **Impianti siderurgici:** il carbone si combina con gli ossidi di ferro per ottenere acciaio.
- **Cementifici:** il carbone è parte della miscela di minerali che costituisce il cemento.

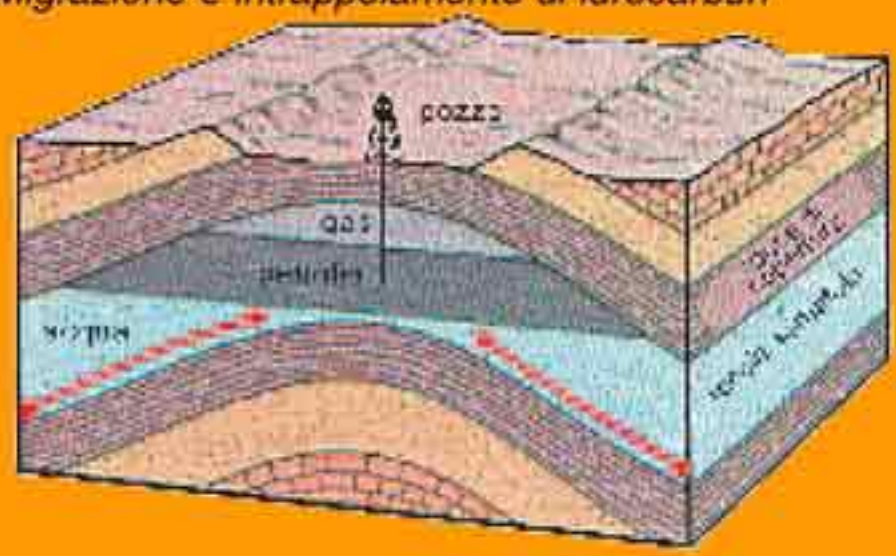
Un rimorchiatore a motore trasporta, per la demolizione, una gloriosa nave bellica inglese a vela.

J. M. W. TURNER: Fighting Temeraire viene rimorchiato al suo ultimo ormeggio per essere demolito, 1838, particolare. National Gallery, London

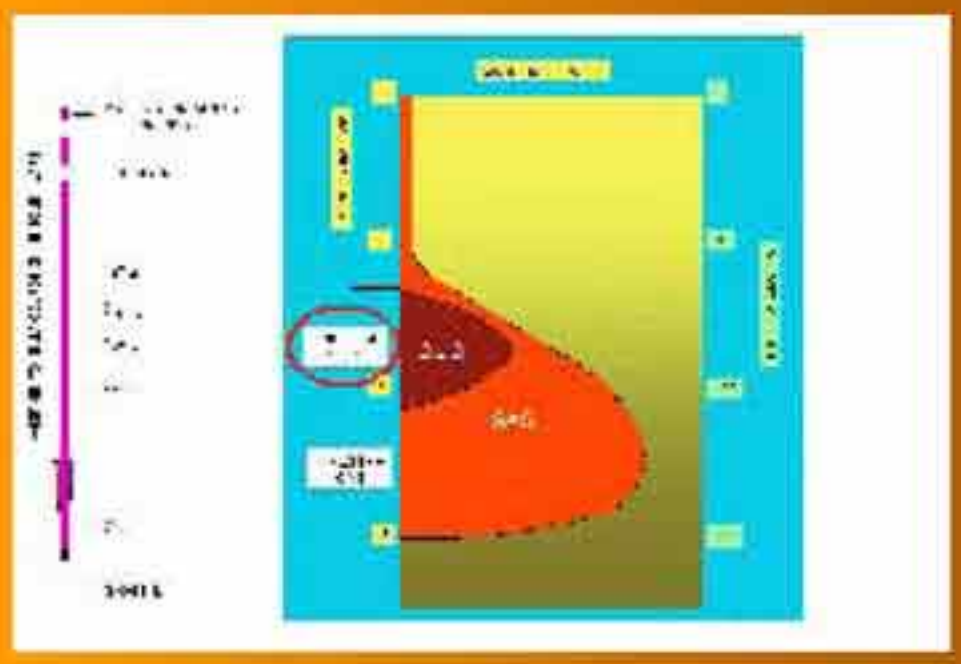
L'OLIO DI PIETRA



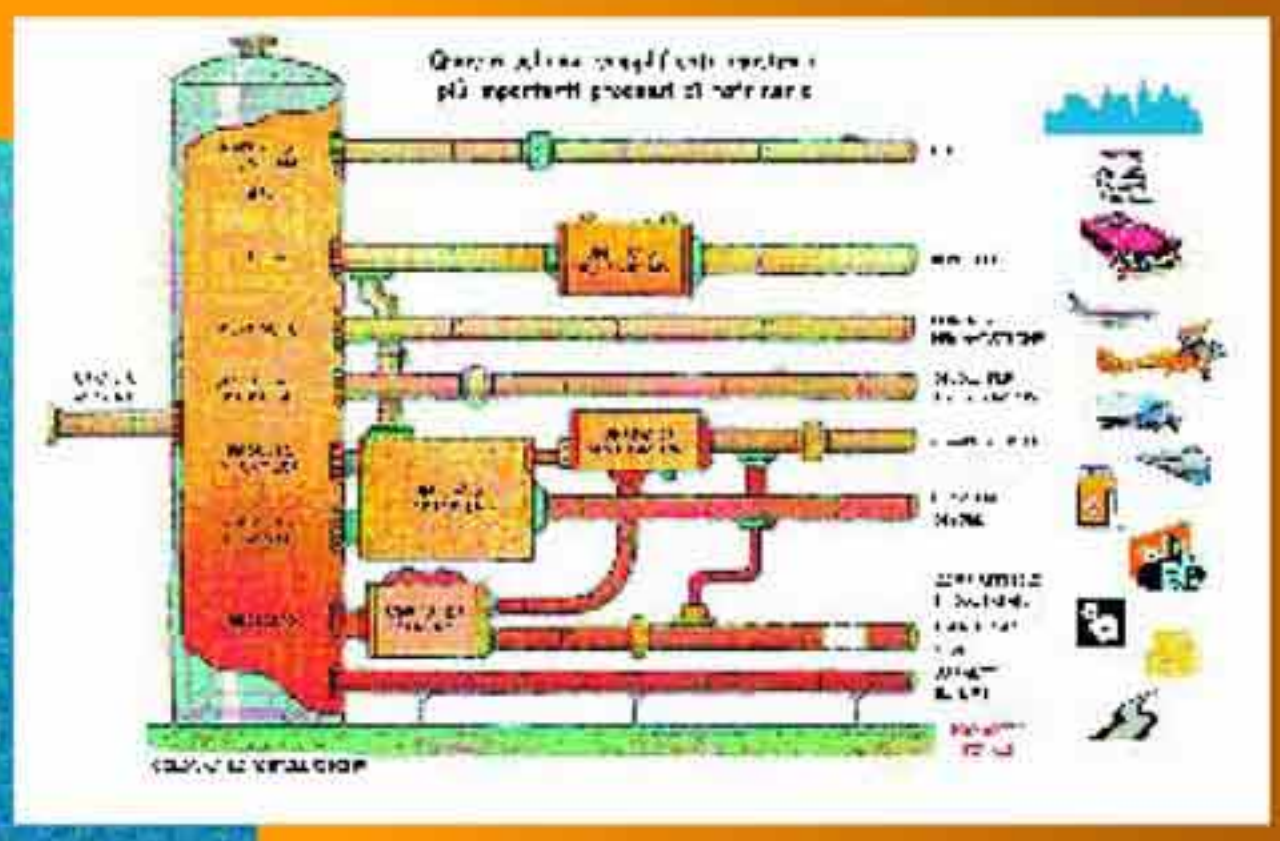
Migrazione e intrappolamento di idrocarburi



Il petrolio si genera per trasformazione di materia organica; ciò si realizza grazie all'aumento della temperatura e della pressione che si ha dalla superficie terrestre verso il suo interno. Una volta formati, gli idrocarburi tendono a risalire in superficie a causa della loro minore densità rispetto all'acqua; il tragitto termina quando incontrano uno strato impermeabile. Per l'intrappolamento degli idrocarburi è necessaria una particolare sequenza temporale di fenomeni tettonici: la trappola deve già esistere al momento della migrazione degli idrocarburi, in modo da interromperne la naturale corsa verso la superficie, ma in seguito l'area non deve più esser soggetta a stress tettonici significativi in modo da non fare aumentare temperatura e pressione, con conseguente uscita dalla "finestra olio".



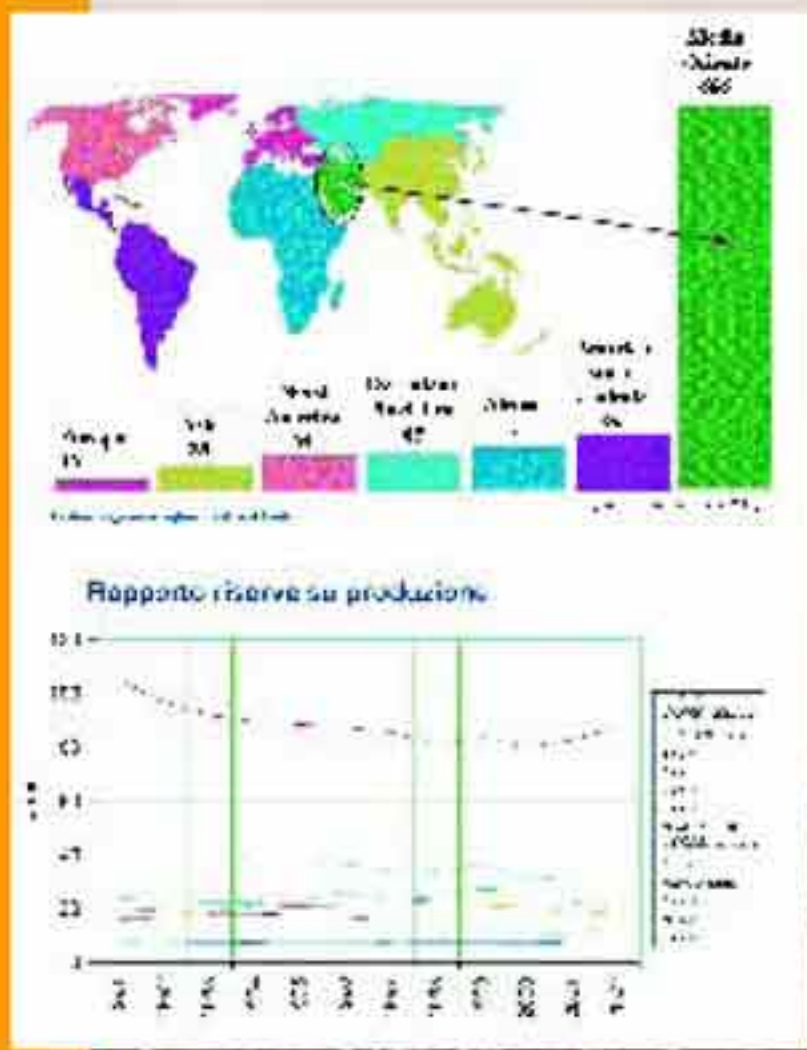
Fino alla seconda guerra mondiale il petrolio veniva sfruttato quasi esclusivamente come combustibile. A partire da esigenze concrete, quali la mancanza di gomma naturale o di seta, nacque negli Stati Uniti la necessità di mettere a punto processi chimici che potessero produrre materiali artificiali. Ebbe così inizio lo sfruttamento del petrolio come materia prima.
Fu l'inizio della **petrolchimica**.



Si hanno notizie di utilizzo di idrocarburi già dai tempi antichi: per esempio gli Egizi lo trasportavano dal Golfo di Suez fino al Cairo per usarlo come farmaco; Persiani e Romani lo impiegarono per costruire armi incendiarie e per l'illuminazione.

LA CORSA ALL'ORO NERO

Petrolio: sia la distribuzione delle riserve sia il consumo non sono omogenei nel mondo.



Negli ultimi 10 anni l'ammontare delle riserve petrolifere non è diminuito; questo significa che le quantità di petrolio derivate da scoperte di nuovi giacimenti sono state pari al petrolio consumato.

Il primo pozzo petrolifero, Pennsylvania, 1859

10 Gennaio 1901: inizia l'esplorazione petrolifera in Texas

RESPIRO E... VITA!

"Dopo tutto quello che abbiamo imparato sulla struttura della materia vivente, dobbiamo essere preparati a scoprire che essa opera con meccanismi che non possono essere ridotti alle leggi fisiche ordinarie" E. Schrodinger, What is Life?, University Press, Cambridge 1948

La vita di un organismo è un continuo disorganizzare la materia per riorganizzarla in altre forme. Si selezionano dall'ambiente esterno gli elementi utili e, dopo averli "svuotati" di buona parte della loro energia, si restituiscono all'ambiente, rendendoli disponibili ad altri. Questo rapporto con l'ambiente esterno si realizza mangiando, digerendo e assimilando. Al termine di questi processi che costituiscono il metabolismo, ogni cellula trae la materia e l'energia di cui necessita per vivere.

Oltre agli zuccheri, anche le proteine e i grassi possono venire utilizzati per produrre energia

Si è quel che si mangia!

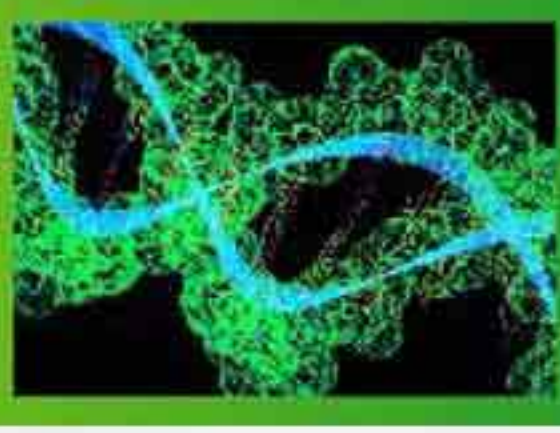
I processi digestivi trasformano le sostanze ingerite rendendole utilizzabili alle singole cellule.

Il cibo viene:

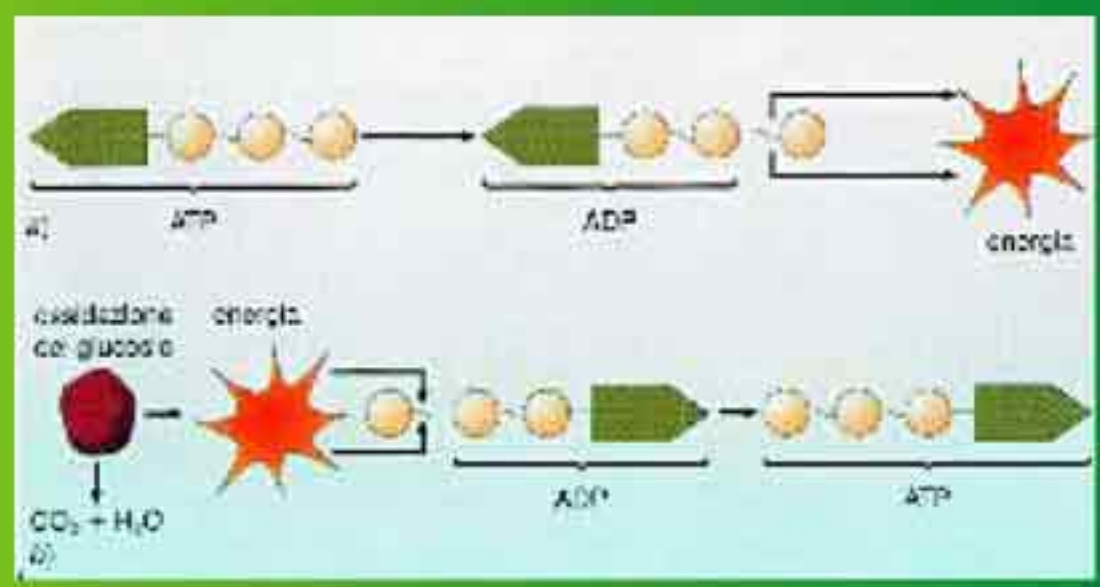
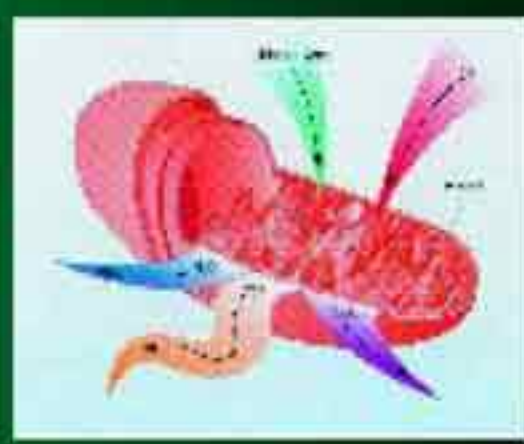
- Demolito in molecole (strutture più semplici)
- Trasportato (sotto forma di molecole) attraverso la circolazione sanguigna.
- Assorbito e assimilato da parte delle cellule del corpo
- Il materiale non assorbito viene espulso

Le molecole giunte alle singole cellule subiscono una ulteriore demolizione attraverso l'intervento dell'ossigeno: la respirazione cellulare. Tra tutti i composti organici, il Glucosio è lo zucchero che rappresenta il principale combustibile biologico: reagendo con l'ossigeno libera energia.

Glucosio + Ossigeno → Anidride carbonica + Acqua + Energia



Ottenuta energia, gli organismi non possono permettersi che questa si disperda in un attimo: se così fosse moriremmo in breve tempo per la grande quantità di calore prodotto dalle reazioni che avvengono nelle nostre cellule. Allora come si può conservare l'energia?La soluzione consiste nell'immagazzinarla in "piccole" porzioni all'interno di una molecola detta ATP.
La formazione della molecola di ATP avviene attraverso una serie di complesse reazioni biochimiche. Grazie alla sua struttura è in grado di accumulare l'energia liberata dalla scissione del glucosio e di fornirla alla cellula tutte le volte che è richiesta.



Nelle cellule vi è una piccola centrale energetica, il **Mitocondrio**, un organulo cellulare specializzato nella fabbricazione di Energia.
I mitocondri sono tanto più numerosi quando si trovano in una cellula che "lavora" molto. In una cellula muscolare per esempio ce ne sono oltre cinquantamila!