

Laboratorio di (Risorse- Economia- Ambiente)

Lezione 7

Venerdì 29 marzo 2019

Energia in natura e fotosintesi.

2 ore

Totale ore 14/48

L'energia è la più importante di tutte le risorse perché l'appropriazione di tutte le risorse ed ogni altra azione interna all'ambiente e ad un sistema economico e richiede energia.

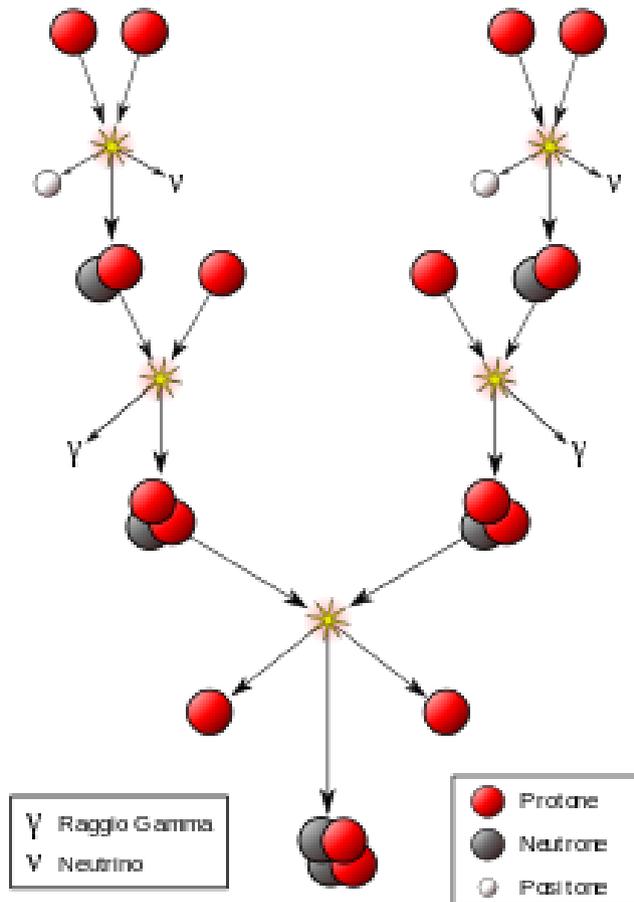
L'unica risorsa energetica genuinamente rinnovabile è la radiazione solare che rappresenta l'unico flusso di energia esistente sul pianeta (a parte il piccolo apporto geotermico, l'energia termica interna del pianeta e quello, minuscolo, gravitazionale).

L'origine di questo flusso energetico è il sole. Le reazioni di fusione nucleare interne al sole, nelle quali nuclei di idrogeno si trasformano in nuclei di elio, producono tutta l'energia solare che viene irradiata dalla nostra stella. Si verificano circa 9×10^{37} reazioni al secondo che consumano 4,4 tonnellate della massa solare (che è circa 2×10^{27} t). Il flusso totale di energia che si origina nel sole ammonta a $3,89 \times 10^{26}$ W. Questa radiazione viaggia quasi senza attenuazione in ogni direzione nello spazio e alla distanza a cui si trova la Terra (circa 150 Mkm. 149,6 è la distanza media orbitale della Terra dal Sole) tale flusso è dato dal rapporto fra il flusso stesso Φ , e l'area della sfera di raggio 150 MKm. Cioè:

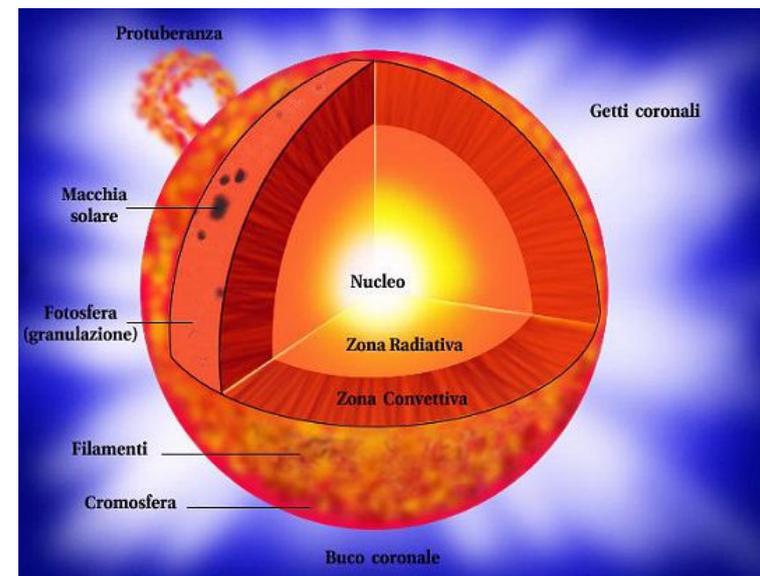
$$\Phi / (4\pi R^2) = 3,89 \times 10^{26} \text{ W} / 2,83 \times 10^{23} \text{ m}^2 \cong \mathbf{1376 \text{ W/m}^2}$$

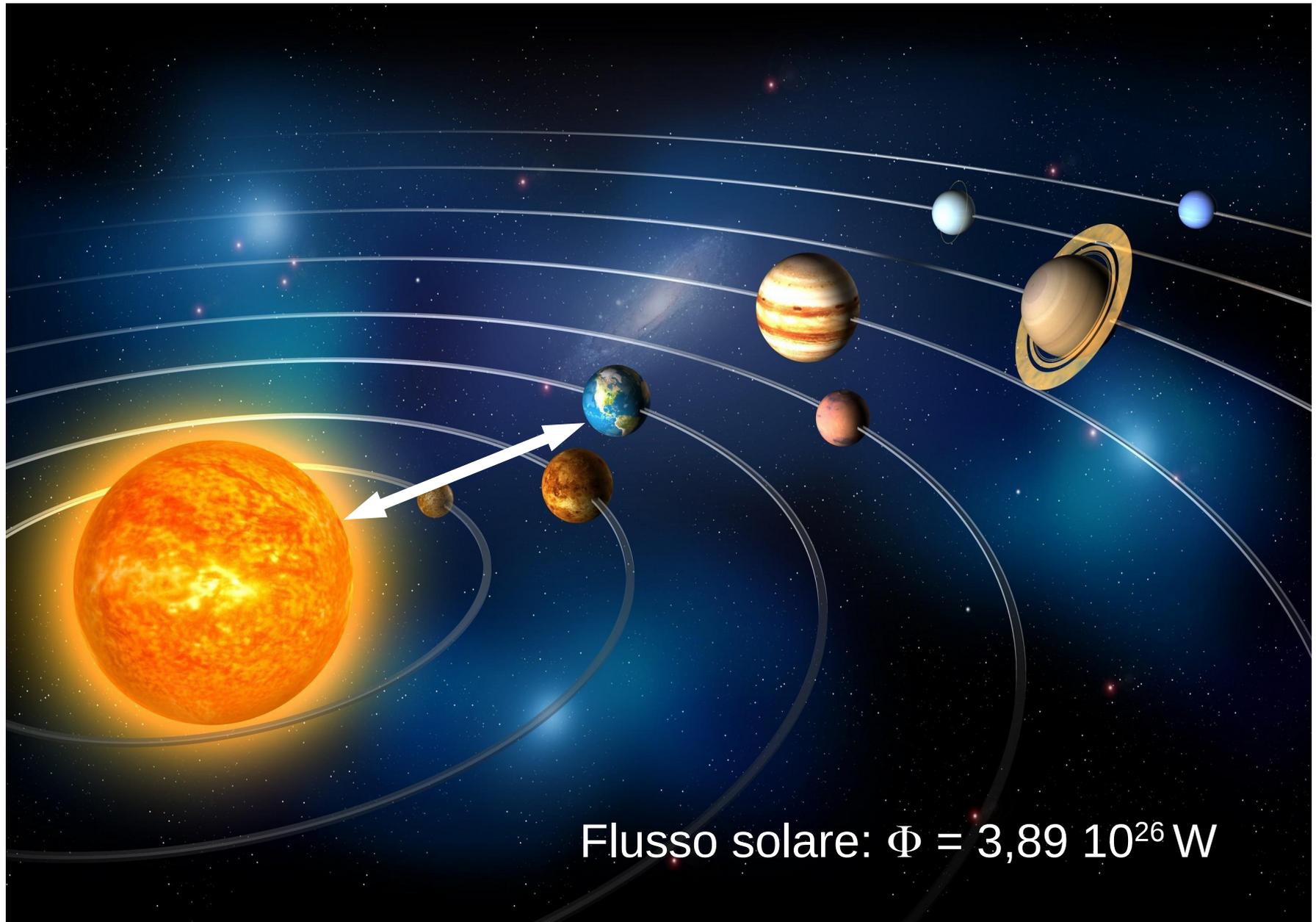
Il Sole

Reazioni di fusione nucleare



Ne avvengono 9×10^{37} ogni secondo consumando 4,4 tonnellate della massa solare (2×10^{27} tonn).





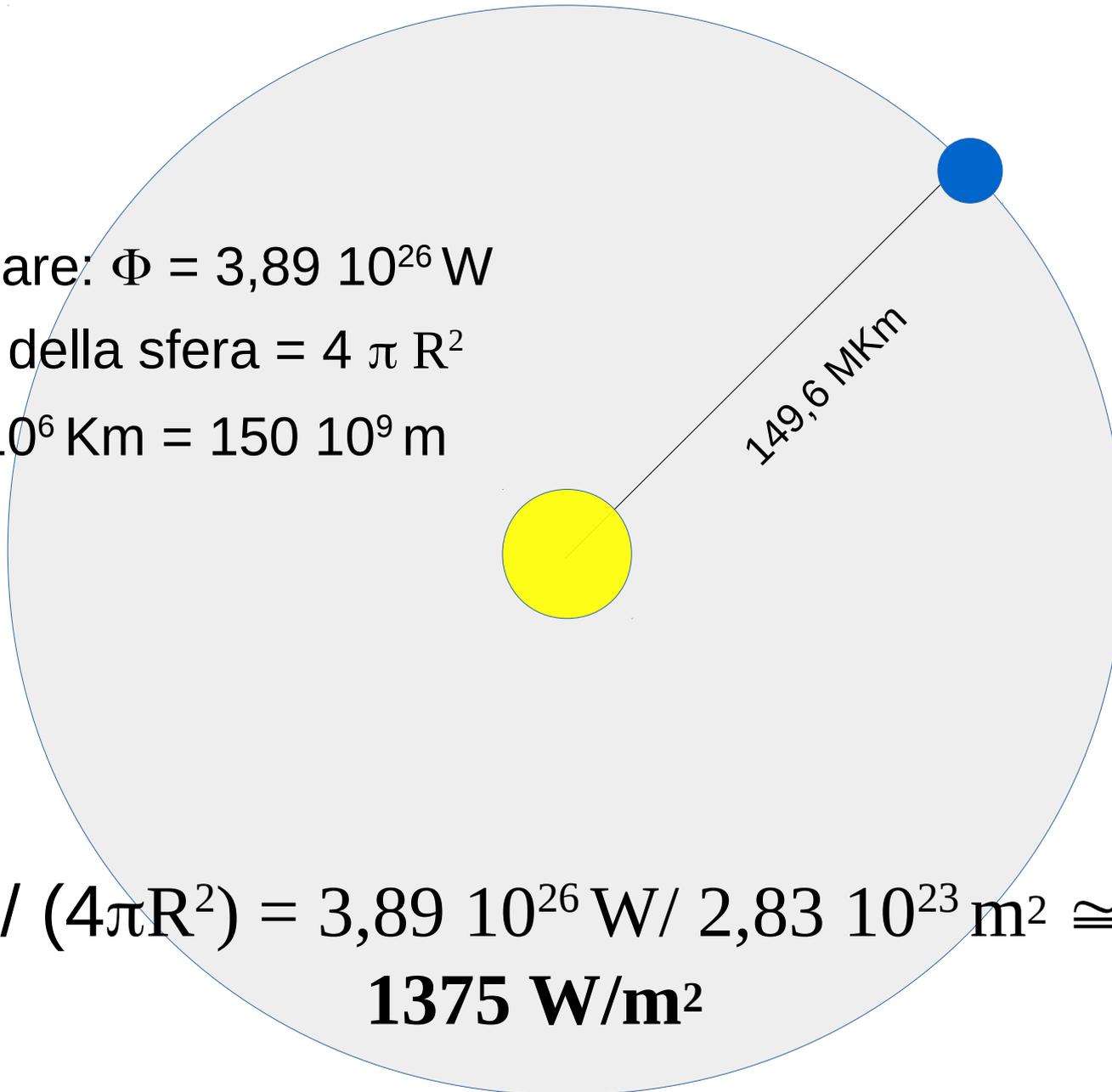
Distanza Media Orbitale Sole- Terra = 149,6 Milioni di Km

Costante solare

Flusso solare: $\Phi = 3,89 \cdot 10^{26} \text{ W}$

Superficie della sfera = $4 \pi R^2$

$R = 150 \cdot 10^6 \text{ Km} = 150 \cdot 10^9 \text{ m}$

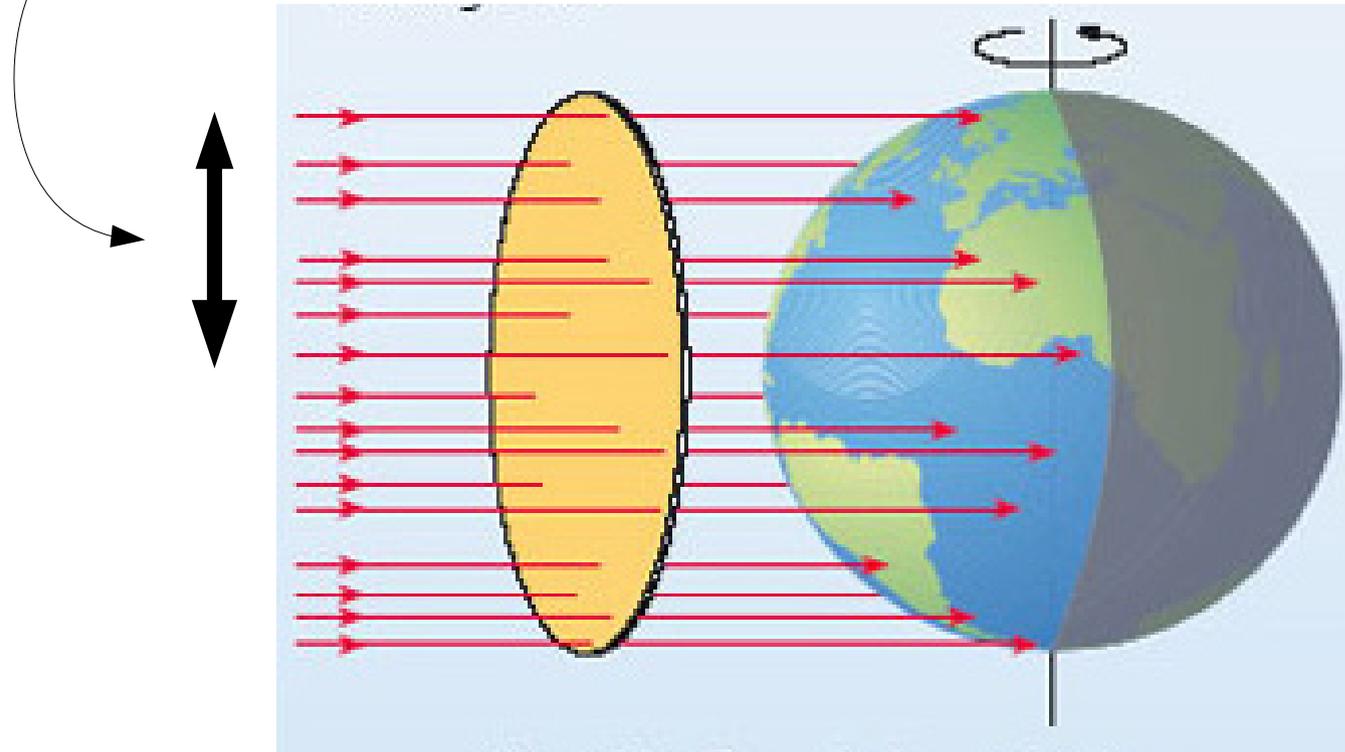


$$\Phi / (4\pi R^2) = 3,89 \cdot 10^{26} \text{ W} / 2,83 \cdot 10^{23} \text{ m}^2 \cong$$

1375 W/m²

L'energia corrispondente alla costante solare 1370 W/m^2 (si troveranno numeri leggermente diversi a seconda delle approssimazioni) è quella che incide sul disco di raggio $r = 6378 \text{ Km}$ si redistribuisce su tutta la Terra cioè su una sfera la cui superficie è 4 volte quella del disco su cui incide. La quantità totale di energia che incide su ogni metro quadrato della sfera è perciò $\frac{1}{4}$ della costante solare: 342 W/m^2 . Questa è la potenza media del flusso solare al confine dell'atmosfera.

Raggio terrestre= $r = 6378,4 \text{ Km} = 6,3784 \cdot 10^6 \text{ m}$



area del cerchio = $\pi r^2 = \pi (6,3784 \cdot 10^6)^2 = 1,278 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$

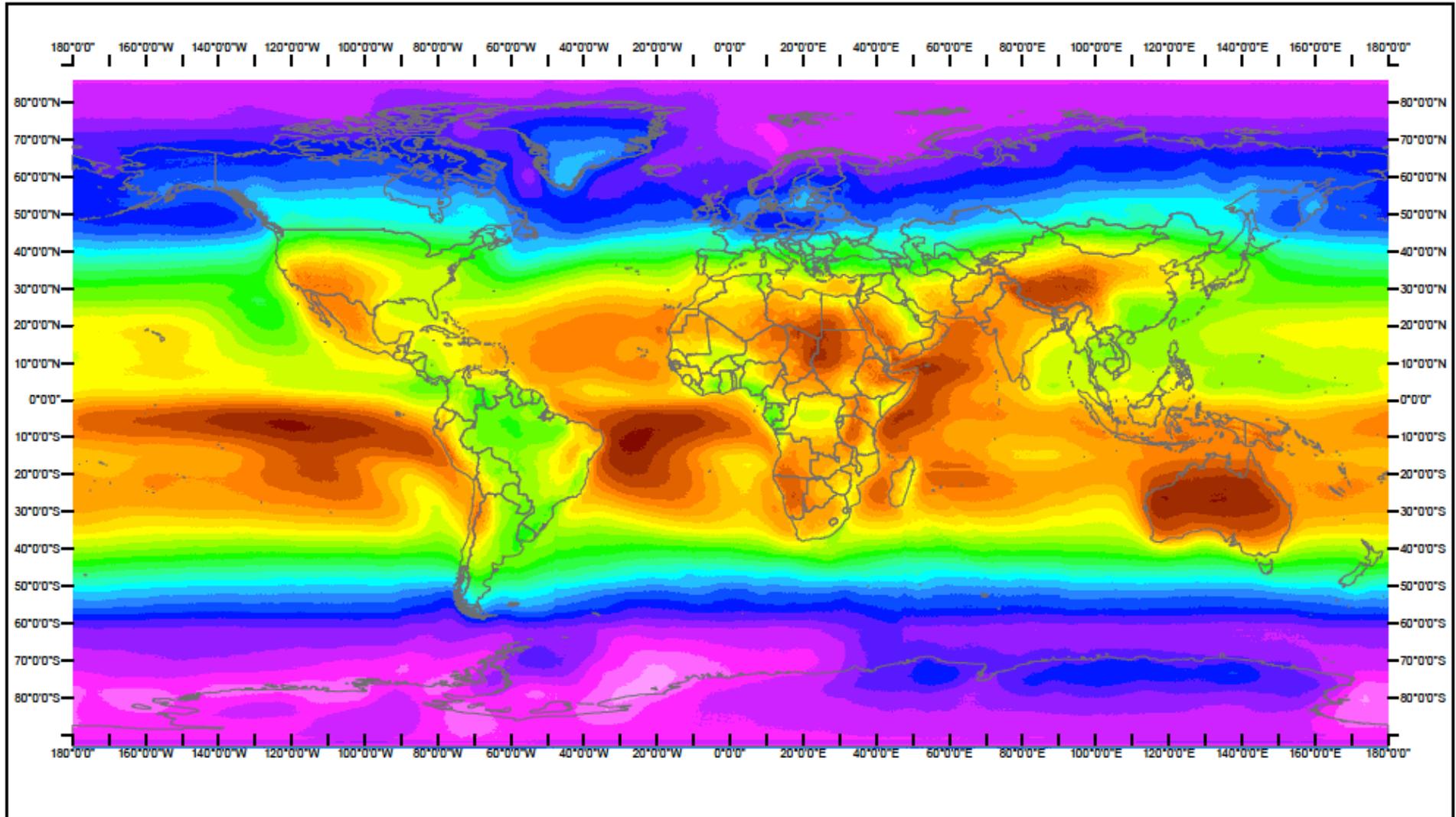
area della sfera = $4\pi r^2 = 5,112 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$

Flusso totale di energia in ingresso al confine dell'atmosfera
 $1370 \text{ W/m}^2 * 1,278 \cdot 10^{14} \text{ m}^2 = 1,76 \cdot 10^{17} \text{ W} = \mathbf{176.000 \text{ TW}} = 176 \text{ PW}$

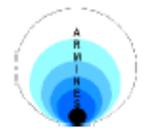
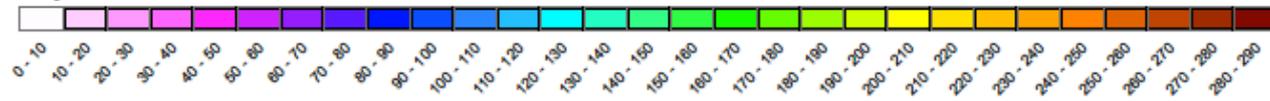
$1370 \text{ W/m}^2 / 4 \approx \mathbf{342 \text{ W/m}^2}$ Irraggiamento medio al confine dell'atmosfera

Tale flusso medio è poi ridotto dall'assorbimento di una parte della radiazione da parte dell'atmosfera (vedi sotto) e dipende dalla latitudine, dall'attività solare che segue dei cicli annuali e pluridecennali e da altri fattori. Mappe dell'irradiazione solare media misurata alla superficie nelle diverse parti del pianeta in periodi definiti sono rintracciabili su internet. Quella che segue è un esempio della messe di dati disponibili. Da questa mappa si vede che la radiazione si distribuisce in modo abbastanza irregolare con massimi di 290 W/m^2 vicino all'equatore e minimi di pochi W/m^2 alle alte latitudini sud e nord. È questa la radiazione solare a cui può attingere l'uomo e il resto della biosfera.

Averaged Solar Radiation 1990-2004



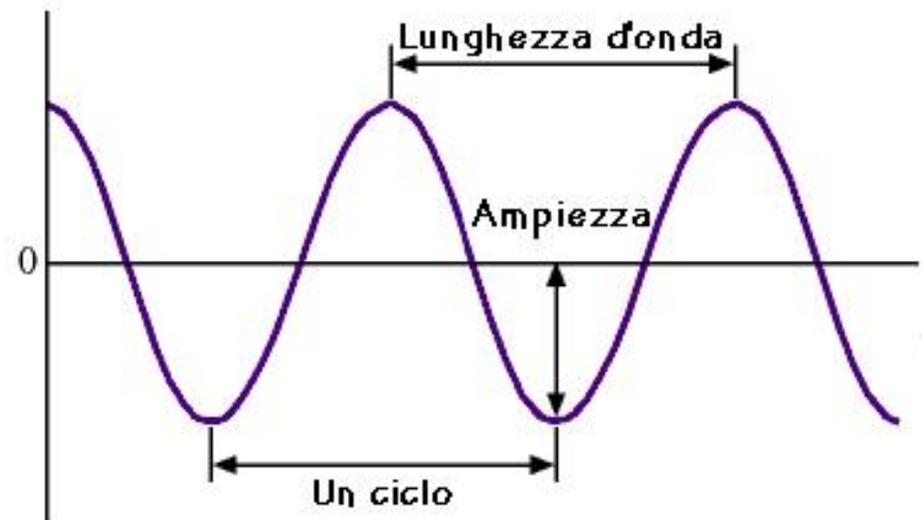
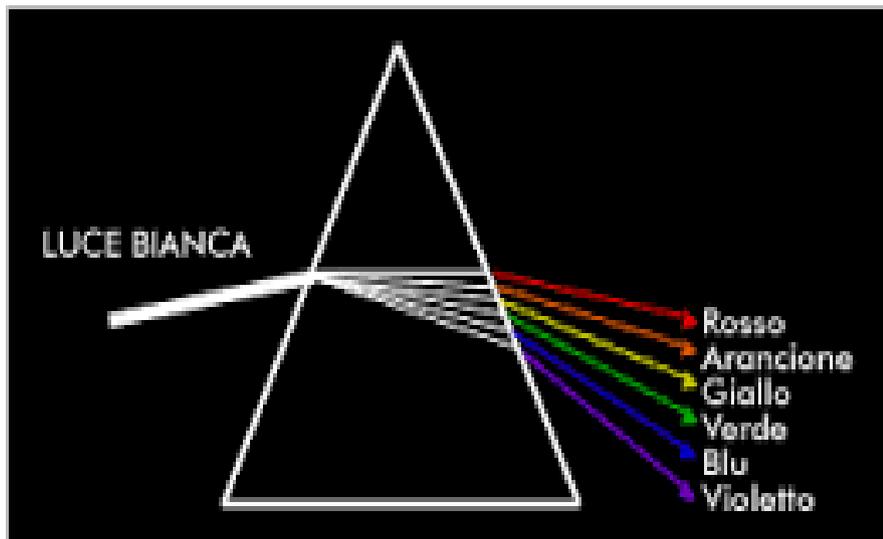
Yearly Mean of Irradiance in W/m^2

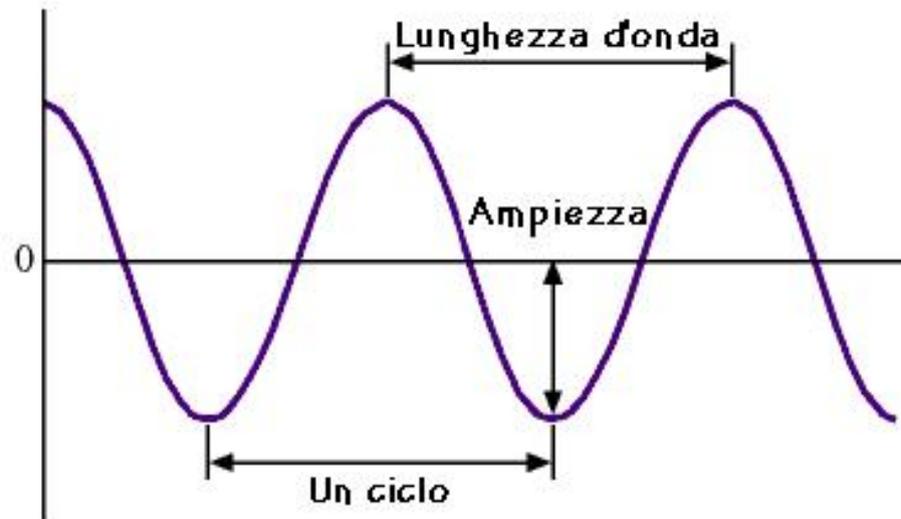


Realized by Michel Albuissou, Mireille Lefèvre, Lucien Wald.
Edited and produced by Thierry Ranchin. Date of production: 23 November 2006.
Centre for Energy and Processes, Ecole des Mines de Paris / Armines / CNRS.

Spiegazione. La radiazione elettromagnetica è un fenomeno ondulatorio che, per quello che ci interessa, può essere caratterizzato dalla lunghezza d'onda. La lunghezza d'onda è la distanza (in metri) fra i massimi o i minimi del treno di onde.

La radiazione solare è l'insieme di molte diverse componenti. I colori dell'arcobaleno come quelli ottenuti dalla scomposizione della luce bianca da parte di un prisma ottico, sono le componenti che costituiscono la luce visibile, oltre a questi vi sono radiazioni a lunghezza d'onda maggiore (Infrarosso, microonde, onde radio) e a lunghezza d'onda minore (Ultra violetto, raggi X e raggi gamma).





Lunghezza d'onda = distanza fra due creste o fra due ventri successivi. Si misura in unità di lunghezza: metro multipli e sottomultipli. m

Periodo = tempo intercorrente fra il passaggio in un punto di una cresta (o un ventre) e quello successivo. Si misura in unità di tempo: secondi. s

Frequenza = numero di creste o ventri che passano in un punto nell'unità di tempo. Si misura in secondi inversi. s^{-1} . $1s^{-1} = 1 \text{ Hz}$ (Hertz)

Velocità della
luce nel vuoto

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$c = 2,9979245 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

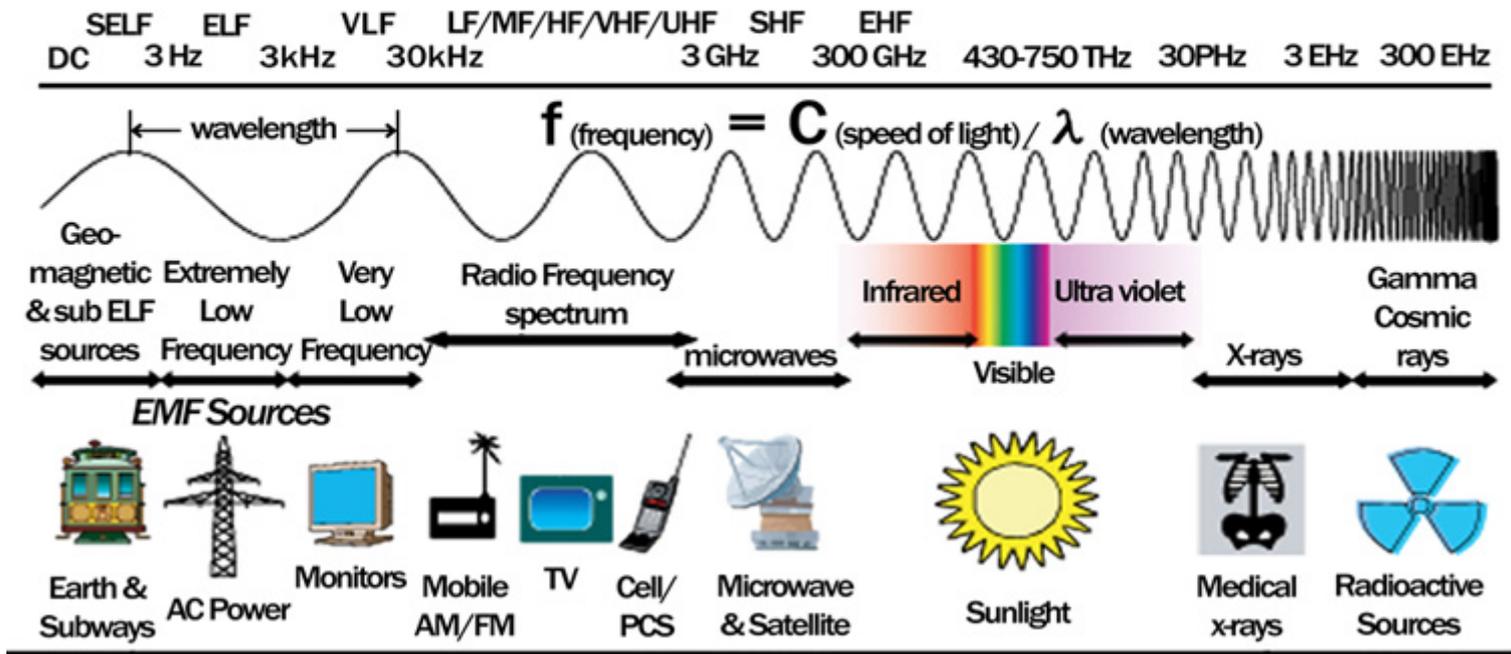
Costante di
Planck

$$E = h \nu = \frac{hc}{\lambda}$$

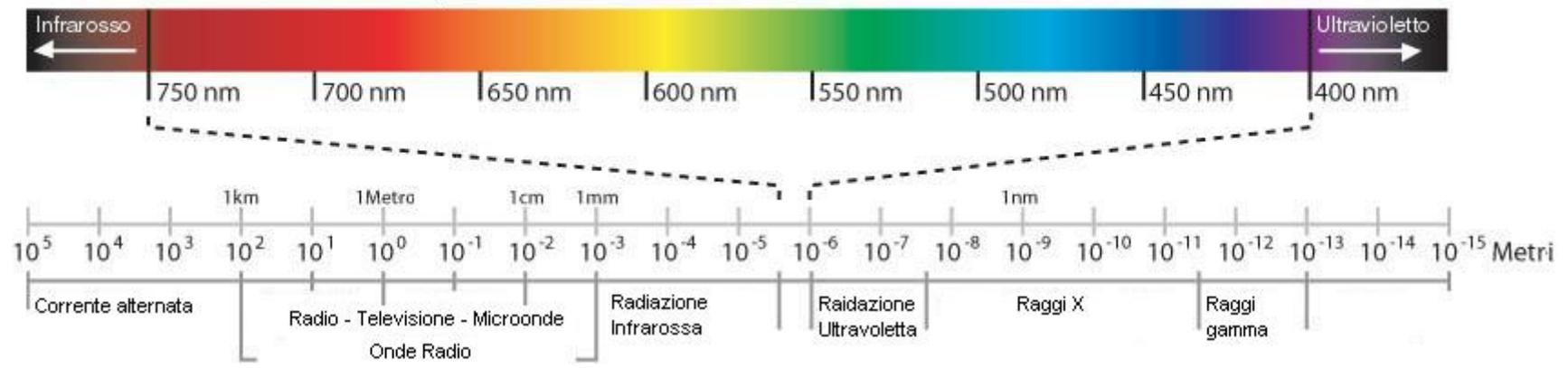
$$h = 6,62606876 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

We are surrounded by electromagnetic radiation (EMR) like never before.
 Studies link EMR to Cancer, Alzheimer's, Autism, chronic fatigue, headaches and other health issues.

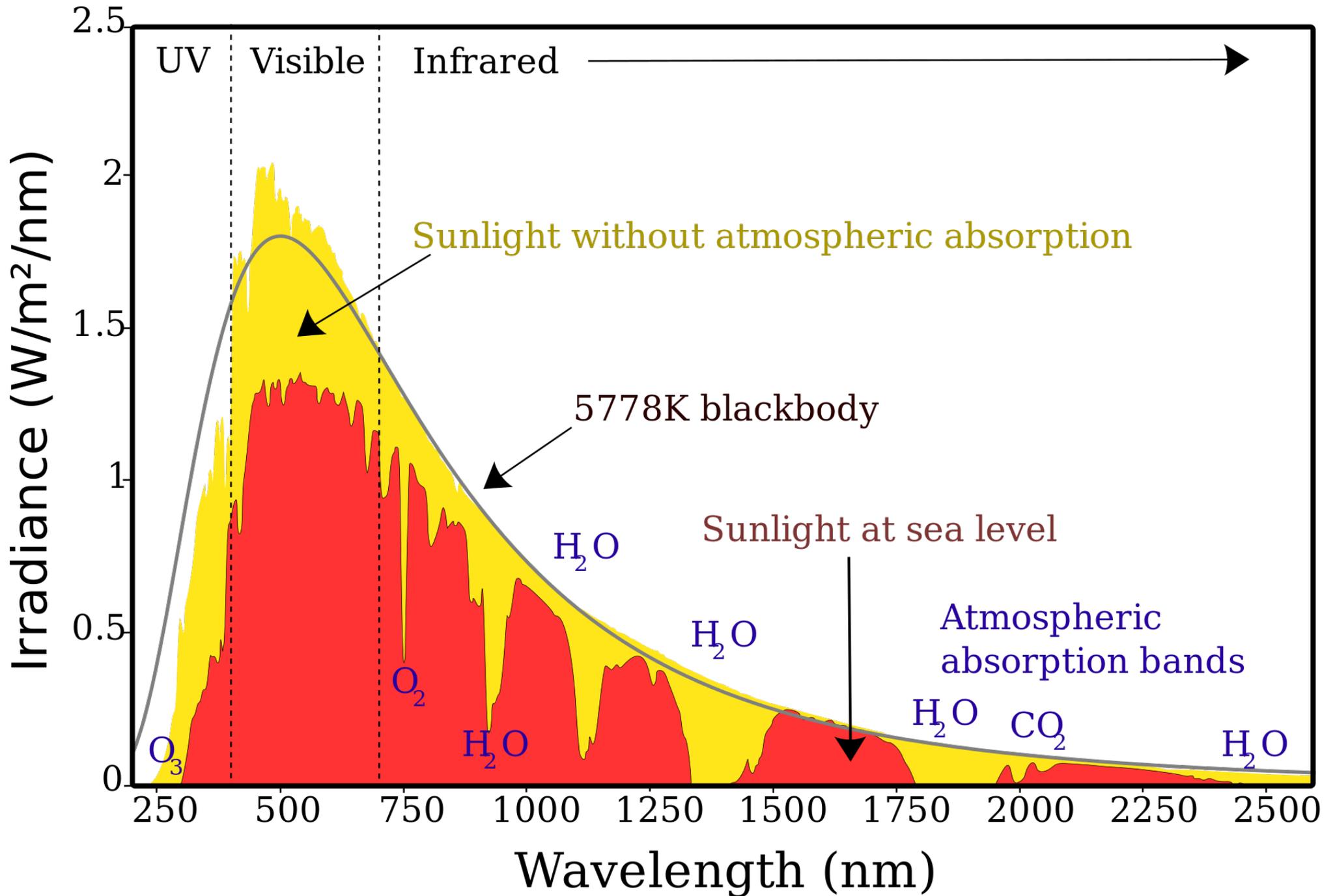


Spettro di luce visibile all'occhio umano



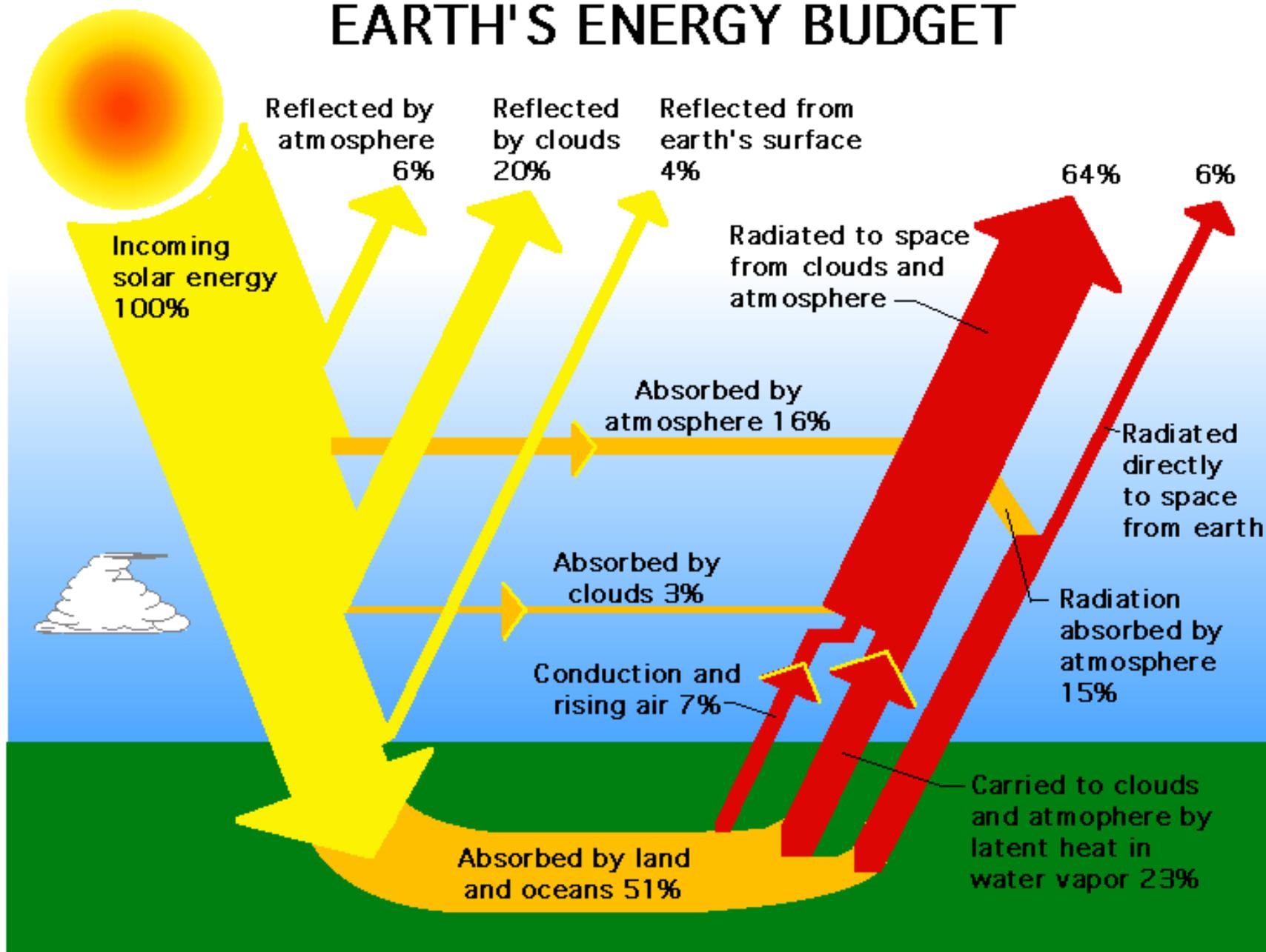
Riportando l'intensità della radiazione in funzione della lunghezza d'onda si costruisce lo spettro della radiazione solare sulla Terra che mostra un massimo in corrispondenza della luce visibile intorno ai 500 nanometri (nm, miliardesimi di metro).

Spectrum of Solar Radiation (Earth)



Nella figura che segue è schematizzato il budget energetico della Terra. Come si vede circa il 30% del flusso solare viene riflesso direttamente dall'atmosfera (6%), dalle nubi (20%) e dalla superficie terrestre (4%). Questa energia viene riflessa nello spazio e non entra nella biosfera (albedo). Il 51% del flusso solare raggiunge la superficie terrestre e viene assorbito dalle terre emerse e dagli oceani. Tutta l'energia che entra deve necessariamente uscire.

EARTH'S ENERGY BUDGET

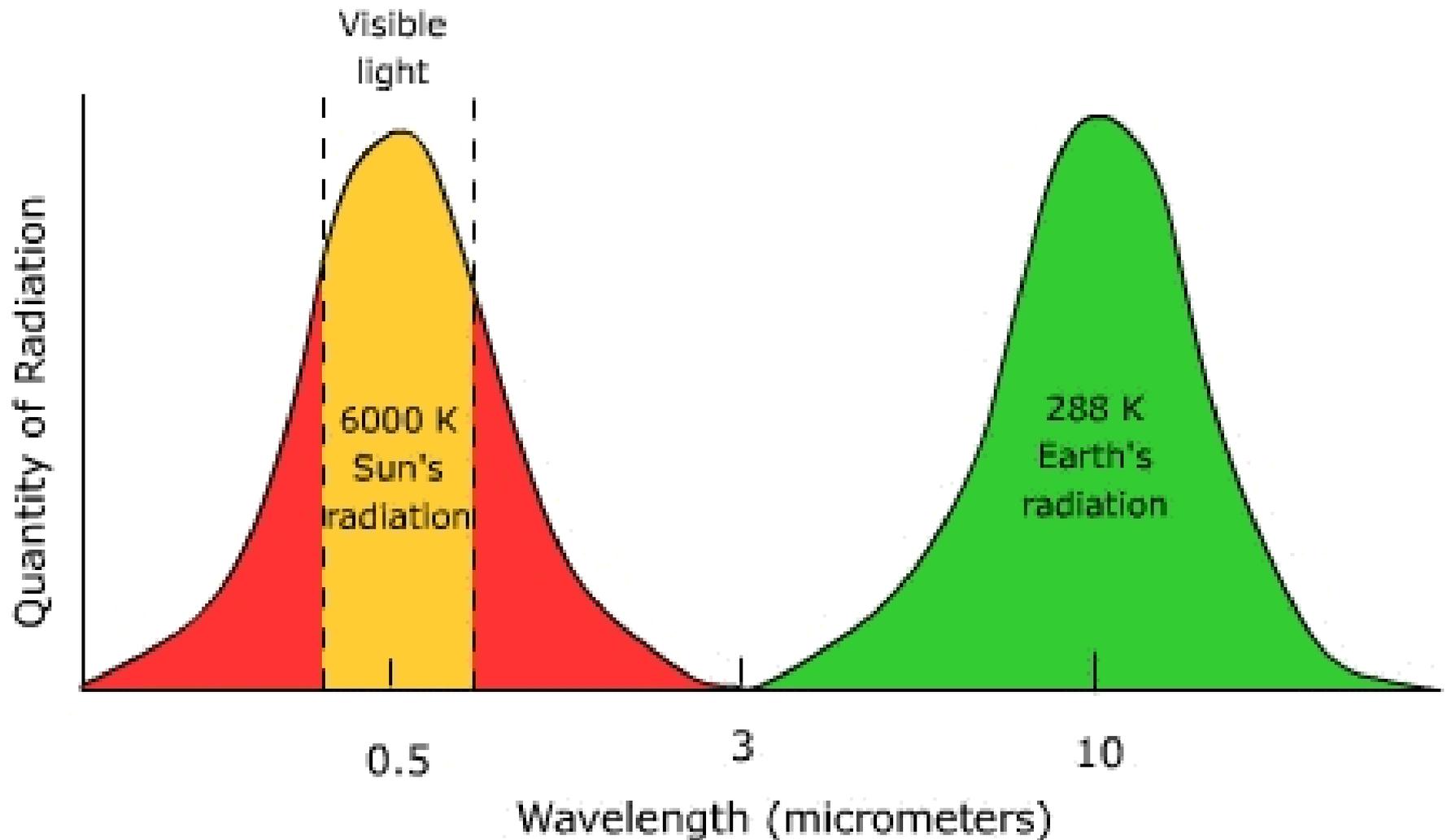


La Terra riceve energia a bassa lunghezza d'onda (visibile e UV) e la riemette lunghezze d'onda maggiori (Infrarosso).

L'infrarosso è la radiazione termica emessa dai corpi a temperatura moderata come, appunto, la superficie terrestre.

Il confronto fra gli spettri semplificati dell'energia in ingresso (emessa dal sole a oltre 5000 gradi Kelvin) e dell'energia in uscita (emessa dalla Terra alla media di 288 K) ci permette di apprezzare la separazione nelle lunghezze d'onda dei due fenomeni. In assenza di anidride carbonica (CO_2) l'equilibrio termico terrestre si stabilirebbe a -18°C (gradi Centigradi) la presenza di CO_2 sposta l'equilibrio a temperature più alte per il cosiddetto "Effetto Serra". In epoca pre-industriale, con una concentrazione di CO_2 pari a 270 parti per milione (ppm. Per ogni milione di molecole dell'atmosfera ce ne sono 270 di CO_2), tale equilibrio era intorno ai 15°C . Oggi tale temperatura media è aumentata di quasi 1°C a causa della forzante antropica determinata dalle emissioni di gas serra (la concentrazione di CO_2 ha superato le 400 ppm nel 2015) e ad altri fattori come il cambiamento di uso dei suoli, la deforestazione ecc.

Comparison of Solar and Earth Radiation Spectra



La Terra riceve la radiazione solare a piccola lunghezza d'onda: Ultra-violetto, visibile
Ed emette radiazione ad alta lunghezza d'onda Infra-rosso vicino e lontano.

Effetto Serra

Fino a quando ci sarà idrogeno nel sole la Terra continuerà ad essere investita dalla sua radiazione che energizza tutti i processi planetari. Il ciclo dell'acqua, la dinamica atmosferica e oceanica (venti e correnti marine) e la biosfera. Questi processi portano naturalmente verso l'**erosione**, il **livellamento**, e il **denudamento** della superficie terrestre. Solo il lento processo della geo-tettonica ricostituisce la parte superficiale della crosta terrestre.

Quest'ultimo è determinato dall'energia interna del pianeta.

Il flusso di energia interna del pianeta (44 TW) ha due origini principali, ma in parte è ancora un enigma.

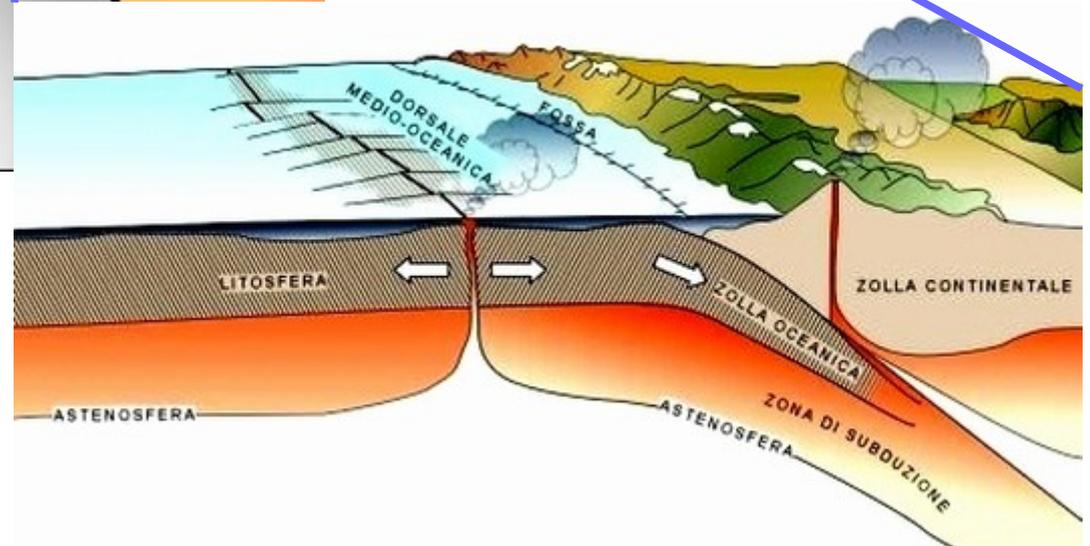
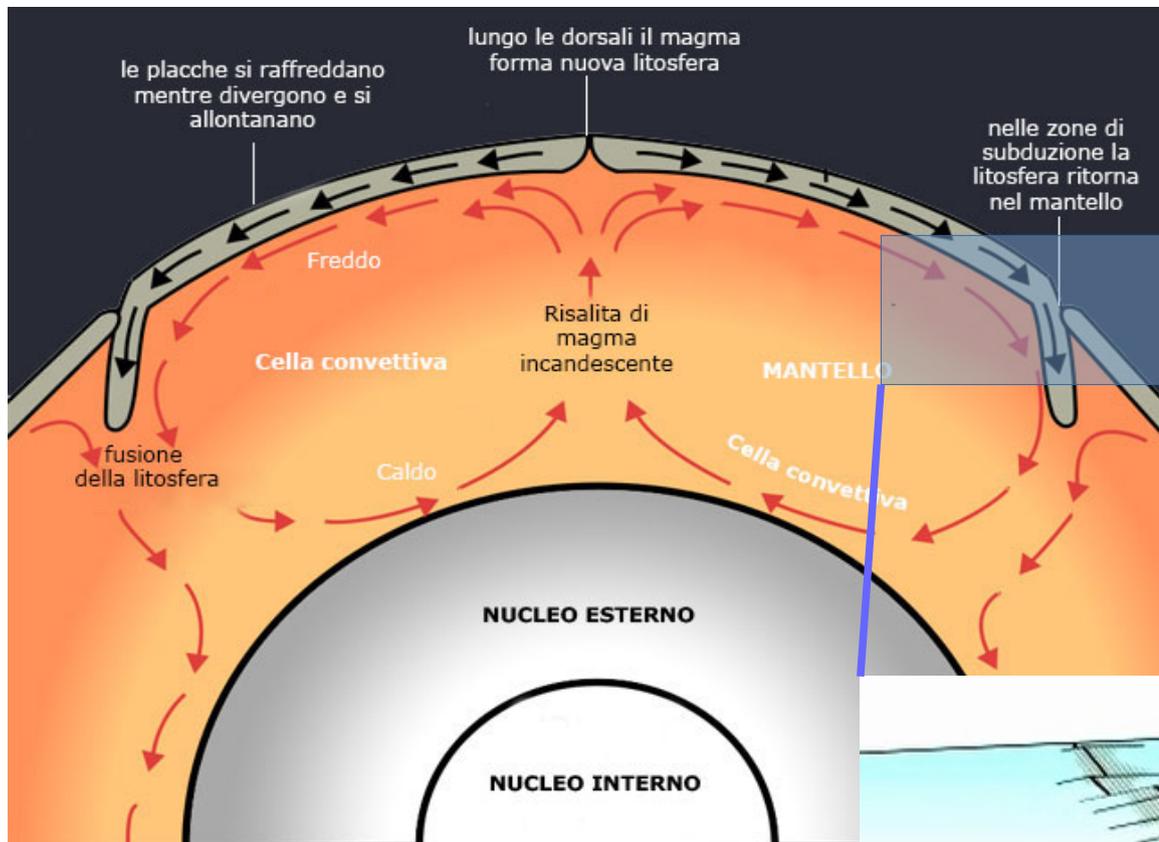
1) Calore primigenio della massa che ha formato la Terra a partire da 4-5 Gy bp (4,5 miliardi di anni fa, 4500 Milioni di anni fa. Bp è l'acronimo inglese per before present, y sta per year, G per Giga = 10^9)

2) Il calore liberato dal decadimento degli isotopi radioattivi di Uranio, Torio, Potassio ed altri elementi.

La stima di quest'ultimo contributo ammonta secondo osservazioni recenti a 20 TW il resto dovrebbe essere calore primigenio. Ma lo studio è ancora aperto.

La geotettonica è pensata essere alla base dei fenomeni che rinnovano continuamente la crosta terrestre. Sempre nuovo materiale interno al pianeta fuoriesce dalle dorsali oceaniche e spinge il fondo marino contro le placche continentali. Al punto di contatto avviene la subduzione del fondo marino sotto la placca continentale. In questo processo si verificano tutti i fenomeni geofisici che determinano il contrasto ai processi di erosione e livellamento di cui abbiamo parlato sopra, il vulcanismo e l'orogenesi (formazione di catene montuose).

Flusso geotermico



Flusso geotermico: $\Phi = 44 \text{ TW}$

Nella tabella che segue è riassunto il budget energetico della Terra. I numeri sono indicativi dell'ordine di grandezza dei diversi rivoli in cui si suddivide il flusso originale di energia solare che raggiunge la terra: 80mila Tera Watt, cioè 80mila Joule per secondo.

Il processo fotosintetico (la produzione di materia organica da parte dei produttori primari, vedi sotto) intercetta una percentuale piccola del flusso totale pari a circa 100 TW.

Budget energetico terrestre

Tutti i numeri in TW = 10^{12} W

Terra (mari e terre emerse)	Natura TW	%
Radiazione solare	80000	
Evaporazione	40000	50
Calore sensibile	20000	25
Correnti termoaline	1000	1,25
correnti eoliche	1000	1,25
Fotosintesi	100	0,125
Flusso geotermico totale	15-30	0,02-0,04

Solo terre emerse	Natura	Uomo
Radiazione solare	30000	0,004
Evaporazione	5000	nu
Traspirazione	3000	nu
correnti eoliche	300	0.01
Fotosintesi	60	6(40)
Potenza idrica (fiumi)	3	0,3
Transizione osmotica (Mare-fiumi)	3	nu
Onde oceaniche	3	0,0001
Maree	1	0,0001
Sorgenti geotermiche (concentrate)	0,3	0,01
Uso antropico dell'energia		17

La vita si basa sulla chimica del carbonio. Vi sono molti elementi essenziali alla vita, ma il carbonio ne costituisce la parte strutturale e funzionale prevalente. Questo fatto dipende dalla caratteristica del carbonio di formare molecole molto grandi (macromolecole) che permettono una complessità sufficiente a sostenere i processi biologici. I tessuti che costituiscono le strutture degli organismi viventi sono costituite prevalentemente di Carbonio e Idrogeno e la chimica del carbonio (Chimica Organica) è una parte essenziale, anche se non l'unica, della chimica della vita. Altri elementi essenziali sono l'Azoto (N) e il Fosforo (P) fra gli elementi non metallici il Potassio (K), il Ferro (Fe) e il Calcio (Ca) fra quelli metallici, altri elementi entrano nella fisiologia dei viventi e vengono anche essi presi dall'ambiente sotto forma di ioni. La produzione di materia organica sulla Terra è dominata dalla fotosintesi clorofilliana.

La fotosintesi clorofilliana è il processo di sintesi di materia organica (molecole complesse) a partire da molecole semplici, che le piante, le alghe, alcuni tipi di batteri, trovano nell'ambiente che li circonda, e qualche forma di energia. La fotosintesi la sintesi di glucosio a partire da anidride carbonica e acqua. La reazione è fortemente endotermica cioè ha bisogno di una fonte di energia che nel caso specifico è fornita dalla radiazione solare. L'anidride carbonica è la fonte di carbonio e l'acqua la fonte di idrogeno. Il sottoprodotto principale di questa reazione chimica è l'ossigeno.

Fotosintesi colorofilliana



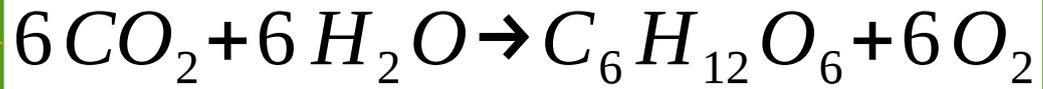
Anidride Carbonica +
Acqua + Energia



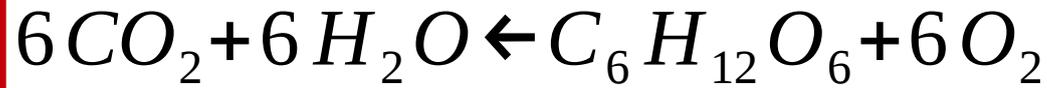
Glucosio +
Ossigeno

Fotosintesi

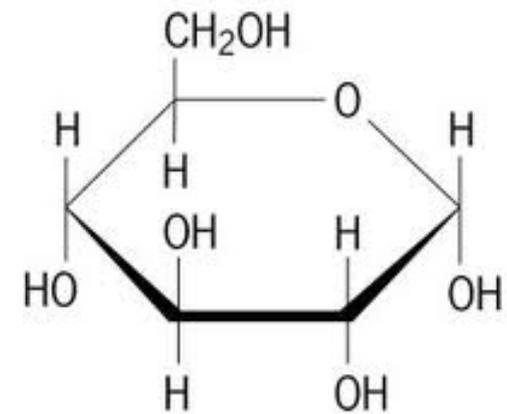
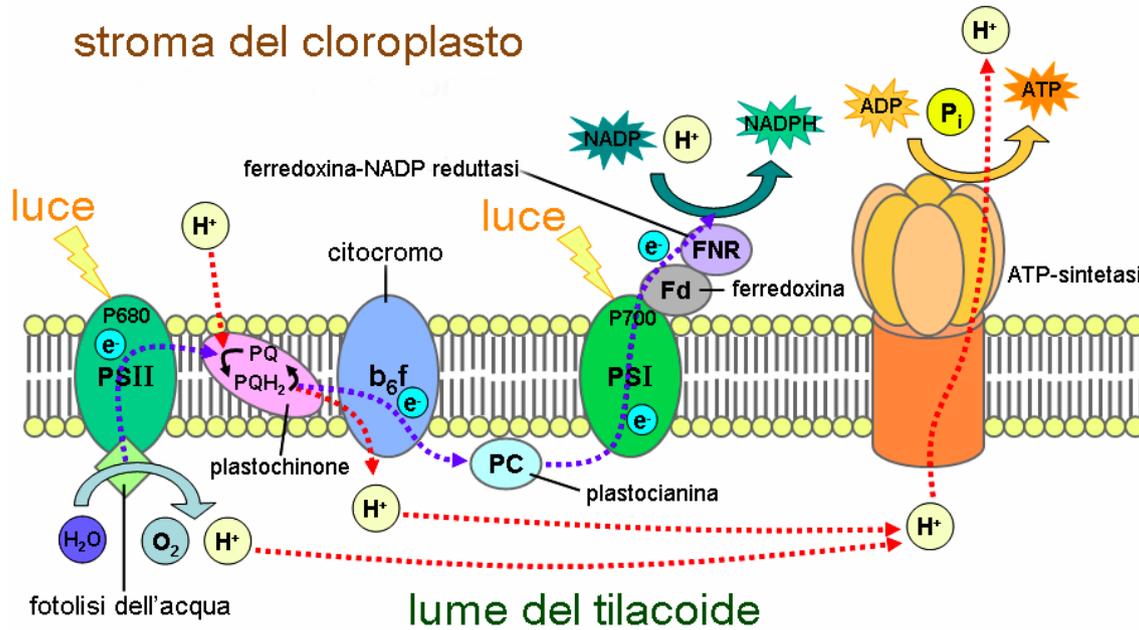
Energy in



Anidride Carbonica + Acqua → Glucosio + Ossigeno

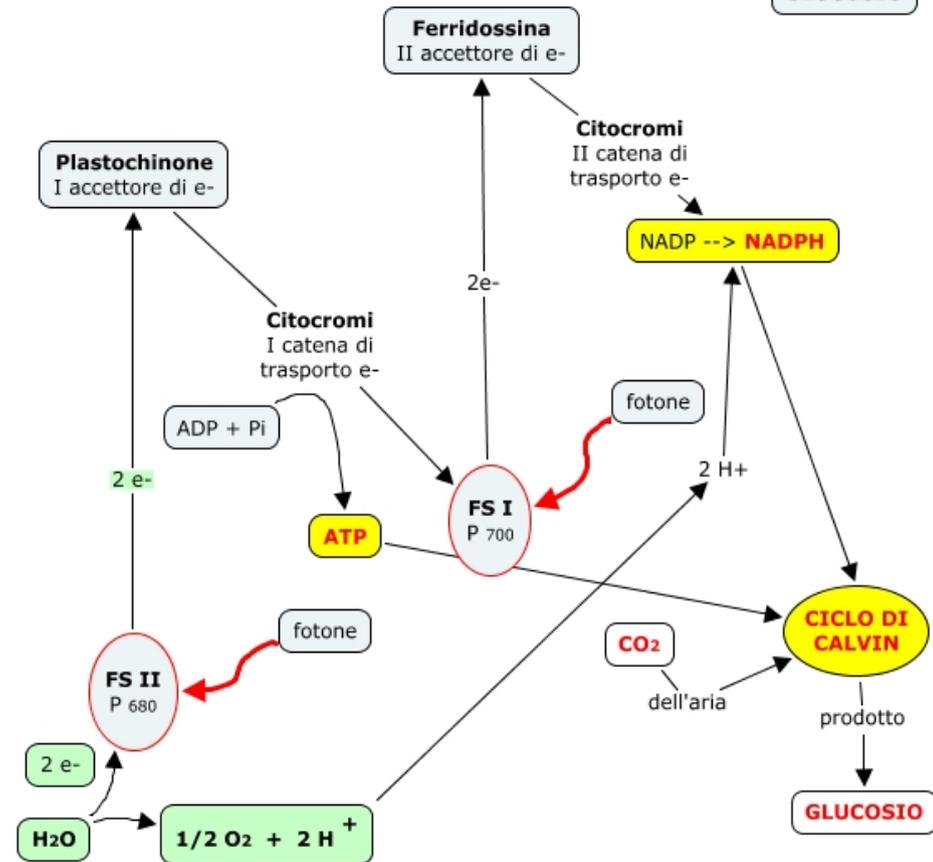
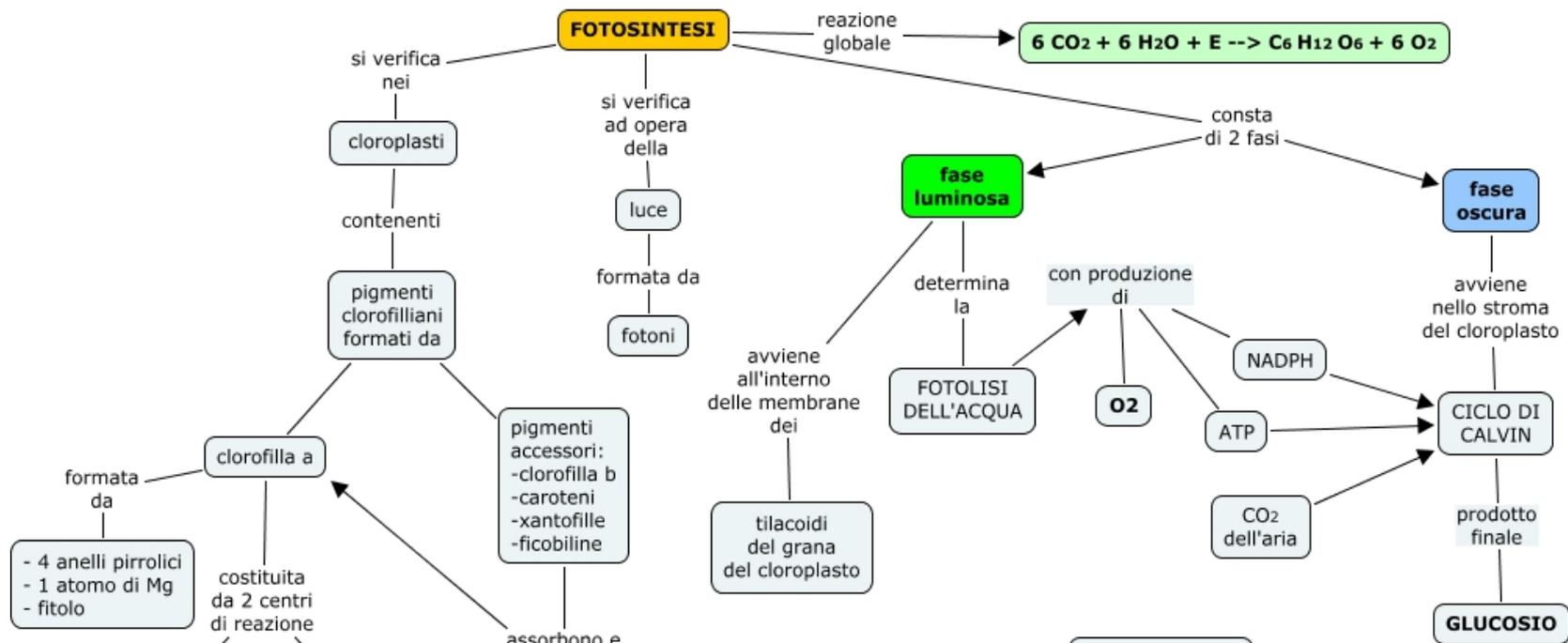


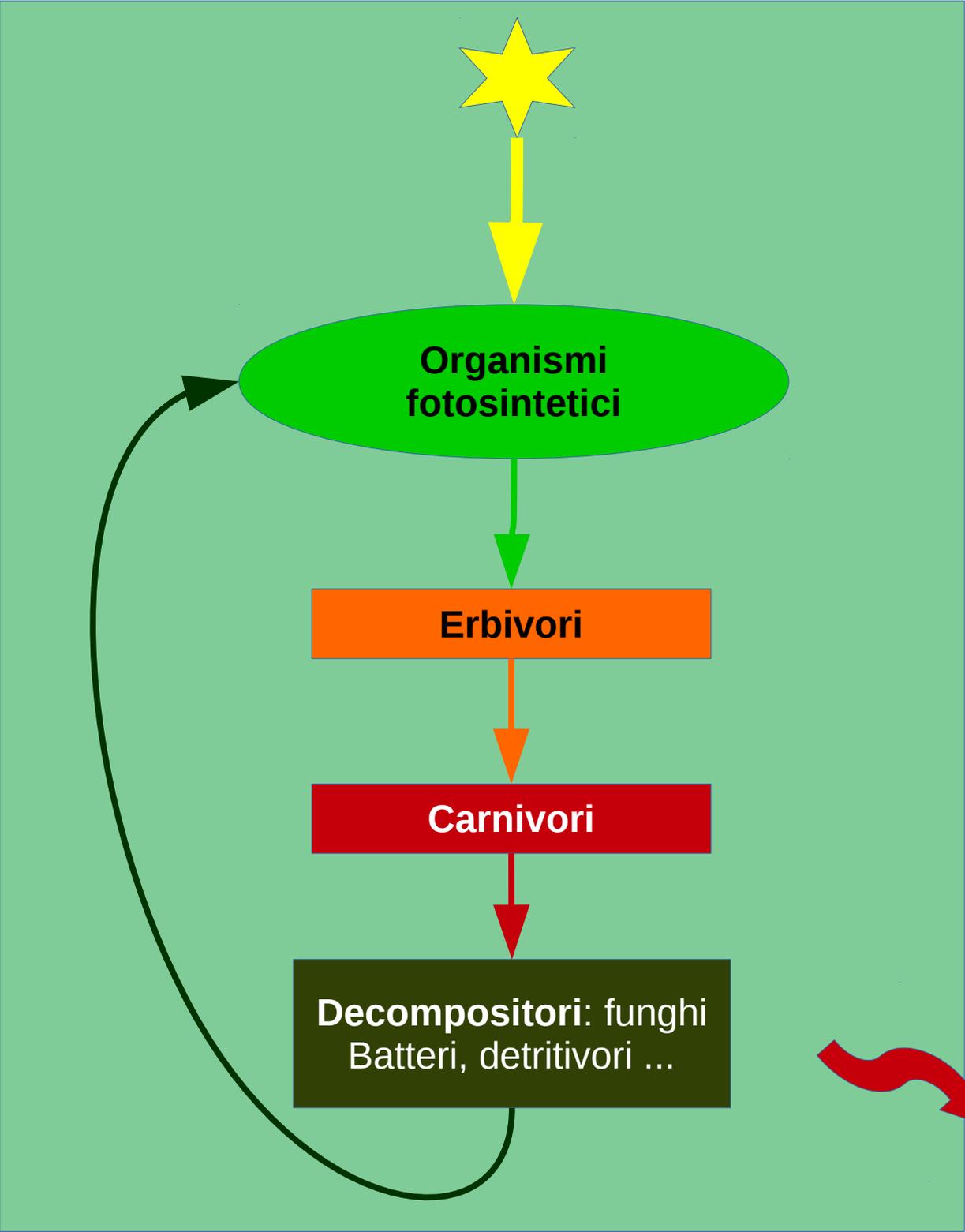
Energy out

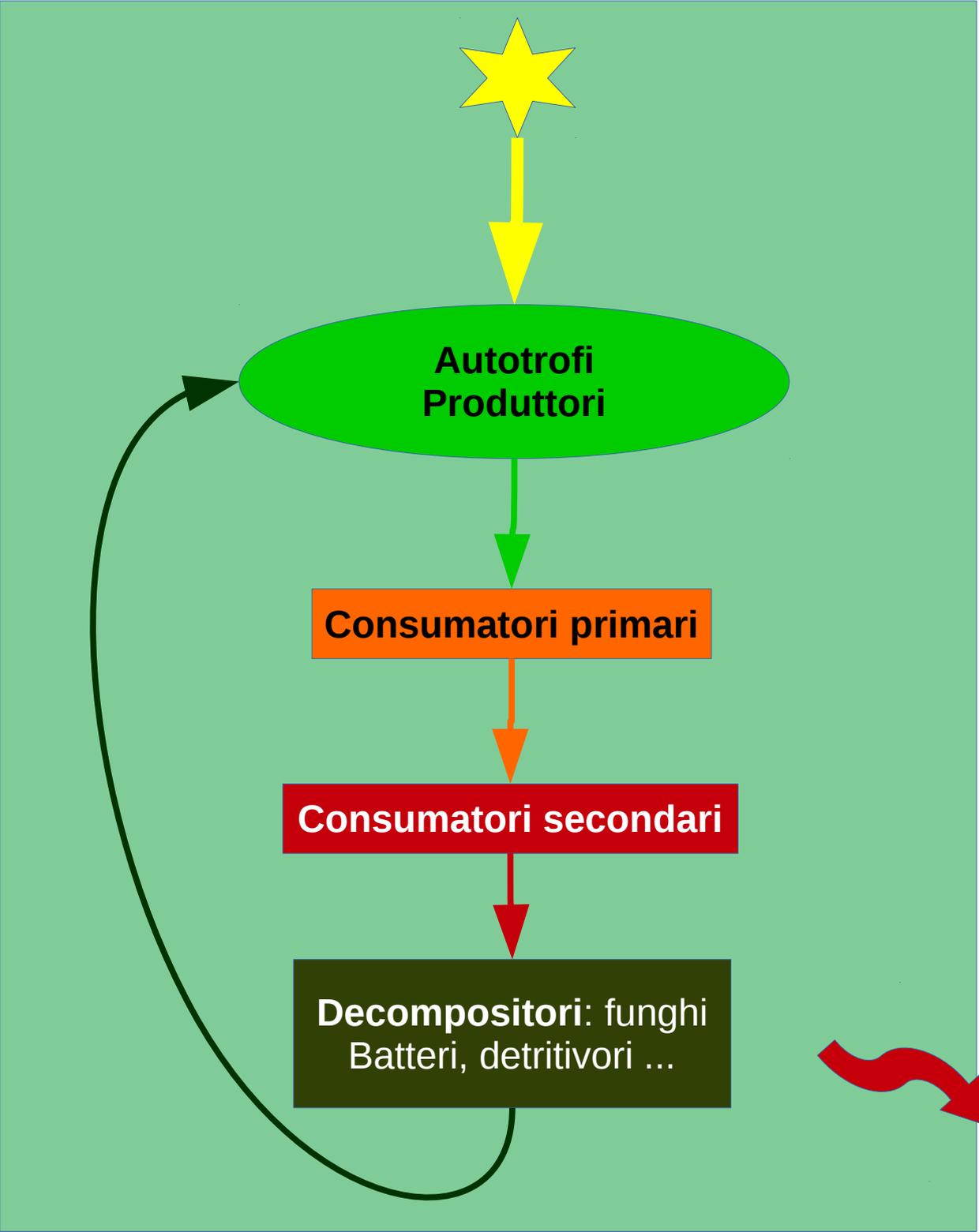


Glucosio

Abbiamo sommariamente descritto la fotosintesi che è in realtà un processo molto complesso i cui diversi sottoprocessi devono essere ancora delucidati completamente. Il processo era ancora largamente incompreso solo 20 anni fa. 20 anni di ricerca hanno permesso di raggiungere un'ottima comprensione del processo nel suo insieme e dei suoi vari passaggi.







**Autotrofi
Produttori**

Consumatori primari

Consumatori secondari

**Decompositori: funghi
Batteri, detritivori ...**

Si definiscono autotrofi gli organismi che sono capaci di sintetizzare molecole organiche complesse prendendo i componenti dall'ambiente che li circonda. Si presentano due definizioni prese da Wikipedia delle quali quella inglese è evidentemente superiore per chiarezza.

L'autotrofia è la condizione nutrizionale di un organismo in grado di sintetizzare le proprie molecole organiche a partire da sostanze inorganiche e utilizzando energia non derivante da sostanze organiche assimilate.

La parola, di origine greca, è formata dai termini αὐτός (stesso) e τροφή (nutrimento). La condizione opposta è quella di eterotrofia.

An autotroph[α] ("self-feeding", from the Greek autos "self" and trophe "nourishing") or producer, is an organism that produces complex organic compounds (such as carbohydrates, fats, and proteins) from simple substances present in its surroundings, generally using energy from light (photosynthesis) or inorganic chemical reactions (chemosynthesis).

La chimica delle piante

Glucidi (glicidi, zuccheri, carboidrati o saccaridi)

Polisaccaridi (amido, glicogeno, cellulosa)

Lipidi (oli e cere)

Proteine (amminoacidi)

Polimeri complessi (Lignina)

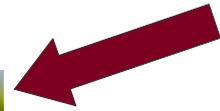
Gli autotrofi fotosintetici intercettano la luce solare e assumono dall'atmosfera e dal suolo gli elementi essenziali per sintetizzare zuccheri, proteine e grassi (le principali sostanze della chimica della vita). Queste sostanze hanno come base il carbonio che viene preso dall'anidride carbonica dell'atmosfera. Attraverso la fotosintesi creano biopolimeri (ad esempio la cellulosa, un polissaccaride, e la lignina un polifenolo), le proteine e i grassi vegetali. Queste sostanze sono assunte dagli eterotrofi erbivori che si nutrono dei tessuti degli autotrofi trasformando le sostanze in essi contenute attraverso reazioni enzimatiche (un enzima è una sostanza presente in piccola quantità nell'organismo che rende facile una reazione difficile) in molecole più semplici. I polisaccaridi si trasformano in zuccheri (immediatamente disponibili come fonte energetica) proteine e grassi si trasformano in acidi nucleici e acidi grassi. **Gli eterotrofi trovano nei tessuti delle piante il carbonio necessario per costituire i propri tessuti e l'energia per sostenere il proprio metabolismo.**

Altri organismi autotrofi non fotosintetici sono quelli chemiosintetici (o chemioautotrofi) che generalmente vivono in assenza di ossigeno. Questi organismi invece dell'energia solare utilizzano l'energia contenuta in determinati composti chimici inorganici per sintetizzare glucosio e, a partire da questo, tutto l'insieme dei composti chimici necessari al loro metabolismo ed alla loro struttura.

↓ Energia



Biossido di Carbonio, Azoto, Fosforo, Potassio ed altri elementi essenziali.



Fotosintesi



Biopolimeri

Polisaccaridi, Proteine, Grassi



Reazioni enzimatiche



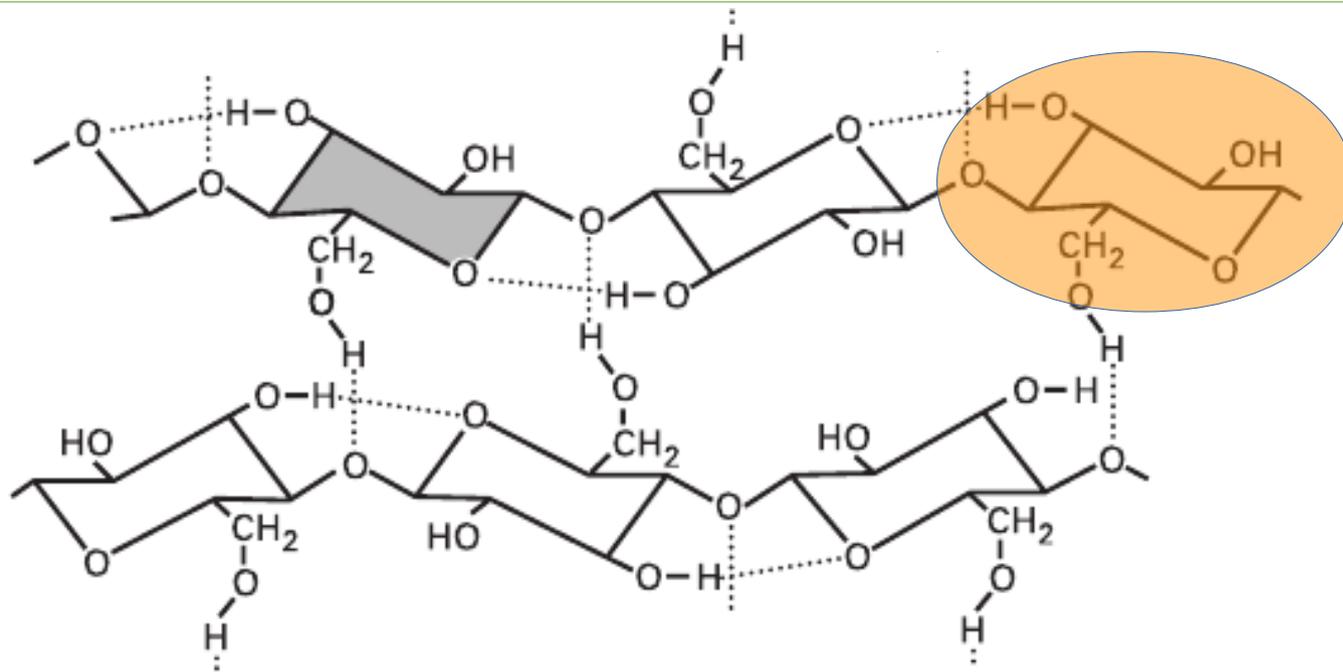
Molecole semplici

Monosaccaridi e Acidi nucleici
Acidi grassi

Fonti di carbonio organico per costruire i tessuti e
Di energia chimica per mantenere il proprio metabolismo

Cellulosa, il bio-polimero più abbondante della biosfera

Glucosio



3.9 A segment of cellulose, the biosphere's most abundant macromolecule, composed of about 3,000 units of glucose.

Parlando di piante (i principali organismi fotosintetici che vediamo intorno a noi) non si può non accennare ai nuovi studi sulla loro capacità di interagire e controllare l'ambiente in cui vivono. Questi studi hanno evidenziato comportamenti complessi e mostrano l'esistenza di un vero e proprio "sistema nervoso" che permette alle piante di interagire fra loro e con l'ambiente circostante. Si consiglia la visione degli interventi del prof. Stefano Mancuso e lettura del libro: *Verde brillante. Sensibilità e intelligenza del mondo vegetale*. Stefano Mancuso e Alessandra Viola. Ed. Giunti 2013

Verde brillante. Sensibilità e intelligenza del mondo vegetale.

Stefano Mancuso e Alessandra Viola. Ed. Giunti 2013

The image is a screenshot of a web browser displaying a TED talk. The browser's address bar shows the URL: https://www.ted.com/talks/stefano_mancuso_the_roots_of_plant_intelligence?language=it. The page features the TED logo and navigation links: Watch, Discover, Attend, Participate, and About. A search bar is visible on the right. The main content area displays the title "Stefano Mancuso: Alla radice dell'intelligenza delle piante" in large white text. Below the title, it indicates "TEDGlobal 2010 · 13:50 · Filmed Jul 2010" and offers options for "30 subtitle languages" and "View interactive transcript". A large play button is centered over a video frame showing green seedlings in a pot. On the right side of the video frame, there are icons for "Watch later", "Favorite", "Download", and "Rate". Below the video, there is a "Share this idea" section with icons for Facebook, Twitter, Email, Embed, and More, along with a view count of "896,071 Total views". At the bottom, a red button with the text "Your turn" is visible. The browser's taskbar on the left shows various application icons, and the system tray on the right shows the time as 09:04:28.

Stefano Mancuso: Alla radice dell'intelligenza delle piante | TED Talk | TED.com - Mozilla Firefox

Stefano Mancuso: A... x YouTube ID: kPCPiF... x

https://www.ted.com/talks/stefano_mancuso_the_roots_of_plant_intelligence?language=it

mancuso piant

Most Visited Getting Started

TED Watch Discover Attend Participate About

Search... Log in Sign up

Stefano Mancuso:

Stefano Mancuso: Alla radice dell'intelligenza delle piante

TEDGlobal 2010 · 13:50 · Filmed Jul 2010

30 subtitle languages

View interactive transcript

Play

Watch later

Favorite

Download

Rate

Share this idea

Facebook Twitter Email Embed More

896,071 Total views

Le piante si comportano in maniera curiosamente intelligente:

https://www.ted.com/talks/stefano_mancuso_the_roots_of_plant_intelligence?language=it ulare il cibo...

Your turn

Nel passaggio che segue, tratto dal testo di energetica di Vaclav Smil, si apprezza la centralità della fotosintesi nella biosfera e nella civiltà.

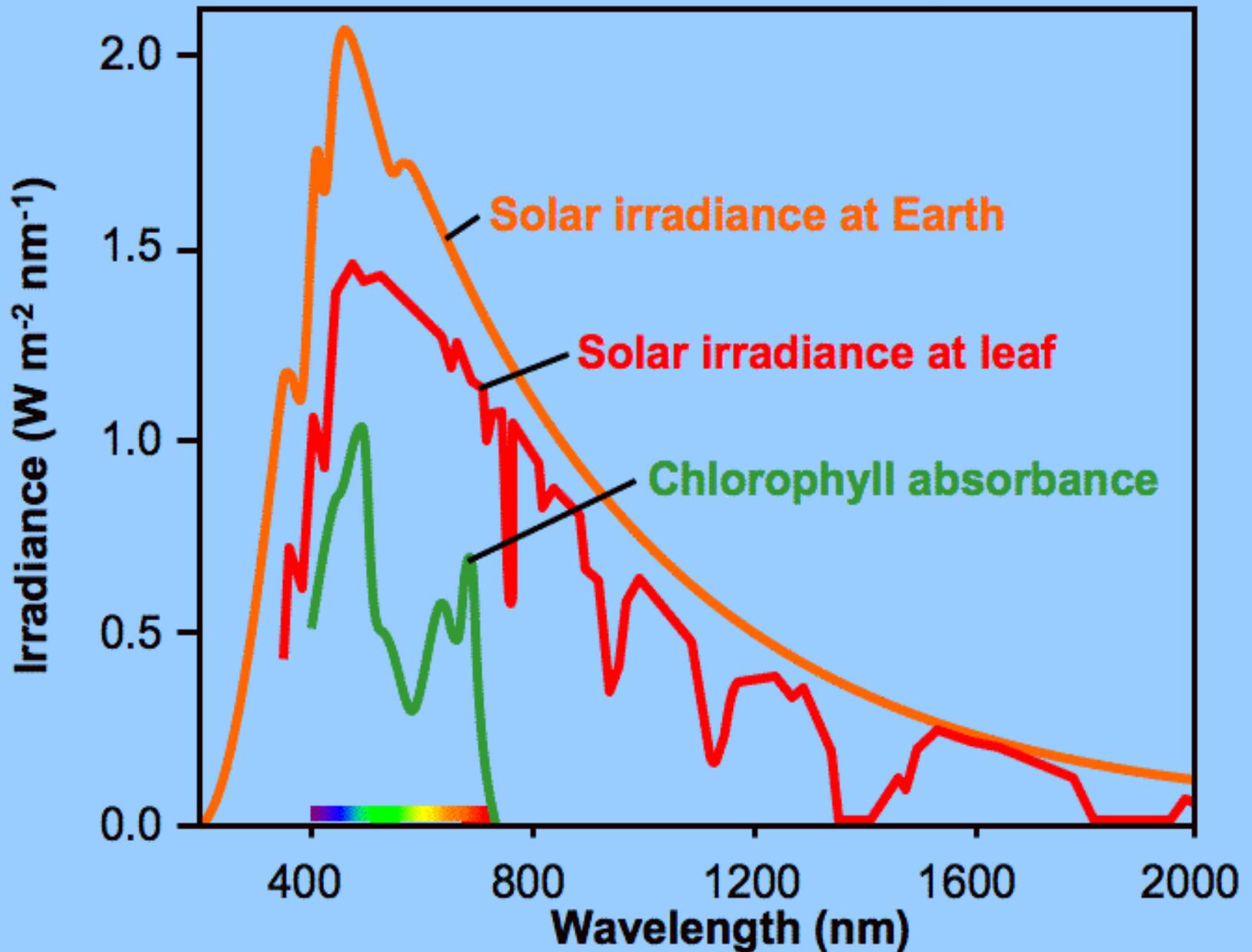
The Sun appears to be poured down, and in all directions indeed it is diffused, yet it is not effused. For this diffusion is extension.

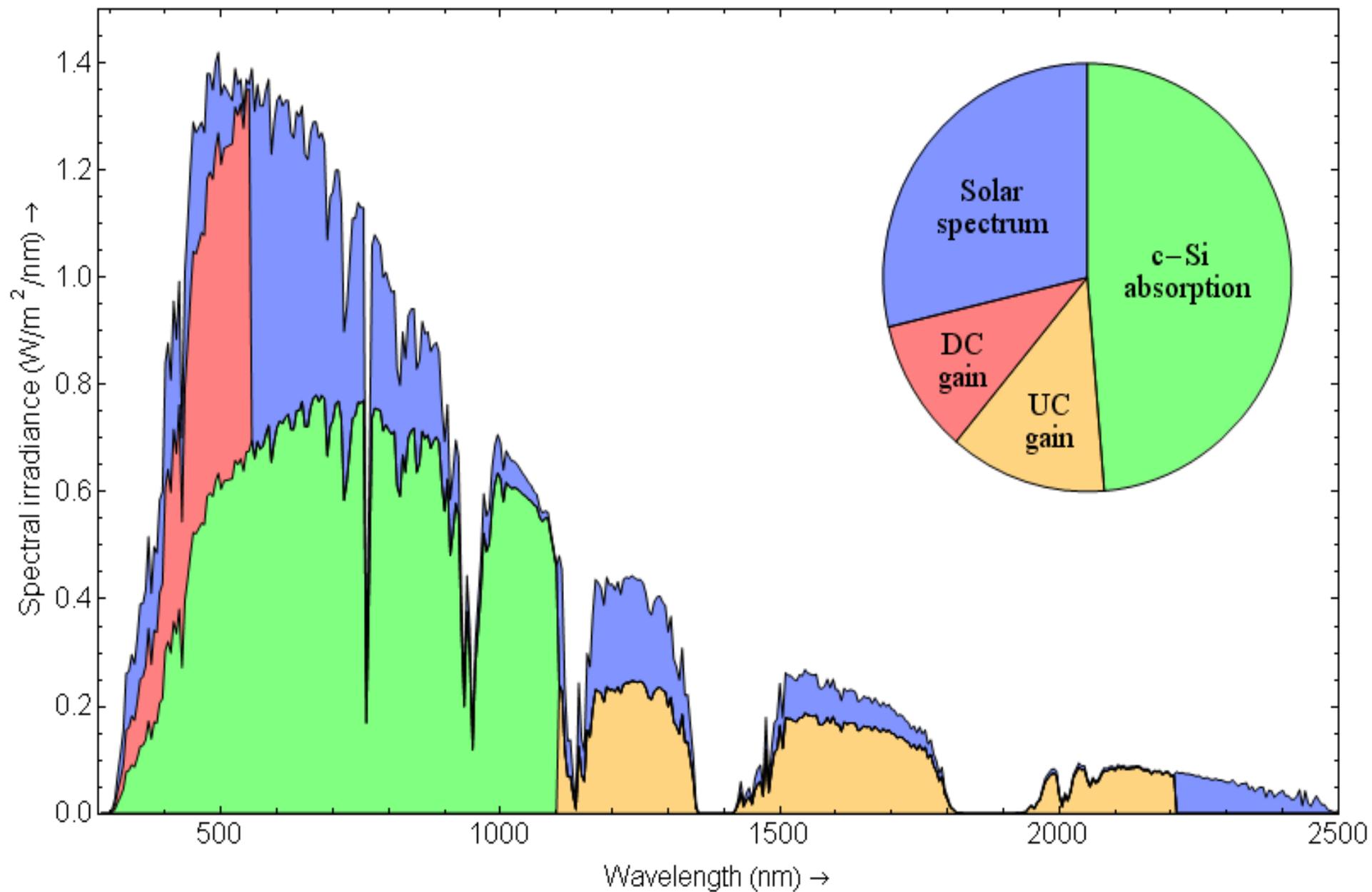
Marcus Aurelius (121–180), *Meditations*

And what an extension! All complex life on this planet, all its incredible diversity, all our hopes and worries, are but transmutations of the Sun's light, and photosynthesis is the agent of this miracle. Absorption of sunlight and the subsequent sequence of photochemical and thermochemical reactions in the chloroplasts of photosynthesizing bacteria and green plants are the most important energy conversions on the Earth. Plants provide (directly or after being eaten by animals) all our foods; their immediate harvests (as wood and crop residues) or the extraction of their fossilized remains (as coals and hydrocarbons) supply all our fuels. All the richness of heterotrophic life and all the intricacies of human civilizations are thus energized by photosynthesis (with help from primary electricity).

Tornando allo spettro solare si può vedere come le piante, attraverso la clorofilla, si siano adattate a sfruttare al meglio possibile il flusso energetico disponibile. La clorofilla infatti ha uno spettro di assorbimento che si accorda con il massimo di intensità dello spettro solare. L'uomo, attraverso l'uso del silicio cristallino (c-Si) e di altri semiconduttori cerca di imitare la natura con la tecnologia. Anche lo spettro del Silicio cristallino usato nei moduli fotovoltaici ha uno spettro che si accorda con quello solare. L'efficienza della conversione dell'energia solare radiante in energia elettrica di origine fotovoltaica dipende da questo accordo.

Chlorophyll is well-adapted to use Solar Energy





La produttività primaria è la quantità di biomassa (massa di materia organica degli organismi viventi) che gli organismi autotrofi producono in un intervallo di tempo scelto (giorno, mese o anno). A livello globale si parla in genere di produttività primaria annuale.

Gli organismi autotrofi sono quelli in grado di produrre le sostanze di cui hanno bisogno per il proprio metabolismo e per costituire il proprio corpo (tessuti) a partire dalle sostanze inorganiche presenti nell'ambiente che li circonda. Autotrofi sono gli organismi fotosintetici (piante, alghe e molte specie di batteri), ma anche altri organismi meno numerosi che utilizzano fonti energetiche diverse dall'energia solare. Questi ultimi si pensa che siano quanto resta degli organismi primordiali che sono stati marginalizzati dagli organismi fotosintetici quando hanno iniziato a produrre ossigeno.

La biomassa si misura in tre diversi modi come mostrato nella figura che segue nella quale i numeri riportati devono essere considerati come indicativi dei fattori di conversione effettivi.

Cosa è la produttività primaria?

È la quantità di biomassa prodotta in un certo intervallo di tempo (minuto, giorno, anno) dagli organismi autotrofi della biosfera. Si misura in tre modi:

- 1) Carbonio fissato
- 2) Massa secca
- 3) Energia immagazzinata.

1 t C \approx 2 t di materiale legnoso
 \approx 2,2 t di erba secca

1 t di fitomassa media (erbacea-legnosa) \approx 14-17 GJ

Autotrofi sono gli organismi che sintetizzano le sostanze di cui hanno bisogno per il loro metabolismo a partire da sostanze inorganiche.

Fotoautotrofi: piante, alghe, cianobatteri ecc.

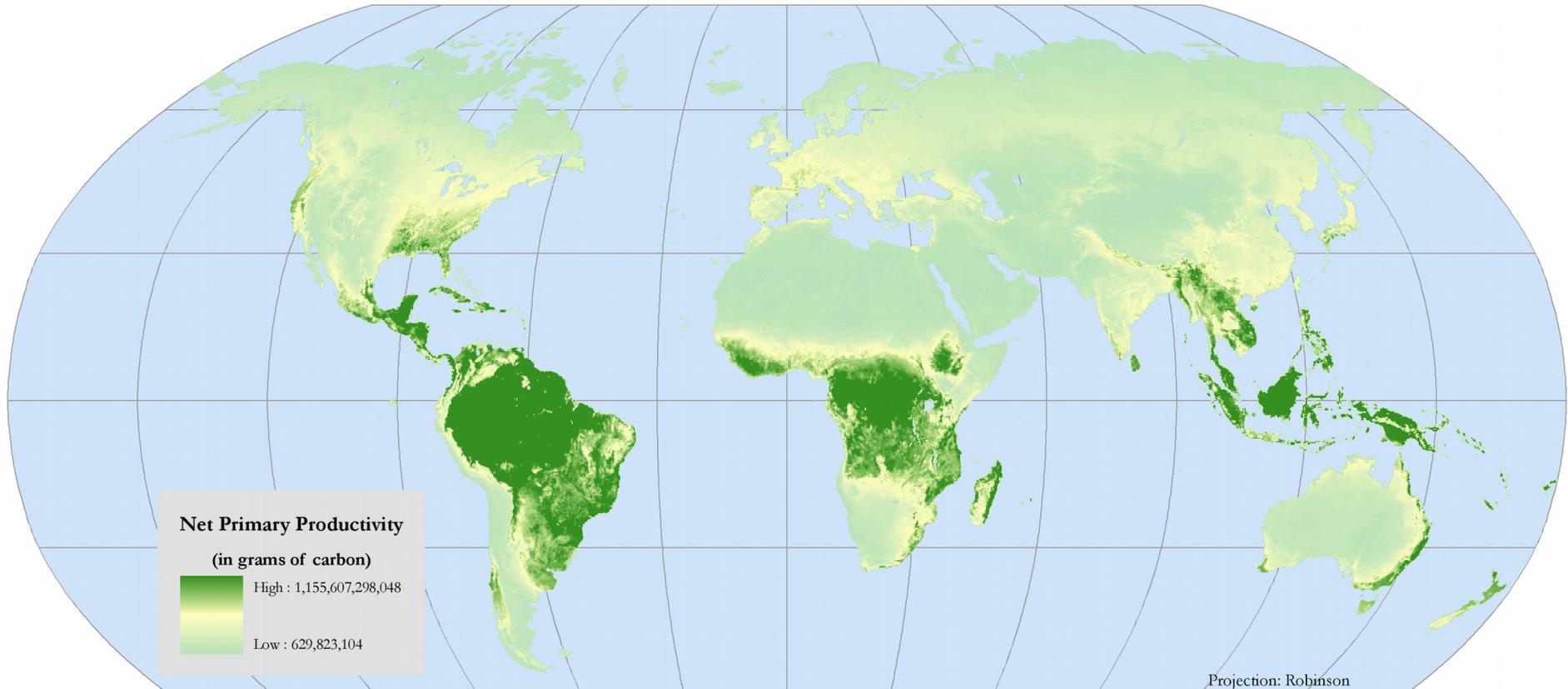
Chemoautotrofi: ad es. i batteri solforiduttori e metanogeni

La produttività primaria locale e globale può essere stimata in diversi modi.

Esempio: se si vuole stimare la produttività primaria di un campo di trifoglio si prendono dei metri quadrati campione del campo e si pesa il loro contenuto in biomassa in tempi diversi. La differenza di peso fornisce una stima della produzione di biomassa nel tempo. Si noti che la produttività è una velocità (una quantità diviso un tempo) di produzione non è la biomassa presente sul luogo. Un ecosistema maturo, come ad esempio una foresta antica, può avere una grande quantità di biomassa per unità di superficie (m^2 o ettaro) ma una produttività molto inferiore rispetto, ad esempio, ad un campo di grano o di trifoglio.

La produttività primaria si divide in produttività primaria lorda e netta (Gross Primary Productivity GPP, e Net Primary Productivity NPP). Quest'ultima è la produttività primaria lorda diminuita della respirazione. Anche le piante infatti hanno un loro metabolismo e consumano energia emettendo CO_2 come facciamo noi (la differenza sostanziale è che il bilancio fra ossigeno prodotto nella fotosintesi e anidride carbonica prodotta nella respirazione è a favore del primo)

Produttività Primaria Netta Globale in grammi di Carbonio.



La produzione primaria netta (NPP) rappresenta il bilancio tra la quota di energia immagazzinata dagli organismi mediante la fotosintesi e quella consumata per il loro mantenimento (respirazione).

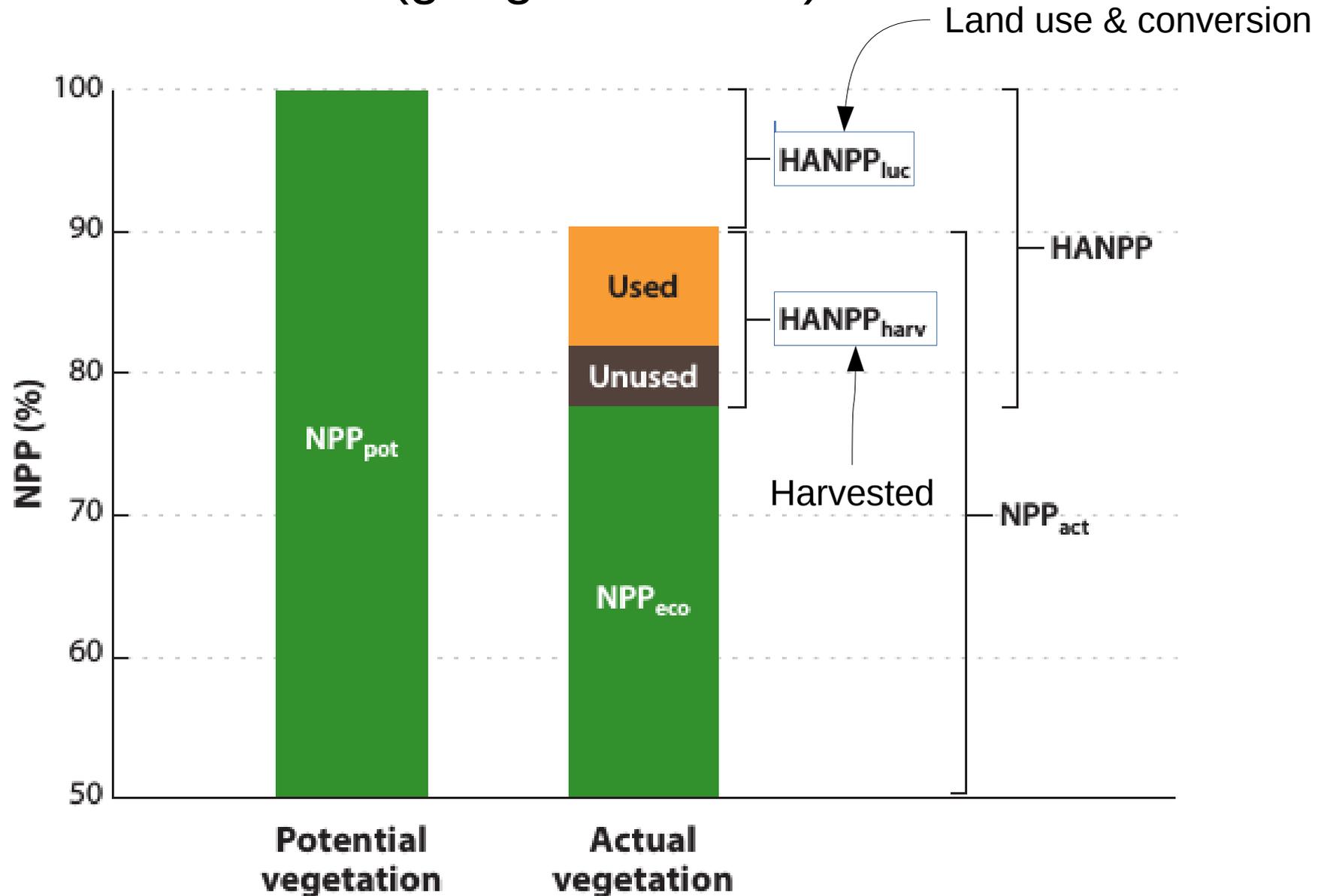


Dal punto di vista di questo corso è importante stimare la quantità di produttività primaria netta di cui si appropria l'uomo sotto forma di cibo, direttamente come prodotti vegetali e granaglie e indirettamente come carne degli animali allevati (a loro volta nutriti con prodotti di origine vegetale), fibre vegetali (cotone, lino ecc) e legname. Una stima di questo genere implica una definizione precisa dell'indicatore scelto. L'indicatore definito come Appropriazione Umana della Produttività Primaria Netta (HANPP, acronimo inglese di Human Appropriation of the Net Primary Production) è definito a partire dalla produttività potenziale della vegetazione in rapporto a quella effettiva (actual), la differenza fra produttività potenziale NPP_{pot} e NPP_{eco} (la produttività che resta nell'ecosistema) da una stima dell'HANPP. Le stime di questo indicatore ecologico umano vanno avanti da decenni e la difficoltà del metodo si rispecchia nei diversi valori che comunque in tempi recenti stanno convergendo in modo soddisfacente (si tenga conto che a causa del continuo aumento della popolazione e della crescita economica non ci si aspetta che l'HANPP sia costante nel tempo)

Appropriazione Umana della Produttività Primaria Netta.

Human Appropriation of the Net Primary Productivity

(google: HANPP)

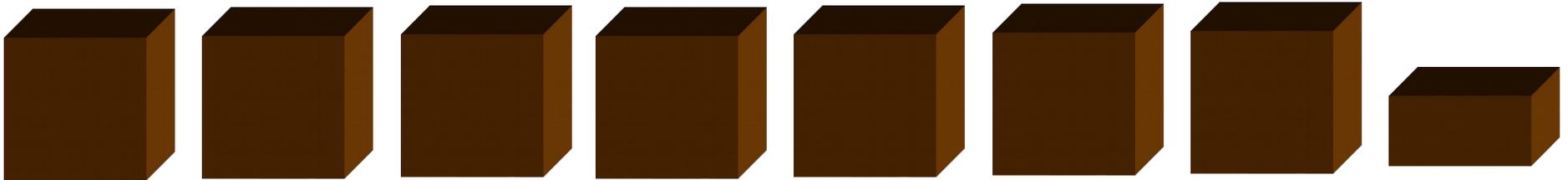


Studio	Periodo di riferimento	HANPP assoluto Pg/a	HANPP Relativo %
Whittaker and Lieth (1973)	1950s	1,6	3,00%
Vitousek et al. (1986) low	1970s	2,6	3,00%
Vitousek et al. (1986) intermediate	1970s	20,3	27%
Vitousek et al. (1986) high	1970s	29,5	39,00%
Wright (1990)	1970s-1980s	17,7	24,00%
Rojstaczer et al. (2001)	1980s-1990s	19,5±14	32% (10-55%)
Imhoff et al. (2004)	1995	11,5 (8,0-14,8)	20% (14-26%)
Haberl et al. (2007)	2000	15,6	24,00%

1 Pg = 1 Peta grammo = 10^{15} grammi = 10^{12} Kg = 10^9 ton = 1 miliardo di tonnellate

esempio

- 10 Pg legno sono 10 miliardi di tonnellate di legno.
- Con una densità di $0,75 \text{ g/cm}^3 = 0,75 \text{ Kg/dm}^3$
- $= 750 \text{ kg m}^3 = 0,75 \text{ ton m}^3 =$
- $10 \text{ Pg} = 7,5 \text{ miliardi di m}^3 \text{ di legno}$
- Sette cubi e mezzo di legno con lato di 1 Km



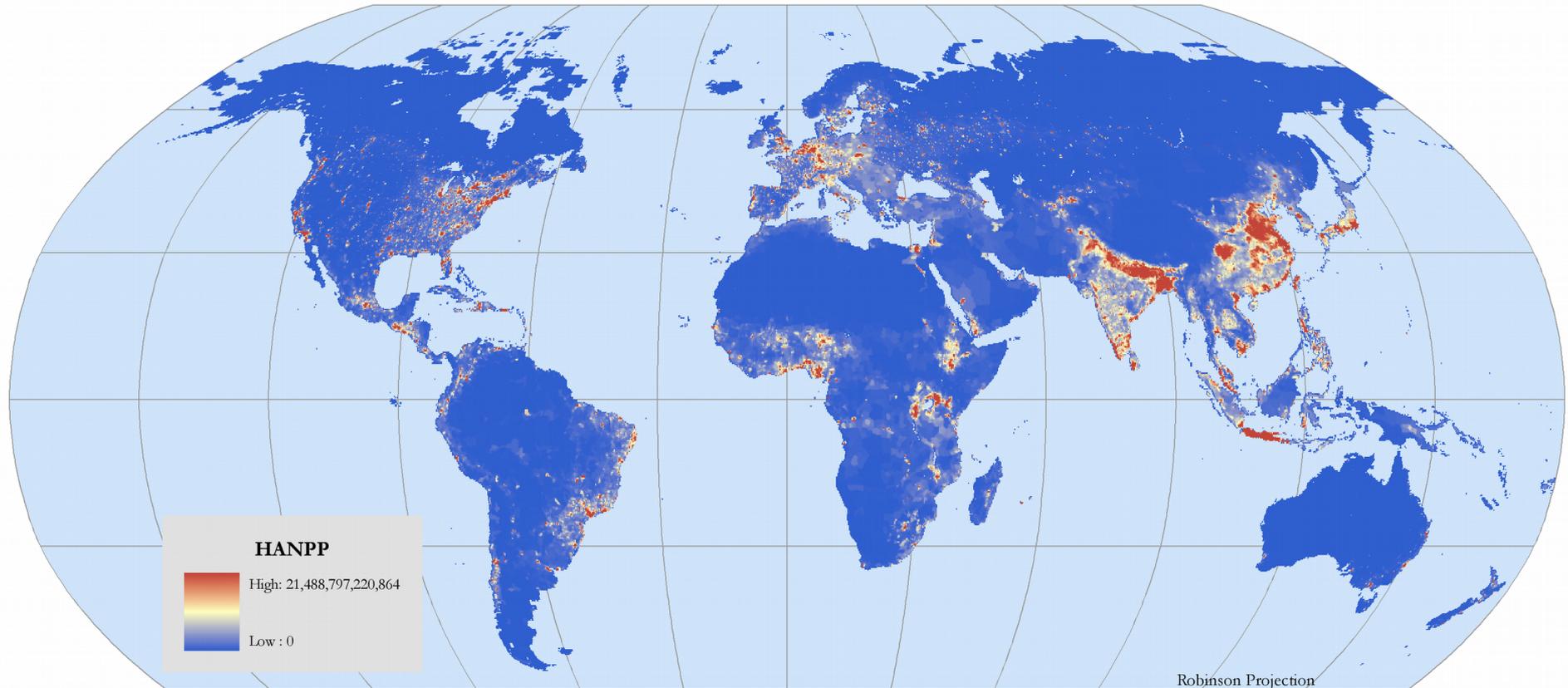
In tempi recenti si sono messi a punto metodi di misura della produttività primaria basati sul rilevamento satellitare remoto, che permette per via spettrofotometrica di rivelare la vegetazione nuova rispetto a quella matura e così facendo determinare le variazioni di biomassa.

L'intera superficie terrestre è divisa in una rete di maglie di lato intorno ai 30 Km e all'interno di queste maglie si misura la NPP. L'HANPP viene poi stimata incrociando i dati di NPP con i consumi medi interni a ciascuna maglia (Paese per paese) a partire dalle statistiche di consumi alimentari e di fibre vegetali e legname presi dai database di istituzioni internazionali come la FAO e i governi.

Le stime così condotte permettono di costruire delle mappe globali di HANPP che possono essere scaricate gratuitamente (ad esempio) dal sito della NASA.

Due di queste mappe presentano l'HANPP in valori assoluti come grammi di carbonio, e come percentuale della NPP locale (cioè interna a ciascuna maglia) è abbastanza evidente che nelle aree desertiche o densamente antropizzate, laddove la percentuale eccede il 100%, la produttività primaria deve essere importata.

Human Appropriation of Net Primary Productivity (HANPP) (in grams of carbon)



To construct the HANPP map (the amount of carbon required to derive food and fibre products consumed by humans - including organic matter that is lost during harvesting and processing), the authors utilized data from the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations on products consumed in 1995 for 230 countries in seven categories: vegetal foods, meat, milk, eggs, wood, paper, and fiber. All calculations use the “domestic supply” quantity for all FAOSTAT country-level sums (i.e., production in country + imports – exports). They then calculated the per capita HANPP of each country and applied these values to SEDAC's Gridded Population of the World v.2 (GPW) resampled to correspond to the quarter-degree spatial resolution of the NPP data

Source:

Imhoff ML, Bounoua L, Ricketts T, Loucks C, Harriss R, Lawrence WT (2004) Global patterns in human consumption of net primary production. *Nature* 429:870–873



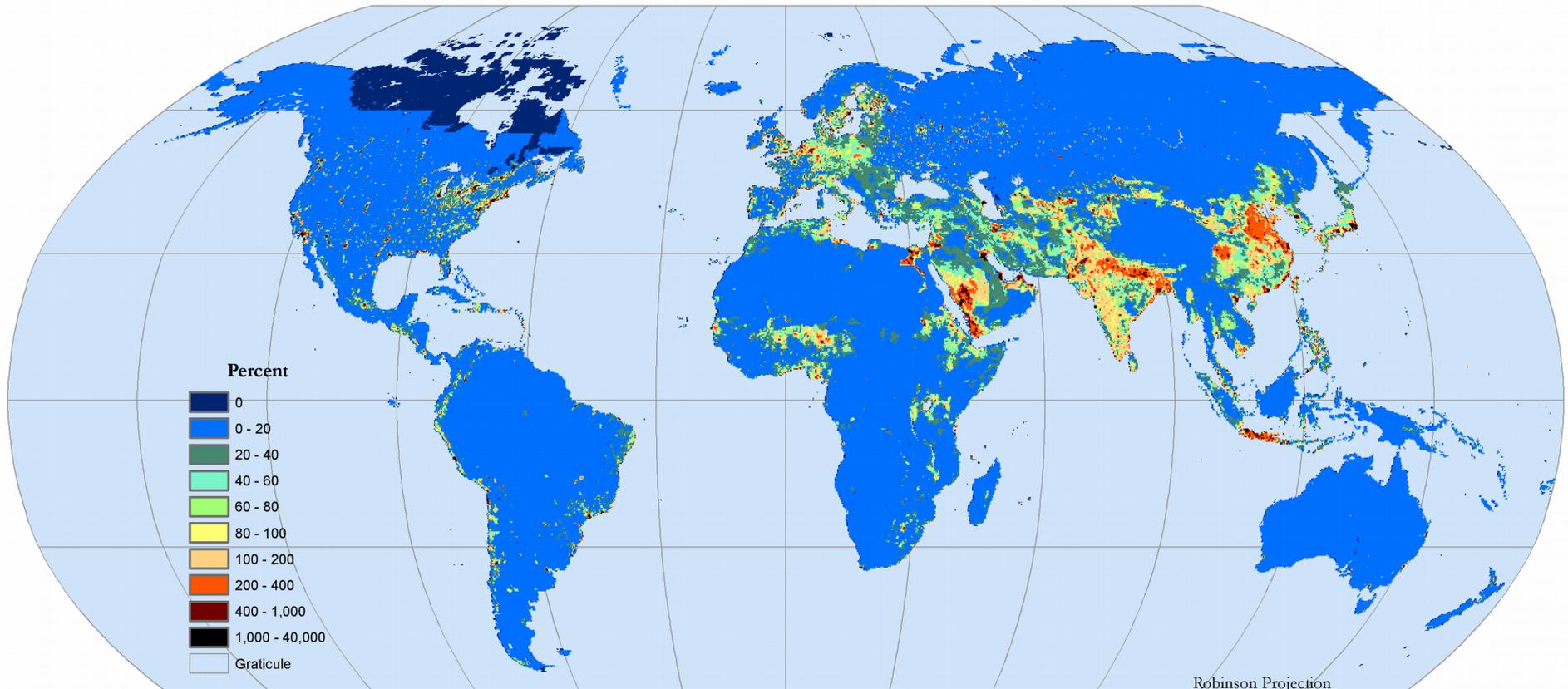
© 2008. The Trustees of Columbia University in the City of New York. Data available at: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/es/hanpp.html>



This document is licensed under a Creative Commons 3.0 Attribution License

Nella mappa in cui si riporta la percentuale di HANPP rispetto alla NPP locale si possono notare aree densamente popolate in cui la percentuale di HANPP è superiore di 10 fino oltre 100 volte la NPP.

Human Appropriation of Net Primary Productivity (HANPP) as a Percentage of Local Net Primary Productivity



Human Appropriation of Net Primary Productivity as a Percentage of Net Primary Productivity (NPP) identifies spatial variations in the amount of NPP consumption relative to local productivity in a way that highlights humanity's growing impact on the biosphere.

Source:

Imhoff ML, Bounoua L, Ricketts T, Loucks C, Harriss R, Lawrence WT (2004) Global patterns in human consumption of net primary production. *Nature* 429: 870–873.



© 2008. The Trustees of Columbia University in the City of New York. Data available at: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/es/hanpp.html>



This document is licensed under a Creative Commons 3.0 Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>