

**LIS POTENZIALITÂTS DAL TERITORI GJEOGRAFIC DAL  
FRIÛL VIGNESIE JULIE INTE PRODUZION DI ENERGJIE  
ELETRICHE DI FONTS RINOVABILIS  
- COLEGAMENTS GJENERICS -**

a cure dai prof. Marcolini L. – Sgrazzutti E  
-2006 -



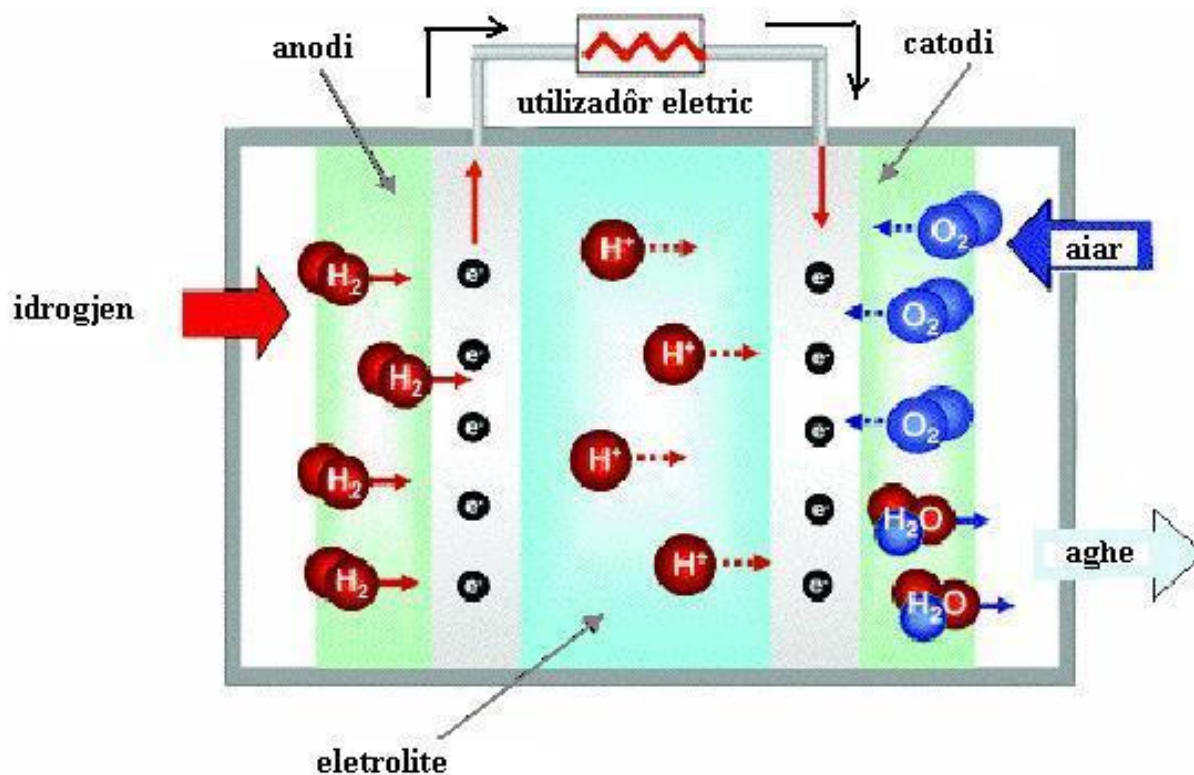
## Celis a combustibil / il principi fisic

Lis celis a combustibil a son sistemis electrochimics che a àn la proprietât di convertî la energjie produsude intes reazioni chimichis di un combustibil (idrogjen intal nestri câs) in energjie eletriche in maniere direte, ven a stâi cence l'intervent di un cicli termic;

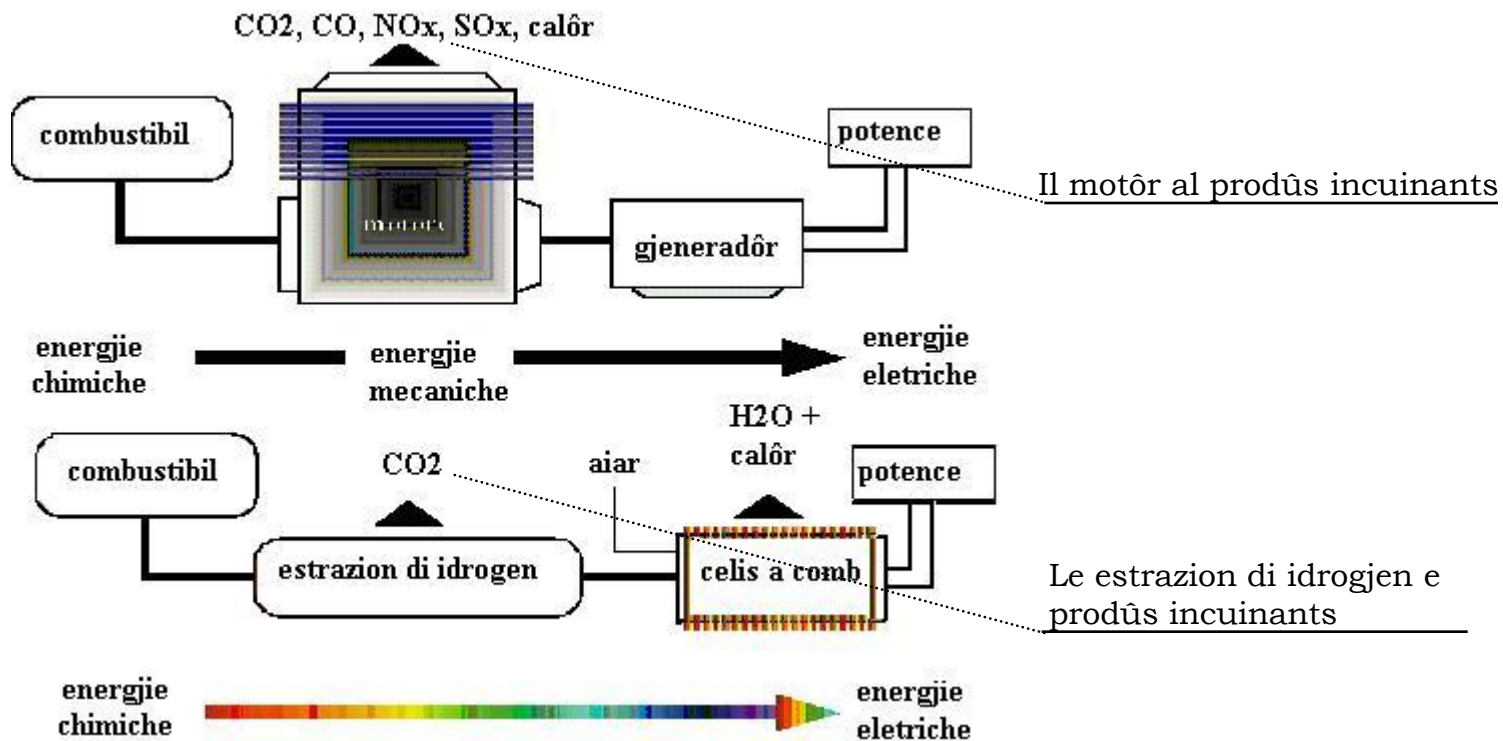
La cele a combustibil e funzione in maniere che e somee chê di une baterie eletriche fin tant che i ven furnît combustibil (idrogjen) e ossidant (aiar);

Le scuvierde di chest procès i ven assegnade al fisic inglês W, Grove (1839);

## Celis a combustibil / le tecnologie



## Celis a combustibil / doi mûts di conversion dai combustibii fosii



## Energjie cinetiche / leç fisiche

E je la energjie posedude di un cuarp in moviment.  
La cuantitât di energjie cinetiche di un cuarp di masse  $m$   
e di velocitât  $v$  e ven dade di cheste formule:

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \text{ (kg m}^2 \text{ s}^{-2}\text{)}$$



## Energjie cinetiche / teoremis

In mecaniche al vâl il teoreme de *energjie cinetiche*: il lavôr fat suntune particule di un cuarp fisic al corrispuint a une variazion di energjie cinetiche:

$$DE = Ec1 - Ec2$$

### Esempli:

Une masse  $m$  di aghe che e cole libare par une condutore di un nivel  $h1$  a di un nivel  $h2$  ( $h1 > h2$ ) e incrès la energjie cinetiche di  $mg(h1-h2)=Ec1-Ec2$ .

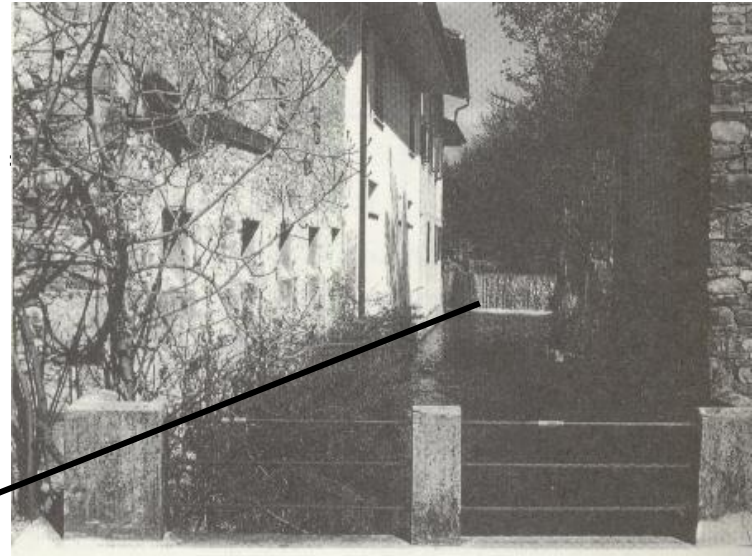
## Energjie cinetiche / doi conts in crôs

Doi conts:

$h_1 - h_2 = 2 \text{ m}$ ;  $m = 50 \text{ kg}$ ;  $v_1 = 1 \text{ ms}^{-1}$ :

$E_{c2} = mg(h_1 - h_2) + \frac{1}{2}mv_1^2 = 50 \cdot 9,81(1) + \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 4$   
o ancje 0,590 kW $\cdot$ s $^{-1}$ ;

A puartade invariade intal timp il salt al  
produsarès 14,3 kWh in dì.



## Energjie potenziâl / definizion

La energjie potenziâl posedude di un cuarp o di un sisteme di cuarps e je la consequence de posizion dal sisteme fisic intun cjamp di fuarcis conservatîf.

La cuantitât di energjie posedude e je compagne dal lavôr che cualchi orghin al à vût di fâ sul sisteme fisic cuintri des fuarcis dal cjamp.

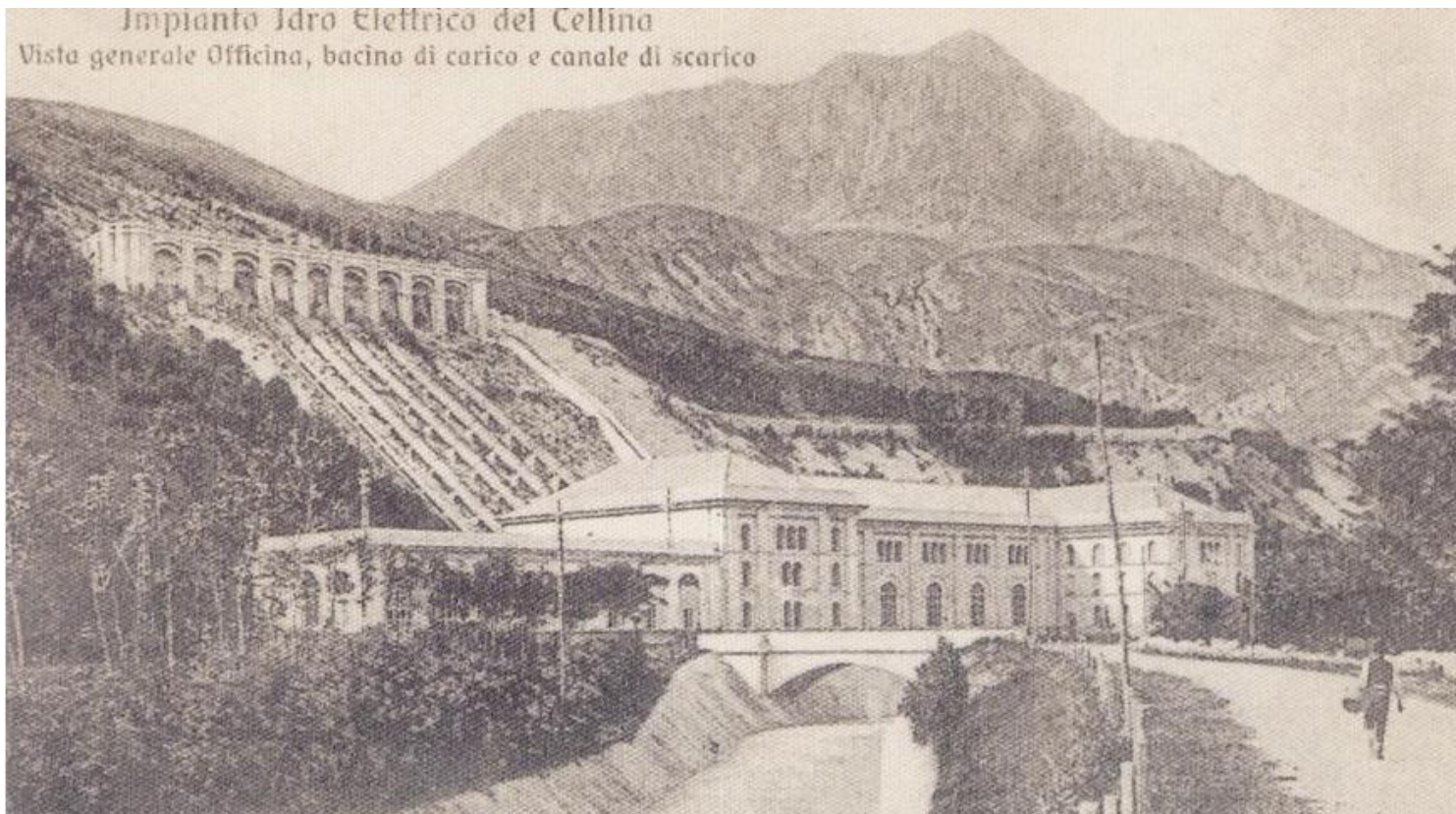
Duncje la energjie di moviment dal cuarp che si môf libar fin te posizion origjinarie e podarà rivà fin a un valôr compagn de cuantitât di energjie potenziâl.



## Energjie potenziâl / esempi

- Une bale di masse (m) puartade adalt a pet dal nivel di tiere (h) e incrès la sô energjie mecaniche di zero (nivel di Tiera) al valôr:  
 $E = mgh$  (kg m<sup>2</sup> s<sup>-2</sup>);  $g = 9,81$  ms<sup>-2</sup> costante dal lûc
- Une suste di costante elastiche k (Nm<sup>-1</sup>) slungjade di  $\Delta l$  e cumule une energjie potenziâl elastiche:  
 $E = \frac{1}{2} k \Delta l^2$  (N m<sup>1</sup>)
- Une cjarie eletriche q (C) metude intun pont cun potenziâl eletric V e cjape sù une cuantitât di energjie potenziâl eletriche:  
 $E = \frac{1}{2} qV^2$

## Energjie potenziâl



Implant idroelettric di Malnês (Montreâl (PN)) che al sfuarce lis aghis de Celine dal bacin di caric al canâl di scaric pasant par turbinis (al dì di vuê trasformade in Centri di archeologjie industriâl).

## Combustion catalitiche

La produzion di energjie eletriche e di calôr tes celis a combustibil (fuel cell) e je descrite di cheste reazion di combustion catalitiche:



Il risanament ambientâl al passe par un procès di riduzion dal carboni intai combustibii fossii (decarbonization).

In cheste fase si è daûr a sostituî il petroli cul metan.

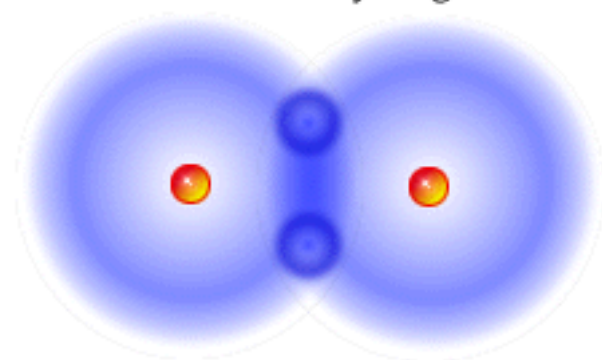
La seconde fase, a pene inviade, e prove di sostituî il metan cul idrogjen.  
Doprant il procès di eletrolisi si prodûs H<sub>2</sub> di aghe cence emissions di CO<sub>2</sub>.

## Idrogjen / l'element chimic

L'idrogjen al è un element tra i plui presints in nature e chel plui lizê: un nucli e un eletron.

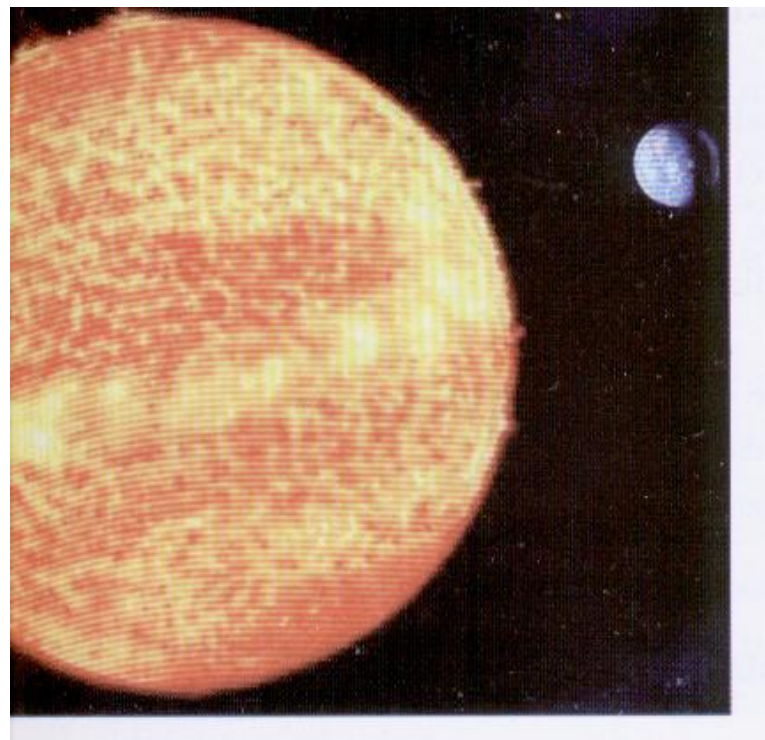
La sô molecule si descrîf cul simbul chimic  $H_2$  costituide di doi nuclis e doi eletrons tignûts adun dal leam covalent;

Molecular Hydrogen



## Idrogjen / il podê energjetic

Al è un element une vore energjetic;  
pe tecnoljgie di cumò si segne l'idrogjen tant  
che *vetôr energjetic* alternatîf.

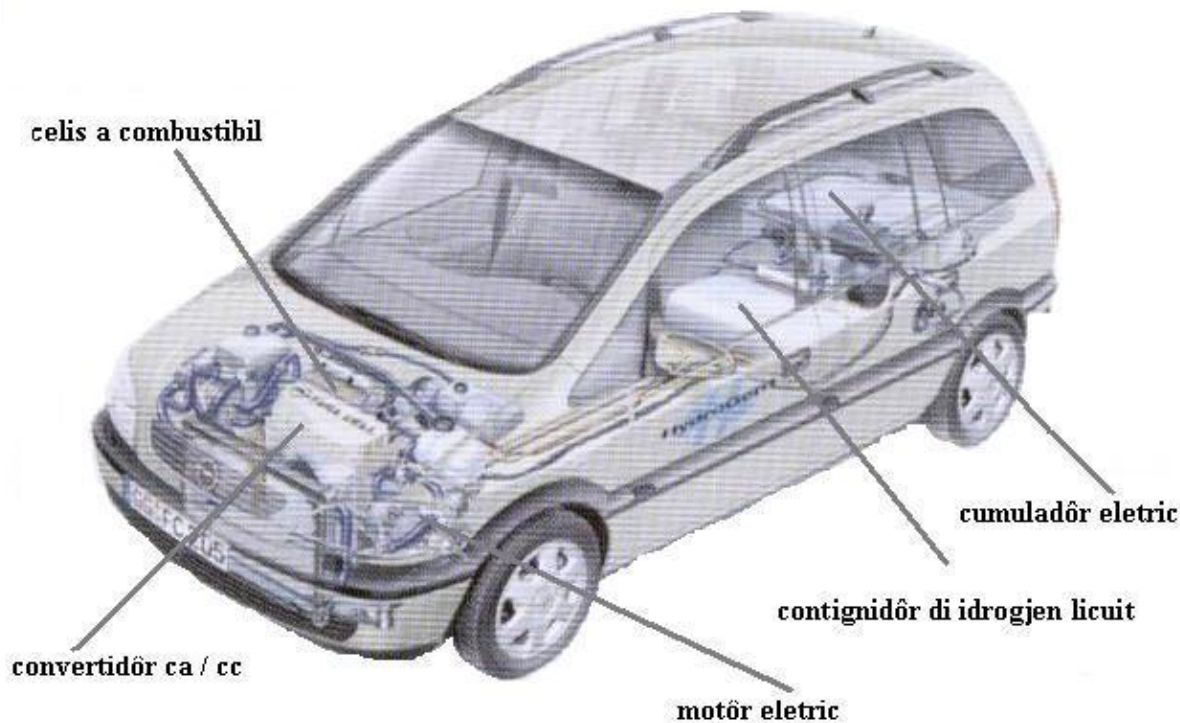


## Idrogjen / i principis fisics e chimics

Pe tecnologjie di cumò si segne l'idrogjen tant che *vetôr energetic* alternatîf. Si pues acumulâ in forme di energjie chimiche par brusâlu par *vê calôr* (*combustion termiche*) o vetoriâlu tes celis a combustibil pe produzion di *energjie eletriche* (*combustion catalitiche*).



## Idrogjen / ûs intai traspuarts



I setôrs di implei: tai traspuarts (automotivis).

## Idrogjen / ûs stazionari



I setôrs di implei: te edilizie di abitazion.



## Idrogjen / i procès di estrazion

L'idrogjen al è disponibil in nature leât cun altris components chimics;  
par diliberâlu si scuen doprâ fonts di energjie tradizionâls o alternativis;

L'idrogjen si prodûs:

- Cun procès di eletrolisi
- Cun procès di riforme
- Cun procès di frazionament di fonts fossilis (incuinant CO<sub>2</sub>, ...)

## Proprietâts fisichis dal idrogjen

- Gas in cundizions ambientâls  
p. eb. 20K (-253°C)  
p. fus. 14K (-259°C)
- Al è l'element plui bondant e lizêr in nature
- Nol à odôr ni colôr ni savôr
- Al à une densitât une vore basse



## Su la densitât dal idrogjen

sostance	densitât vapôr (20°C, 1 atm)	densitât licuit (al p. ebb, 1 atm.)
idrogjen	0.08376 kg/m <sup>3</sup>	70.8 kg/m <sup>3</sup>
metan	0.65 kg/m <sup>3</sup>	422.8 kg/m <sup>3</sup>
benzine	4.4 kg/m <sup>3</sup>	700 kg/m <sup>3</sup>

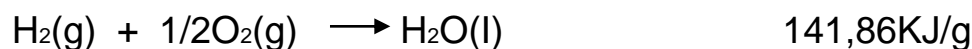
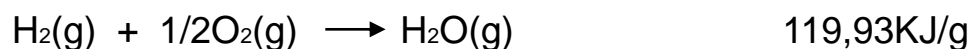
Un metri cubic di aghe e à dentri 111 Kg di idrogjen

Un metri cubic di idrogjen licuit al à dentri 71 Kg di idrogjen!

**Proprietâts chimichis (continûts energjetic)**

Combustibil	Podê calorific superiôr	Podê calorific inferiôr
idrogjen	141.86 Kj/g	119.93 Kj/g
metan	55.53 Kj/g	50.02 Kj/g
propan	50.36 Kj/g	45.6 Kj/g
benzine	47.5 Kj/g	44.5 Kj/g
gasoli	44.8 Kj/g	42.5 Kj/g
alcul metilic	19.96 Kj/g	18.05 Kj/g

Calôr svilupât te combustion

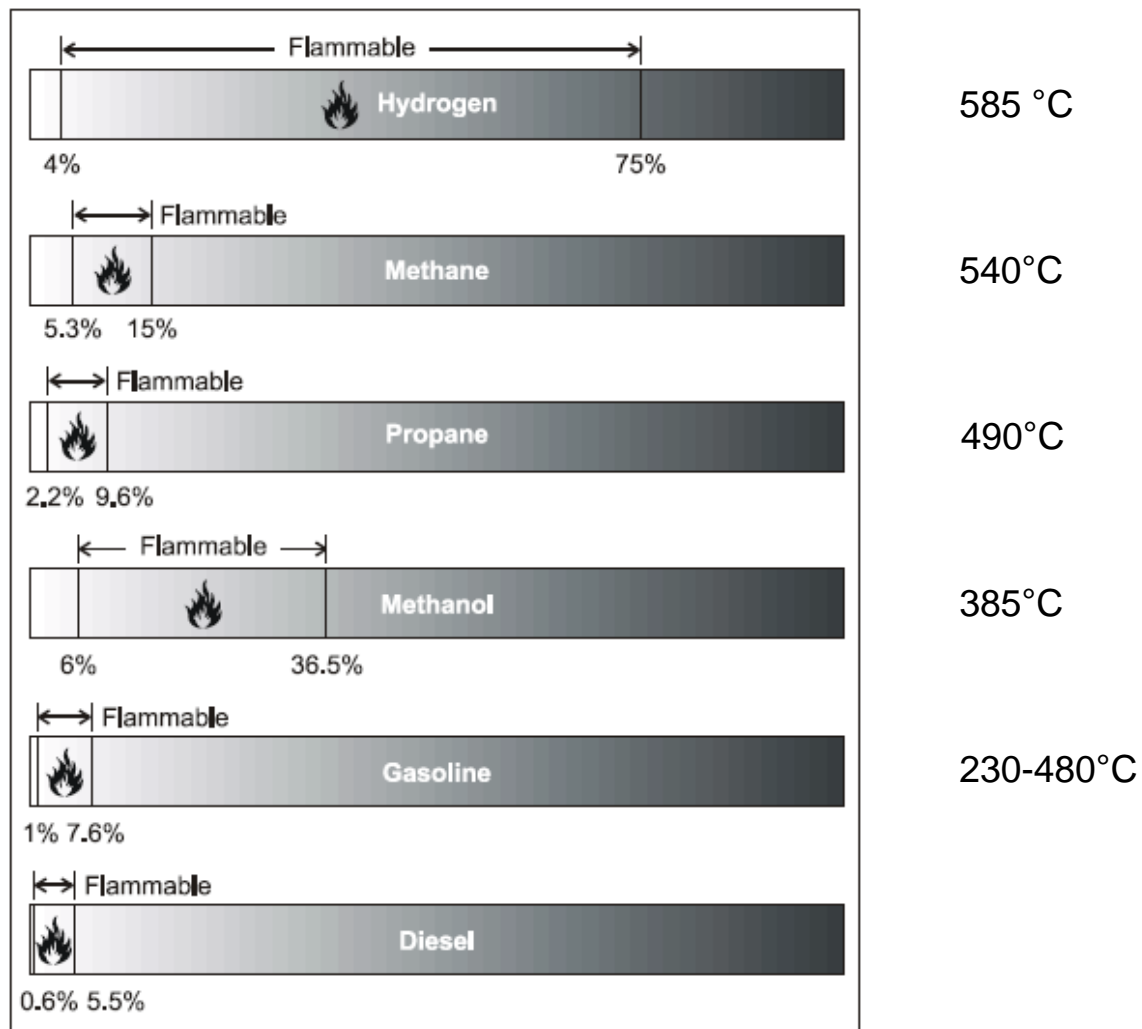


## Proprietâts chimichis (densitâts energjetiche)

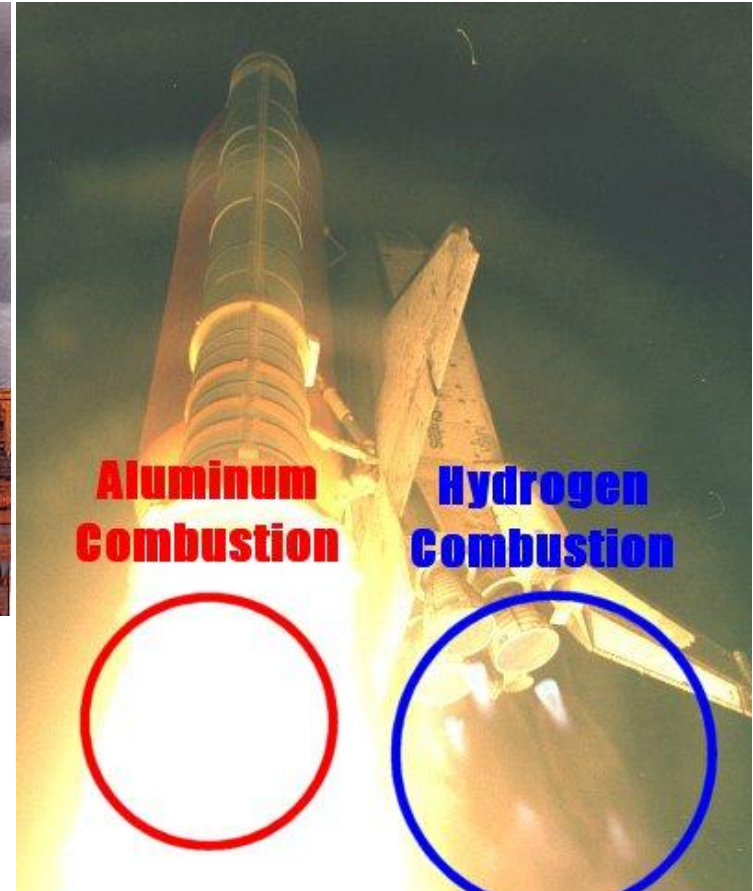
E je une misure di trop fis che a son intassâts i atoms di idrogjen intun combustibil

combustibil	densitât energjetiche
idrogjen	10050 kJ/m <sup>3</sup>
metan	32560 kJ/m <sup>3</sup>
propan	86670 kJ/m <sup>3</sup>
benzine	31150000 kJ/m <sup>3</sup>
gasoli	31435800 kJ/m <sup>3</sup>
alcul metilic	15800100 kJ/m <sup>3</sup>

## Proprietâts chimichis (inflamabilitât)



## Carateristichis de flame di combustion dal idrogjen



## Carateristichis de flame di combustion dal idrogjen

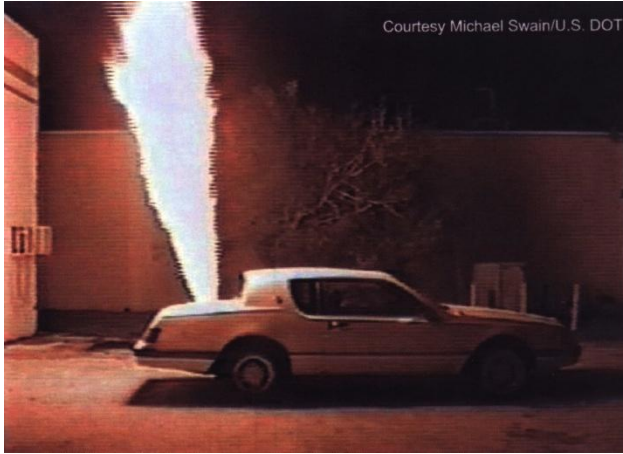


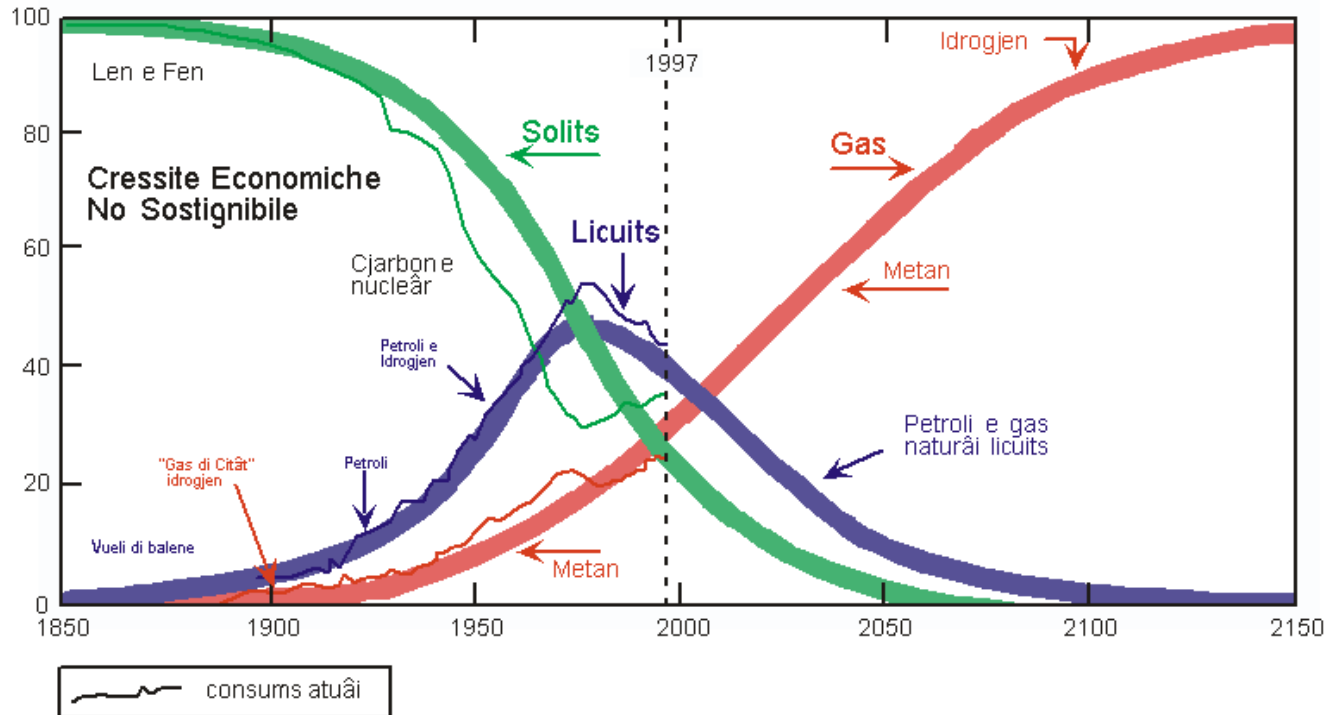
Photo 3 - Time: 1 min, 0 sec - Hydrogen flow is subsiding, view of gasoline vehicle begins to enlarge



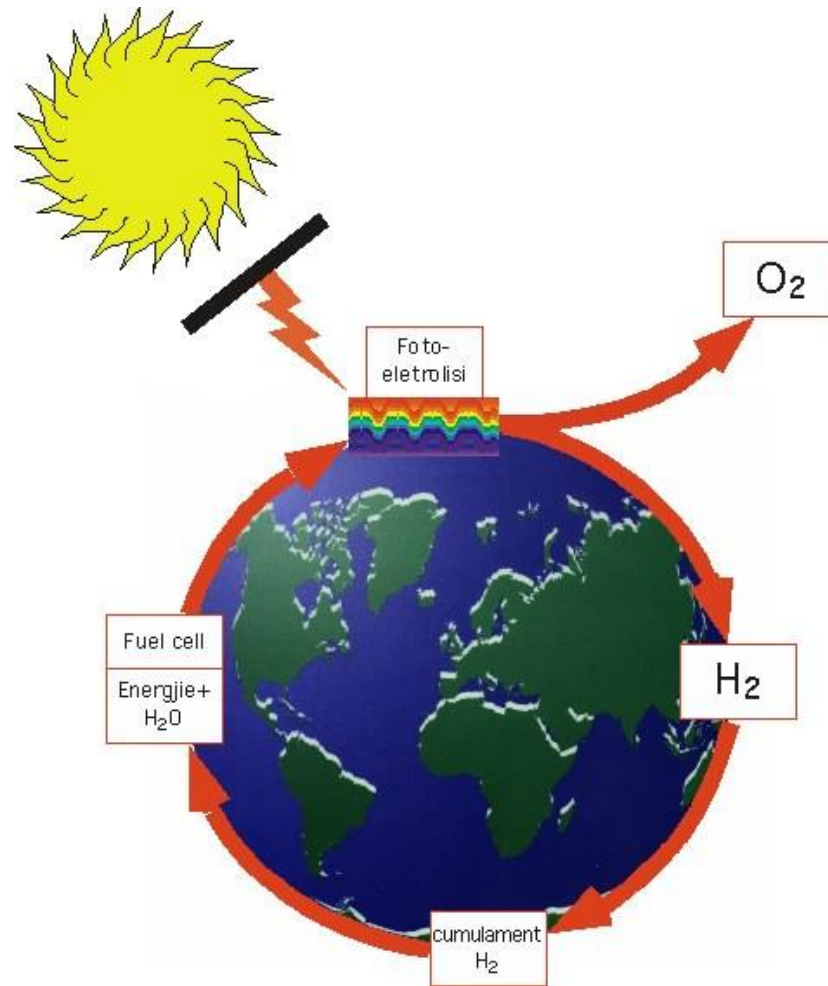
## Energjie e idrogjen



## Utilizacion dal idrogjen tant che vetôr energjetic

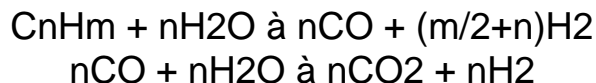


## Cicli dal idrogjen rinovabil



## Riforme

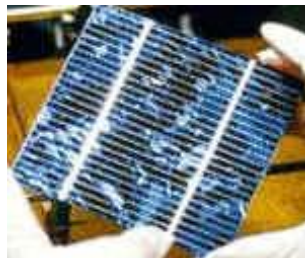
Il procès doprât par solit cuant che si partîs di idrocarbûrs lizêrs al è chel di “riforme catalitiche cun vapôr”, cun dopo la conversion dal ossit di carboni:



Cheste sezion no covente se si dople idrogjen, se si doprin celis di alte temperaturade (MCFC- Molten Carbonat Fuel Cell- e SOFC-Solid Oxid Fuel Cell-) li che la riforme dal combustibil e sucêt dentri de stesse cele o tal câs di celis a alcul metilic diret (DMFC-Direct Methanol Fuel Cell-).

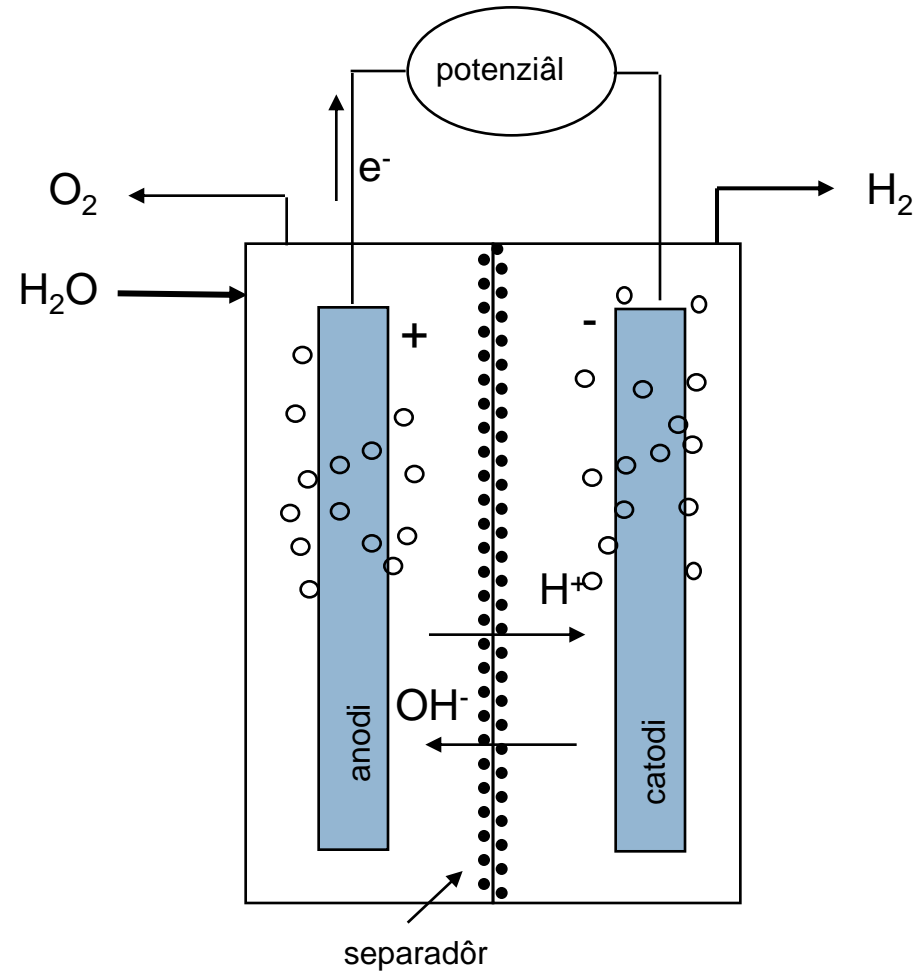
## Eletrolisi

Il procès di produzion dal idrogjen de sission des moleculis da la aghe (eletrolisi) cu lis fonts rinovabilis (vâl a dî fotovoltaic o eolic), al permetarès di vê un combustibil net par dut il cicli di esistence, de produzion al consum finâl.



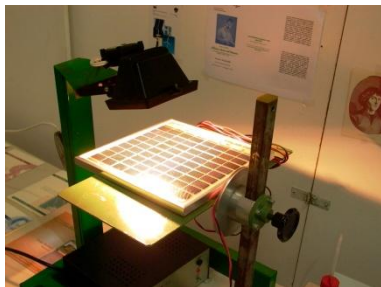
## Eletrolisi

La reazion chimiche di eletrolisi e je cheste:



## Eletrolisi

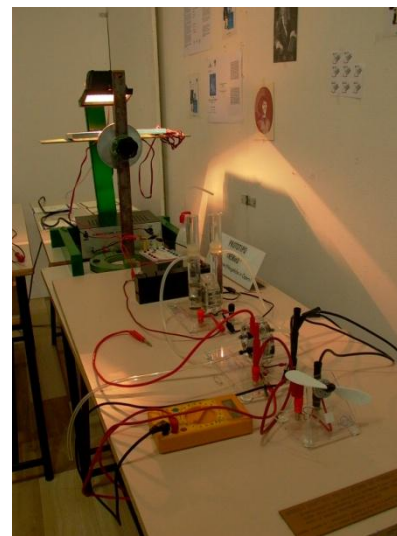
Te trafilte fotovoltaic/gjeneradôr eolic-eletrolizadôr-cele a combustibil-utilizadôr la radiazion solâr e prodûs la dissociazion dal idrogjen de aghe cence dâ fûr incuinants (gjavâts chei produsûts par costruî il modul FV).



Modul fotovoltaic



eletrolizadôr



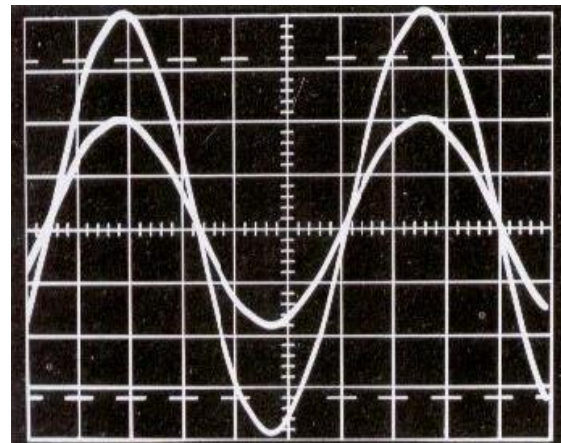
Il compless dai struments

## Ca (corint alternade)

Intal visualizadôr de strumentazion a rais catodics la tension e la corint a vegnin segnadis in maniere direte di un pinel eletronic che al passe su la superficie di fosfar 50 voltis al secont mantignint fisse la figure;

stant il fat che la potence eletriche e je il prodot di corint e tension  $p = v i$  il so valôr al è, intal nestri câs di caric eletric omic, simpri positif (kW);

intal nestri câs il  $\cos\varphi = 1$ .





## Ca (corint alternade)

La corint e cambie viers cuntune frecuece costante: la rêt publiche taliane e furnîs corint AC a 50Hz;

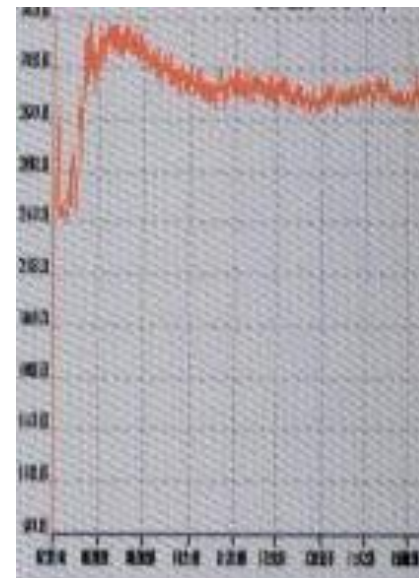
Dentri des strumentazions eletronichis la frecuece e pues rivâ a frecuencis tant plui altis (fin a 20 kHz);

Al è par chel che lis strumentazions eletronichis (come l'inverter) a àn di mostrâ che no produsin cjamps eletromagneticis pericolôs pe salût (compatibilitât eletromagnetiche).

## Cd (corint direte o continue)

Il flus di corint al ven produsût di une tension che no cambie polaritât; cheste corint e ven produsude o di bateriis o di un cjamp fv.

Il cjamp fv al prodûs corint continue ma di valôr intermitent (corint e radiazion di soreli a son valôrs proporzionâi), diferent des bateriis, che a produsin un valôr che al à costance aprossimative intal timp.



*Figure di un andament di corint visualizât in maniere automatiche intun visualizadôr di un ordenadôr eletronic.*

## Cd (corint direte o continue)

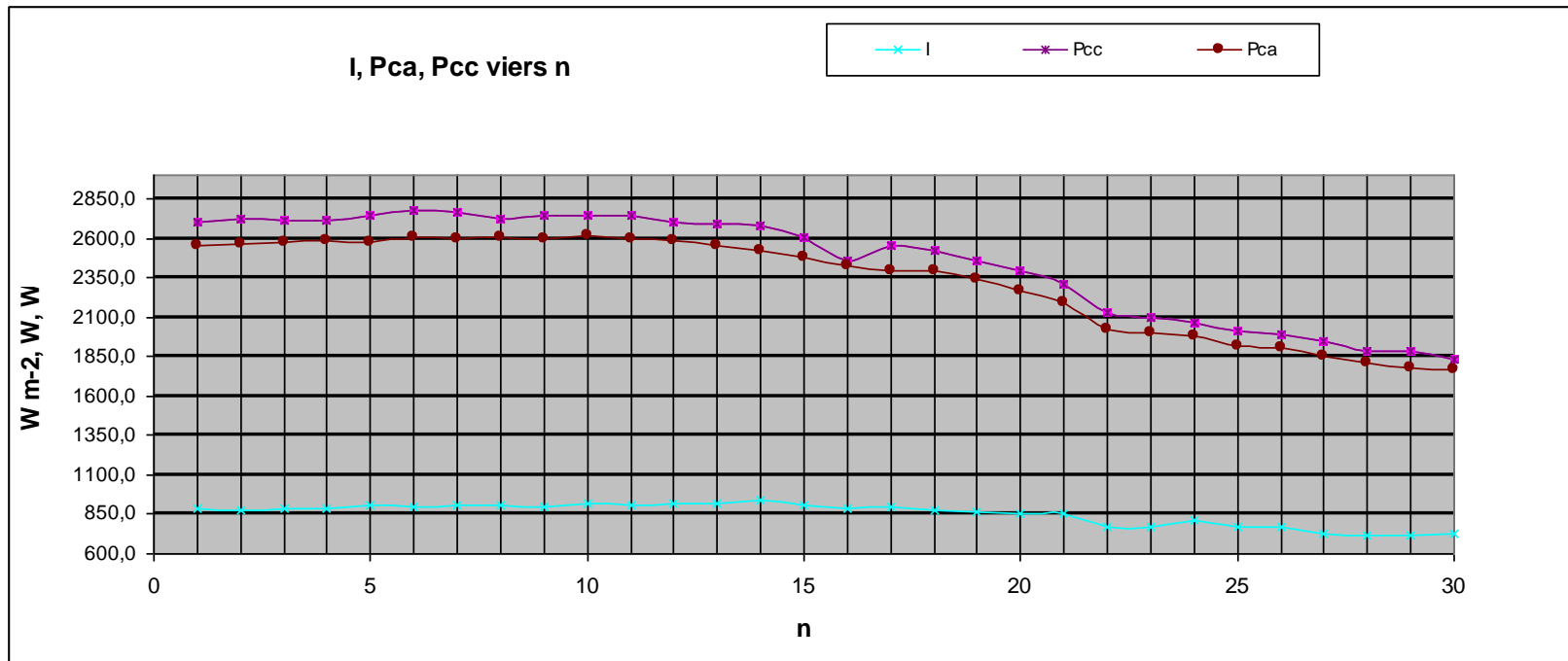


Figure costruite ripuartant dâts di tension e di corint intun sfuei di calcul; si viôt l'andament de potence in continue Pcc e alternade Pca in funzion de intensitât radiante dal soreli intune zornade di Istât cun timp stabil.

## Alternadôr (gjeneradôr sincron)

Un alternadôr al è une machine sincrone par vie che il numar di zîrs al minût  $n$  si lee cu la frecuece des corints alternadis  $f$  cu la relazion:

$$n = 60 f / p, \text{ cun } p \text{ cubis polârs;}$$

stant che  $f = 50 \text{ Hz}$  (in Italie) il numar di zîrs al è imponût des carateristichis costrutivis de machine;

Si dedûs cence dificultâts che il numar di zîrs / 1' al pues partî di 3000 (turboalternadôrs) a 1500, 750 e v.i.;

Al ven impleât in dutis lis centrâls tradizionâls di potence alte.

## Gjeneradôr asincron

Un gjeneradôr asincron al à une velocitât  $n$  che si slontane de velocitât di sincronisim  $n_0 = 60 f / p$  in dipendence dal caric eletric:

si definìs un scoriment dentri de machine compagn di:

$$s = (n - n_0) / n_0 \%$$

In ogni câs Chest valôr si manten tor di cualchi unitât par cent;

Il gjeneradôr asincron al à il vantac, rispjet al alternadôr di jessi plui robust e economic, ma par funzionâ al à bisugne di restâ colegât cu la rê;

Al ven doprât une vore intai gjeneradôrs eolics colegâts cu la rê.

## Fonts rinnovabilis

Lis fonts "rinnovabilis" si pues calculâ che in teorie no puedin finî.

A son fonts rinnovabilis la energjie solâr che e rive su la tiere e lis energjiis che a derivin di cheste: la energjie idroelettriche, dal aiar, des biomassis, des ondis e des corints marinis.

Cun di plui si calcole fonts rinnovabilis la energjie gjeotermiche che e je concentrade in cierts sistemis profonds de croste terestre e la energjie dissipade su lis rivis des mareis, che e derive de influence gravitazionâl de lune.

Ancje i refudums, pe lôr composizion, si calculiju une font di energjie rinnovabile.

## Fonts rinnovabilis

Il flus des energjiiis rinnovabilis su la Tiere al derive de radiazion solâr.

Scuasi la metât di cheste energjie e je trasformade in calôr su la superficie terestre e tai oceans e rimandade tal spazi tant che radiazion infrarosse.

Grande part dal rest dal flus (su mârs e oceans) e alimente il cicli idrologjic.

La radiazion che e rive par tiere e pues jessi captade: energjie solâr termiche e fotovoltaiche.

I gradients termics de atmosfere, vâl a dî il riscjaldament diferent des massis atmosferichis, a produsin i aiars: energjie eoliche.

Une percentuâl un pôc plui piçule, che e je come 9 voltis il consum energjetic mondiâl, e je assorbide dai procès di fotosintesi.

## Fonts rinovabilis

<b>BILANCIO ENERGETICO NAZIONALE</b>		
<b>CONSUMO INTERNO LORDO DI ENERGIA (2001)</b>		
<b>CONSUMI ENERGETICI COMPLESSIVI: 188 Mtep</b>		
	<b>(Mtep)</b>	<b>%</b>
COMBUSTIBILI SOLIDI	13,8	7,34%
GAS NATURALE	58,7	31,22%
PRODOTTI PETROLIFERI	90,9	48,35%
FONTE RINNOVABILI	14,0	7,45%
IMPORTAZIONI DI ENERGIA ELETTRICA	10,6	5,64%
DOMANDA TOTALE DI ENERGIA	188,0	10,00%
CONSUMI E PERDITE DEL SETTORE ENERGETICO		-51,8%
IMPIEGHI FINALI		136,20
TASSO MEDIO ANNUALE DI CRESCITA NEGLI ULTIMI ANNI		-2%

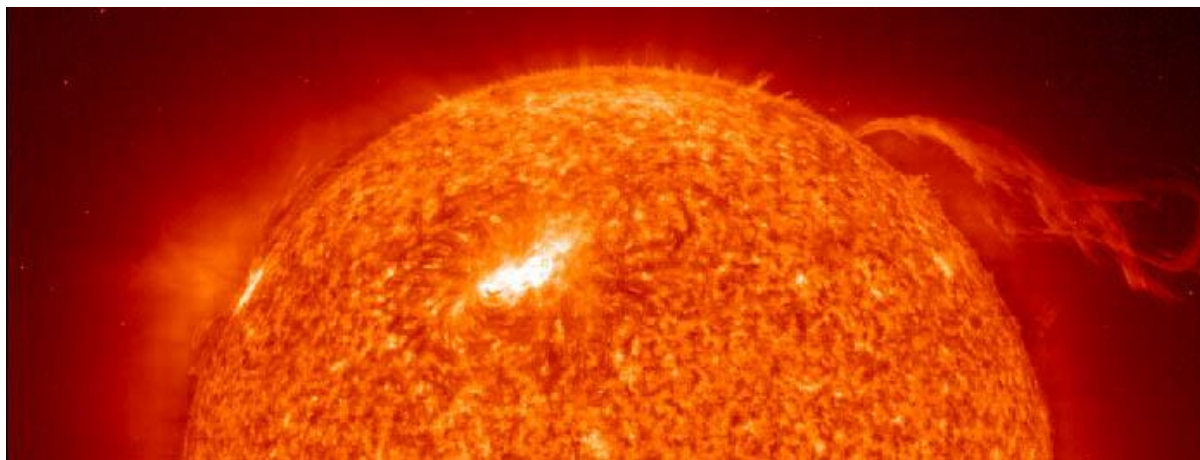


## Soreli / composizion

Il Soreli (*Helios* par i grêcs e *Sol* pai Romans) al è une stele costituide dal 75% di idrogjen ( $H_2$ ) e pal 25% di eli (He);

se si considere la masse, il 92,1% di idrogjen e 7,8% di eli;

la energjie radiante dal Soreli e diven di reazioni di fusion dai nuclei di  $H_2$  che si trasformin in He.



## Soreli / temperadure

Le temeperadure interne e rive a  $20.106^{\circ}\text{K}$  che e va jù a  $5760^{\circ}\text{K}$  in superficie;

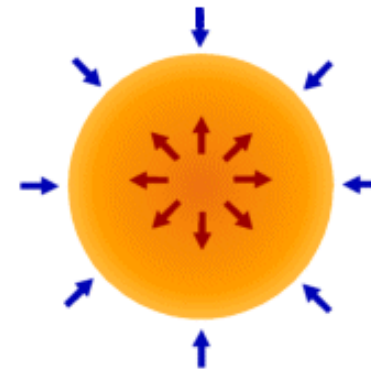
Il soreli al da fûr une energjie spaventose su scjale umane:  $3,86 \cdot 10^{26} \text{ Wm}^{-2}$ ;

Intal spazi fûr de atmosfere si spandin  $1353 \text{ Wm}^{-2}$ ;

Su la Tiera, al nivel dal mâr cuant che il soreli si cjate tal Zenith, plui o mancul  $1000 \text{ Wm}^{-2}$ .

← fuerce di gravitât

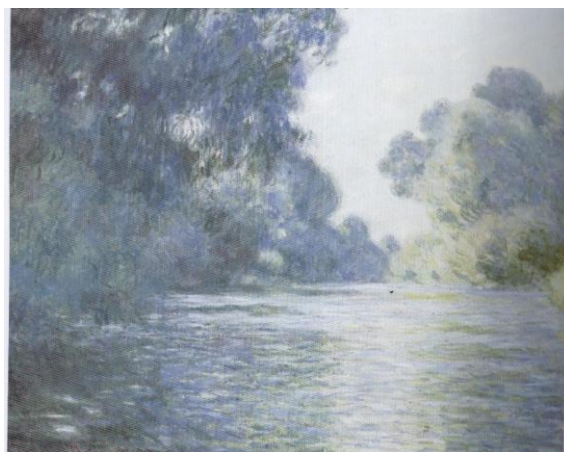
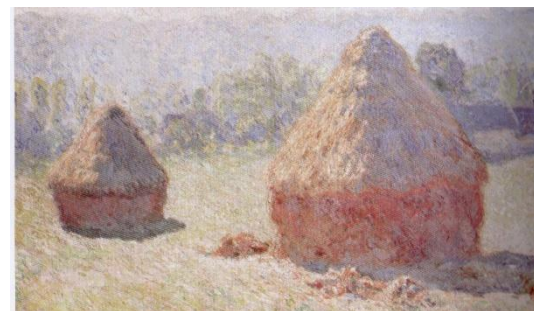
← fuerce esplosive termonucleâr



Il fûc termonucleâr al continue a brusâ combustibil intun stât di ecuilibri dinamic tra lis fuarcis che a tindin a strenzi il volum viers il centri e lis fuarcis che a tindin a slargjâlu intal spazi.

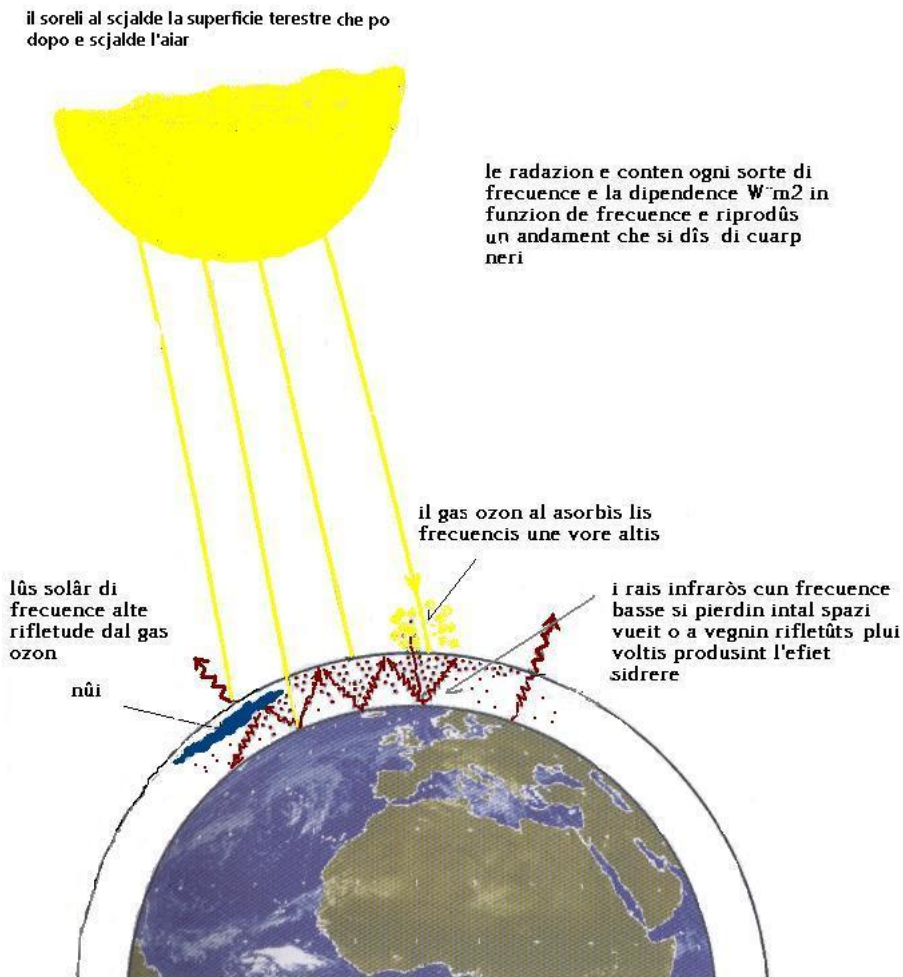
## Radiazion solâr / aiar e colôrs

Il soreli al è la font di energjie che e prodûs ducj i moviments naturâi e la cressite des plantis.



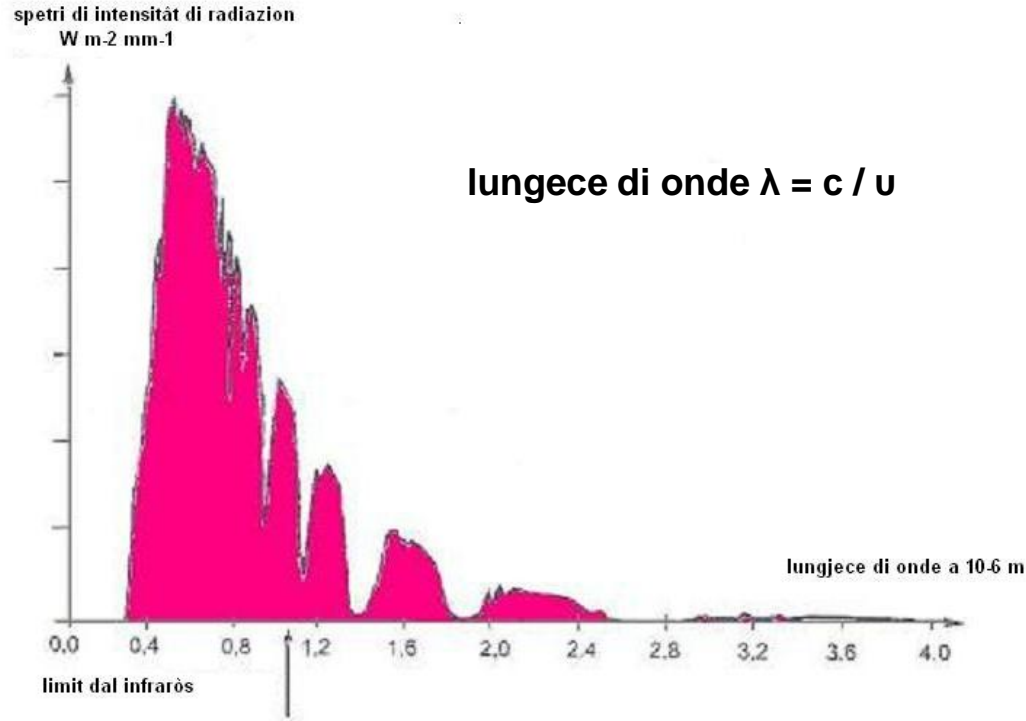
## Radiazion solâr / disponibilîtât

La energjie totâl sul teren (dute le energjie incidente mancul chê riflesse e chê assorbide de sferes di aiar) si stime ator dai 1018 kWh/an: 7.000 voltis il consum intal dî di vuê di energjie di ducj i abitants de Tiere.



## Radiazion solâr / intensitât radiant e lungjece di onde

Le potence o intensitât radiante dal soreli in funzion de frecuece e seguîs sul plan cartesian la tipiche ande a cjampane (distribuzion di spetri di cuarp neri); la radiazion plui energjetiche e je ancje chê visibile (dal ros al viole); sot o vin radiazions di calôr e parsore radiazions di penetrazion (rais X e v.i).

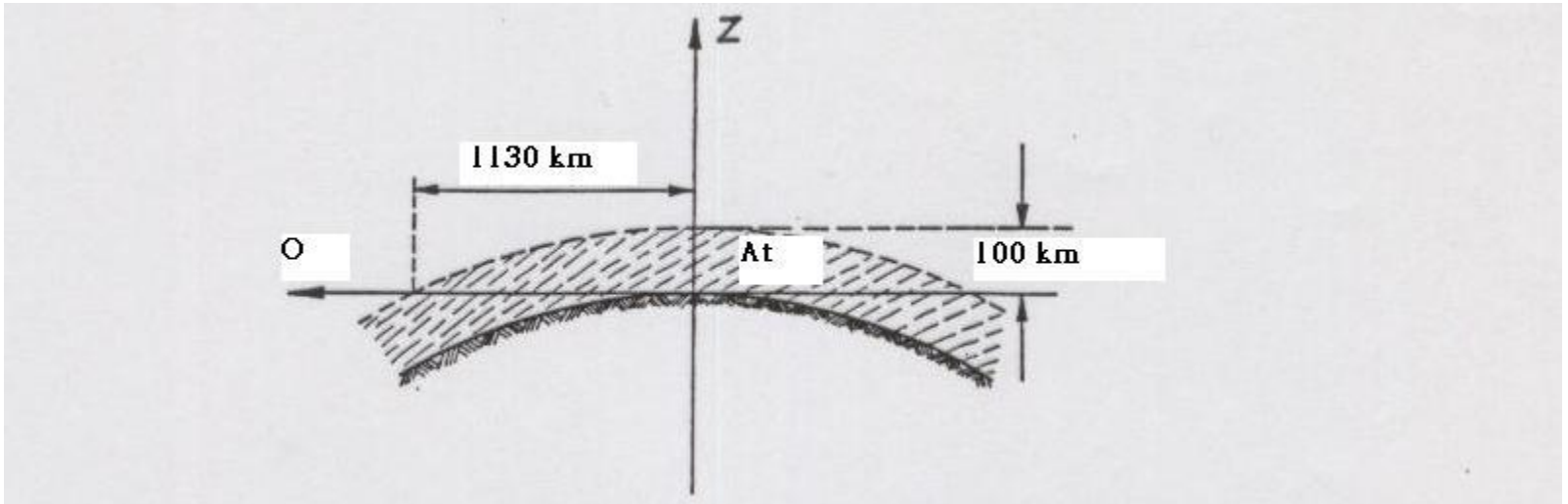


## Radiazion solâr / intensitât a nivel di tiere

La distance dal Soreli e influence la intensitât de radiazion incidente:  
la intensitât de radiazion par unitât di superficie solâr incidente sul strât plui esterni de atmosfere  
dilunc dal an no à un valôr costant par vie de inclinazion dal as de Tiere (stagjons).

Al nivel dal teren (assorbiment e difusion de atmosfere) a rivin, in medie, daûr de inclinazion dai  
rais dal soreli, in corispondence dal azimuth plui o mancul  $1.000 \text{ W/m}^2$  (irradiament sul teren, in  
cundizions di cîl seren a misdi).

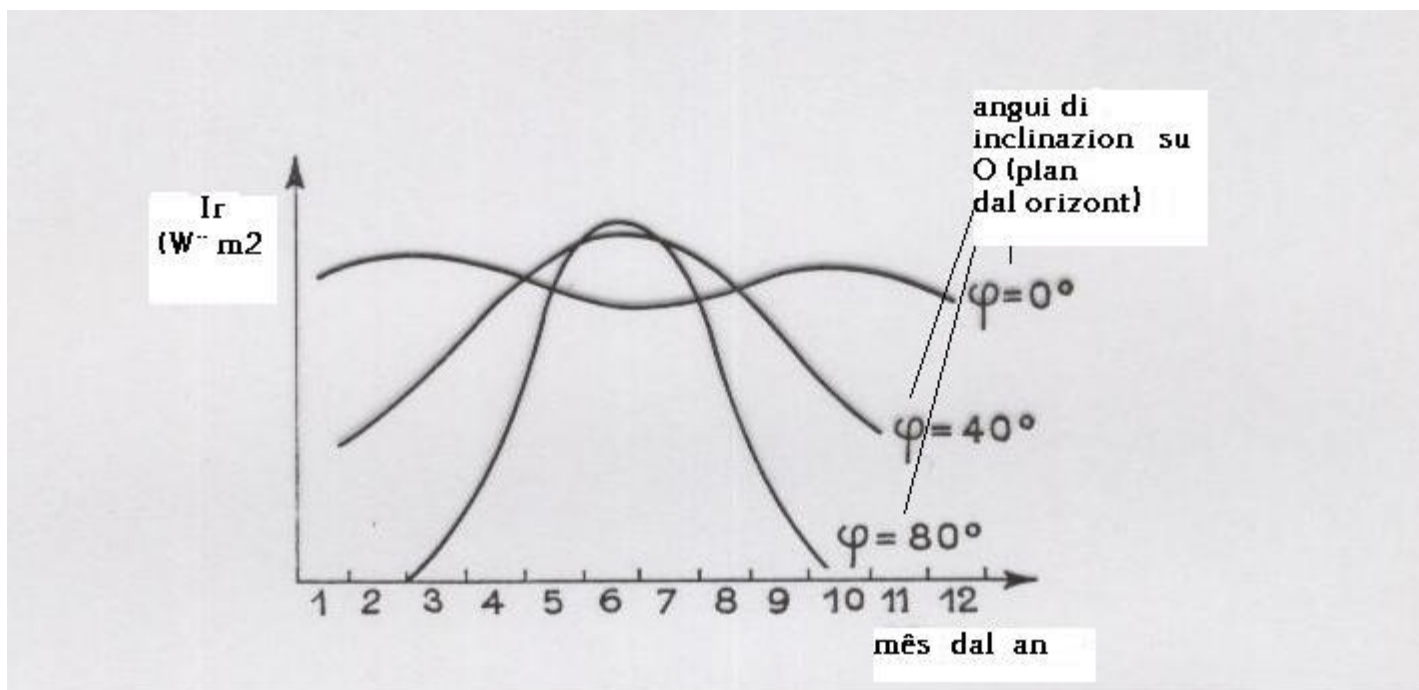
## Radiazion solâr / zenith



O = plan dal orizont; Z = zenith; At = atmosfere

## Radiazion solâr

L'angul  $\varphi$  al è la latitudin dal puest se la direzion di azimuth Z e je normâl su la superficie in corispondence dai 21 di Març e dai 21 di Setembar.





## Radiazion solâr / angul di inclinazion o di tilt

Tal ecuinozi l'angul di tilt  $\beta$  al è  
compagn de latitudin  $\varphi$ , in altri câs:

$$\beta = f(Pa);$$

$Pa = Pr$  ecuâtôr;  $Pa = 0$  pôl Nord

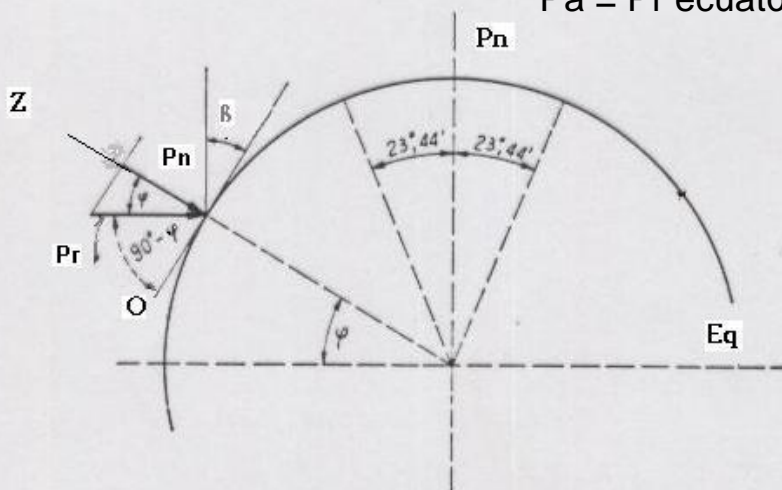
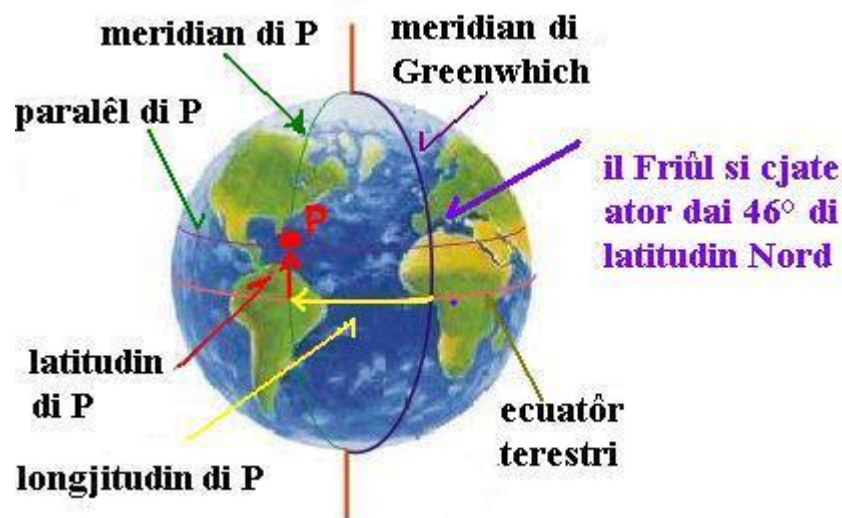


Figure de Tiere intal dì dal ecuinozi: Eq = linee ecuatoriâl; O = plan dal orizont;  
Pn = as dal pôl Nord; Z = linee dal zenith;  $\beta = \varphi$  = latitudin

## Latitudin e longjitudin / definizions

La **latitudin** gjeografiche e je la distance angolâr di un pont (**P**) de linie ecuatoriâl misurade dilunc dal meridian che al passe par chel pont;

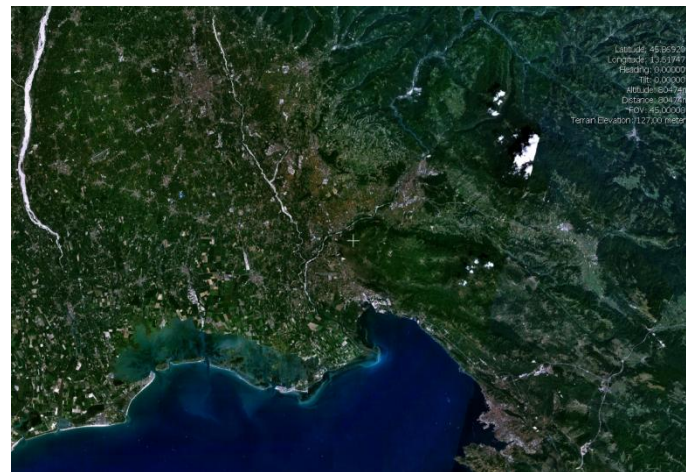
la **longjitudin** gjeografiche di un pont (**P**) e je l'angul misurât tra il meridian dal pont e il *meridian fondamentâl* (di Greenwich), positîf a soreli a mont (ovest) e negatîf a soreli jevât.



## Latitudin e longjitudin di....

Il Friûl si cjate intal emisferi nord (boreâl) dal planet;

Cjapìn a mût di esempi la localitât di riferiment  
Sant Denêl: lat 46° 9' e 0" N longj 13° 1' 0" E



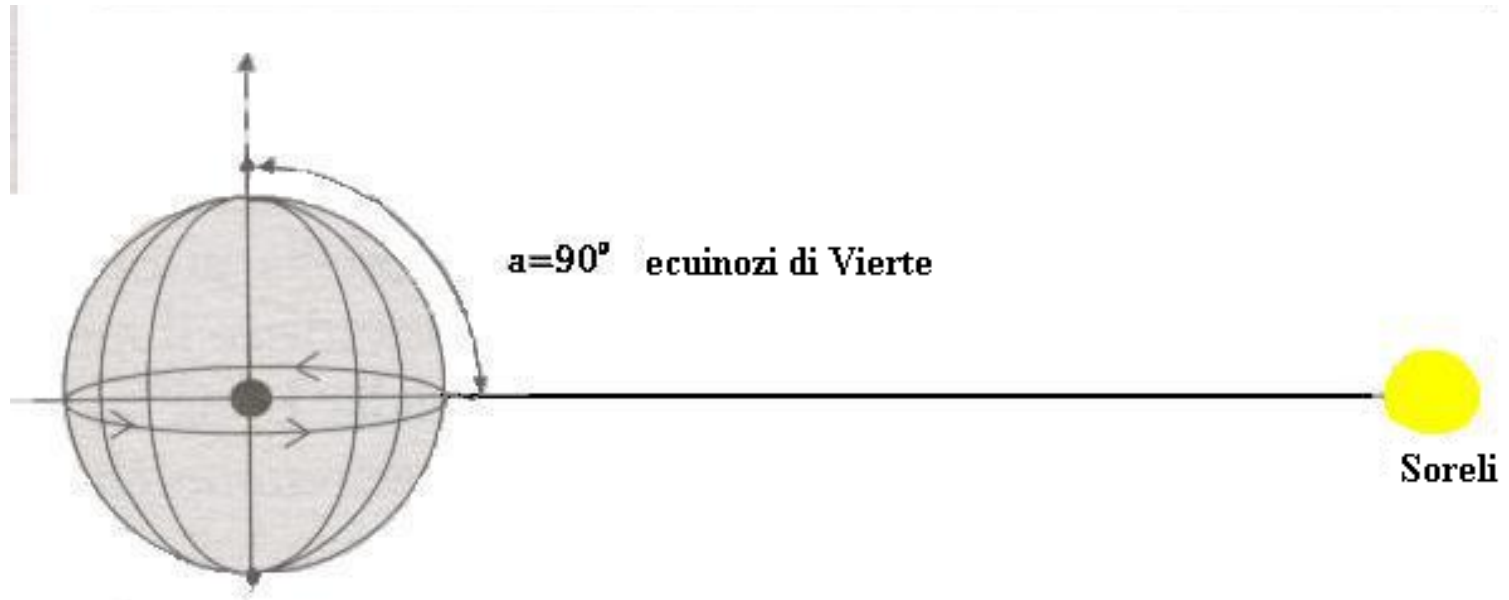
## I moviments de tiere / lis stagjons

La tiere e à un moviment tant che un gurli: e zire in 24 oris ator dal so as e in 365 dîs ator dal soreli (fale lis corezions tai agns bisescj):

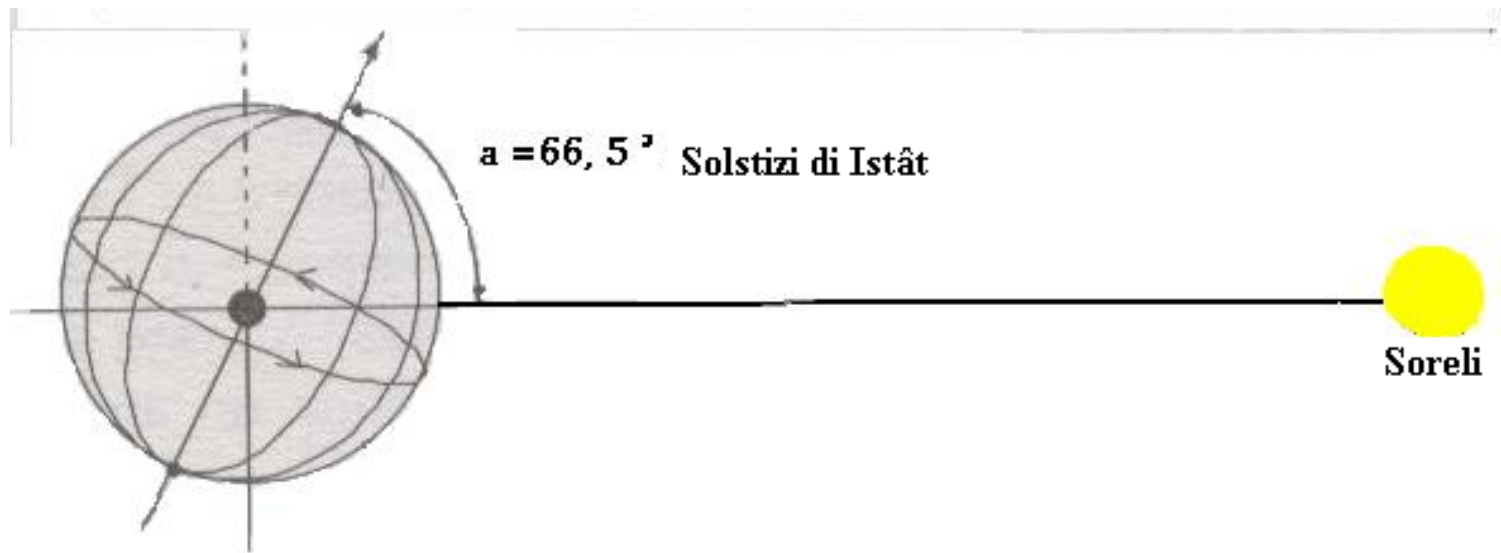
Il moviment ator dal soreli a prodûs la sucession des stagjons.



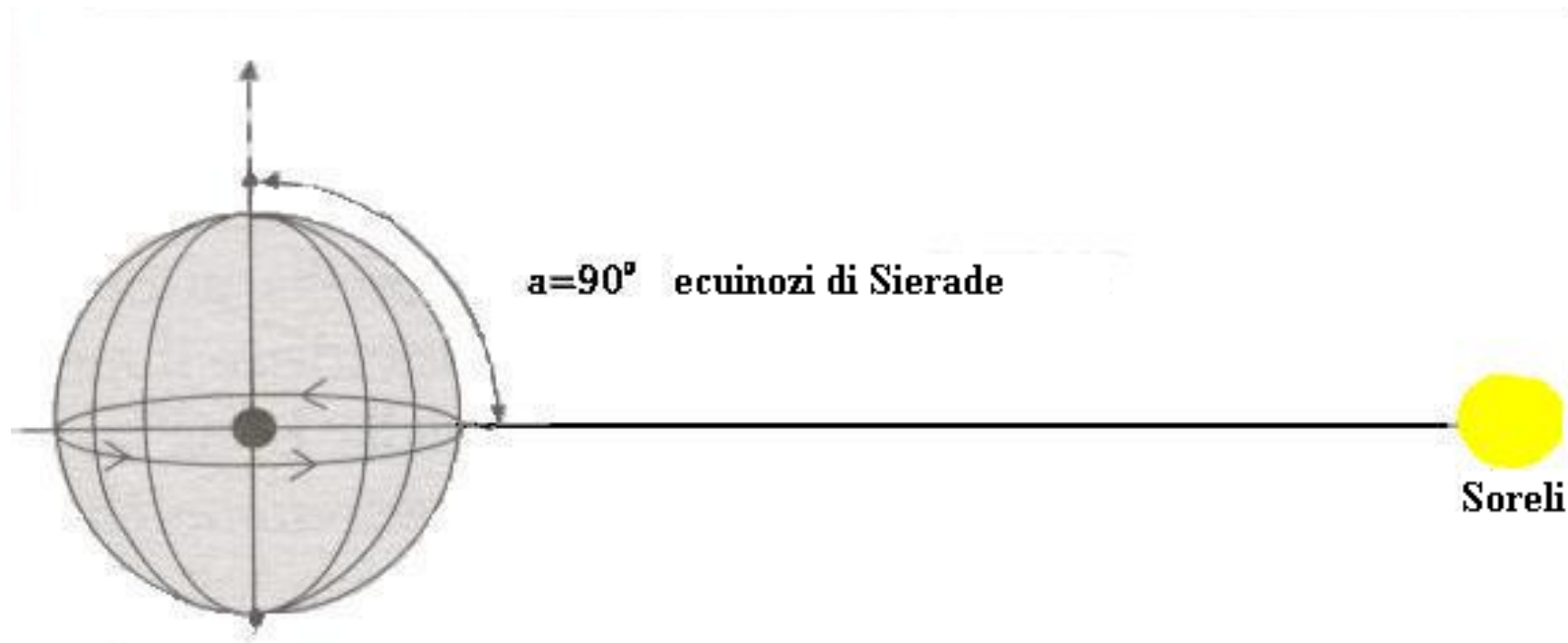
**I moviments de tiere / vierte (equinozi 21 Març)**



## I moviments de tiere / istât (solstizi di Jugn)



**I moviments de tiere / sierade (equinozi 21 di Setembar)**



**I moviments de tiere / invier (solstizi di Dicembar)**