

Laboratorio di Risorse- Economia- Ambiente

Lezione 7

Martedì 19 marzo 2020

Alternative alle fonti fossili di energia Parte seconda: Le fonti rinnovabili

Per Nuove Fonti di Energia Rinnovabile (NFER) si intendono (o almeno io intendo) le sette fonti rinnovabili che si sono sviluppate e sono diventate commerciali in tempi recenti. Generalmente dopo gli anni 70-80 del novecento. L'idroelettrico, da questo punto di vista, come pure la biomassa come fonte di calore (legna, pellet ecc) non rientra in questa categoria. Vi rientra invece la biomassa usata come combustibile in centrali termoelettriche: le centrali a biomassa e la biomassa utilizzata per produrre biocombustibili.

Anche se un po' datato (2004) il testo tecnico di riferimento per le NFER è quello di Domenico Coiante "Le Nuove Fonti di Energia Rinnovabile. Tecnologie costi e prospettive". Franco Angeli ed. 2004. L'impianto del testo è ancora valido, ma la parte economica è stata ovviamente superata.

La discussione in campo scientifico sulla possibilità di creare una società basata sulle rinnovabili è ancora aperta. Oggettivamente non si può dire che vi sia accordo assoluto. Personalmente propendo per una visione positiva nei confronti delle rinnovabili elettriche ed in particolare del fotovoltaico e dell'eolico, ma non mi nascondo l'estrema difficoltà di una transizione che, per motivi ambientali e di esaurimento delle risorse fossili, dovrebbe essere compiuta molto rapidamente (abbiamo ragionevolmente un decennio poco più, poco meno) e che invece procede lentamente e con forti resistenze. Tale transizione dovrebbe essere condotta utilizzando l'ultima fase utile di sfruttamento delle risorse fossili sfruttando in particolare l'ultima fase di EROEI favorevole di queste ultime. È inoltre importante puntualizzare che il dispiegamento di una infrastruttura energetica rinnovabile non può essere realizzato senza un cambiamento culturale e sociale nella direzione dell'abbandono del modello economico consumista e dell'idea della crescita infinita. Ma anche su questo punto non c'è accordo né fra gli studiosi né, tantomeno, nell'opinione pubblica.

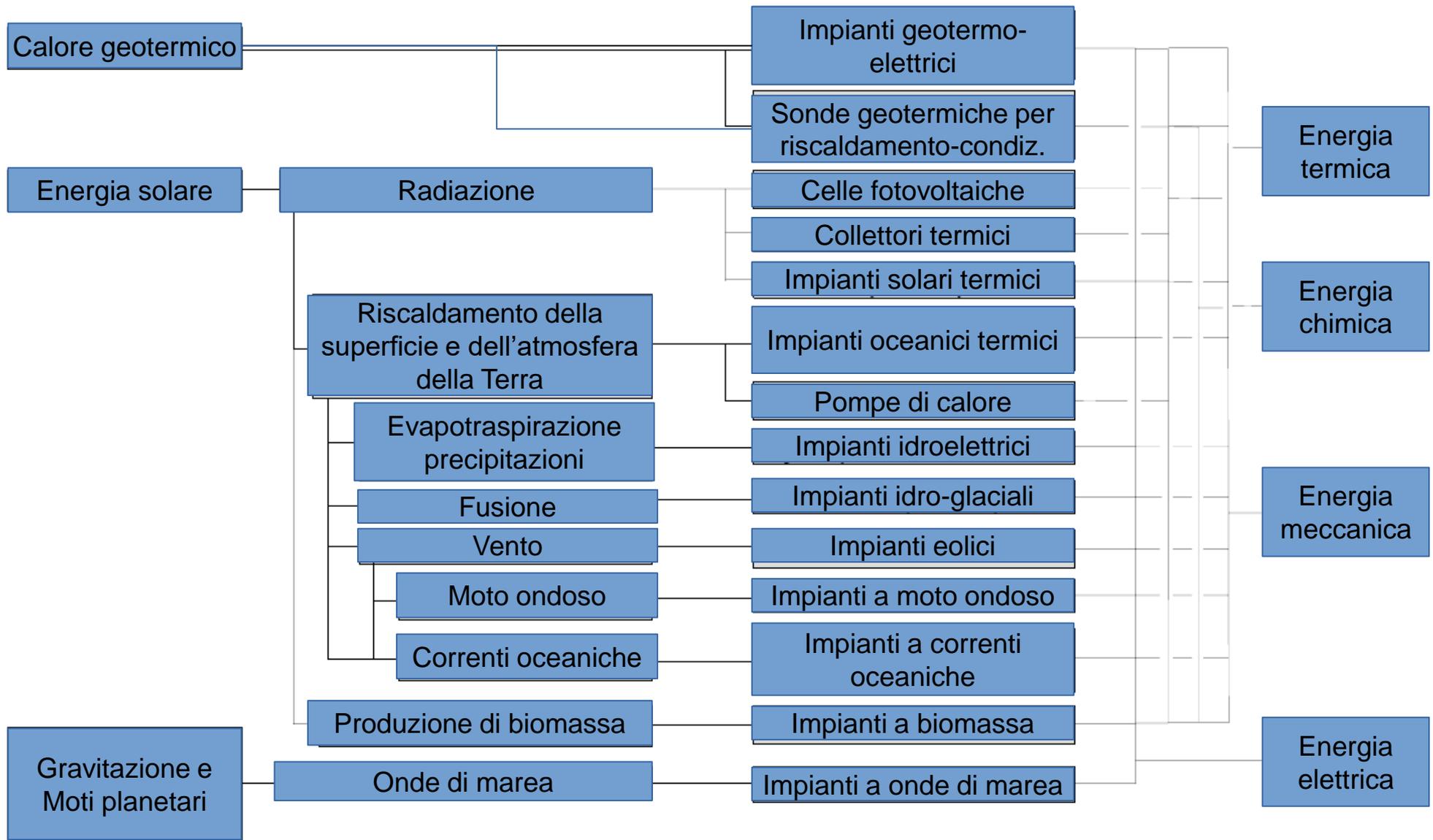


Fig. 1.5 Options of using renewable energies for the provision of useful energy (Solarth. Solarthermal) (see /1-1/)

Idroelettrico

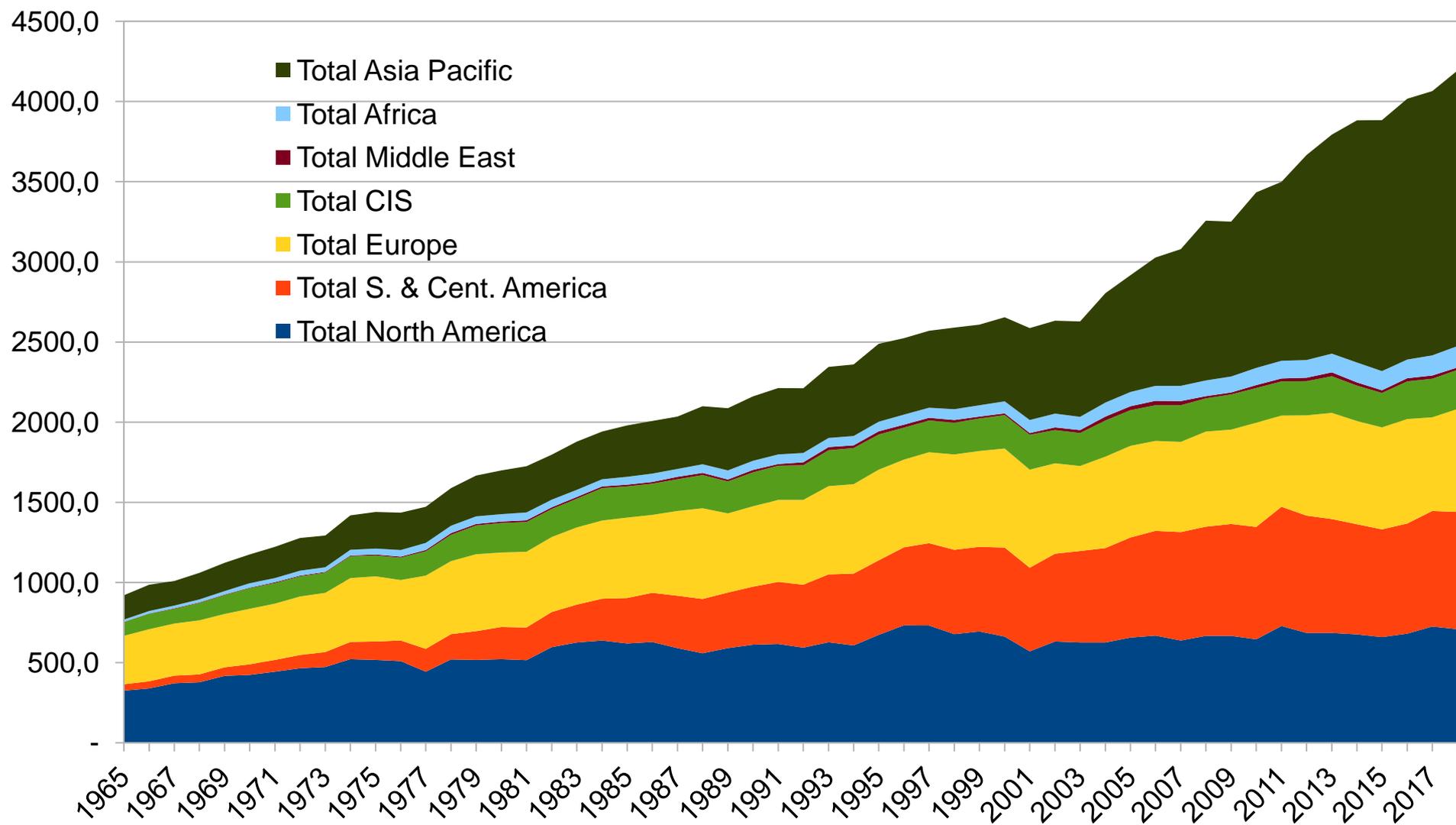
Conversione dell'energia gravitazionale dell'acqua contenuta nelle dighe in energia cinetica e dell'energia cinetica del flusso idrico in energia elettrica.

2018	% consumi totali	TWh	Variazione 2017 %
Nord America	16,9	708,4	-2,3
Sud e Centro Am.	17,1	731,3	+1,5
Europa	15,3	642,1	+9,8
CIS	5,8	244,8	+1,9
Medio Oriente	0,4	15,2	-27,0
Africa	3,2	132,8	+6,6
Asia Pacifico	41,0	1718,5	+4,2
Totale mondiale	100%	4193,1	+3,1
Italia	1,1	45,9	+33,4(?)

Prospettive e problemi.

- 1) Molti sostengono che è sostanzialmente arrivato a saturazione
- 2) I problemi dei progetti grandi e giganteschi devono essere ancora pienamente apprezzati.
- 3) Prospettive per il mini-idrico?
- 4) Prospettive per l'immagazzinamento di energia attraverso il pompaggio (anche queste saturate)

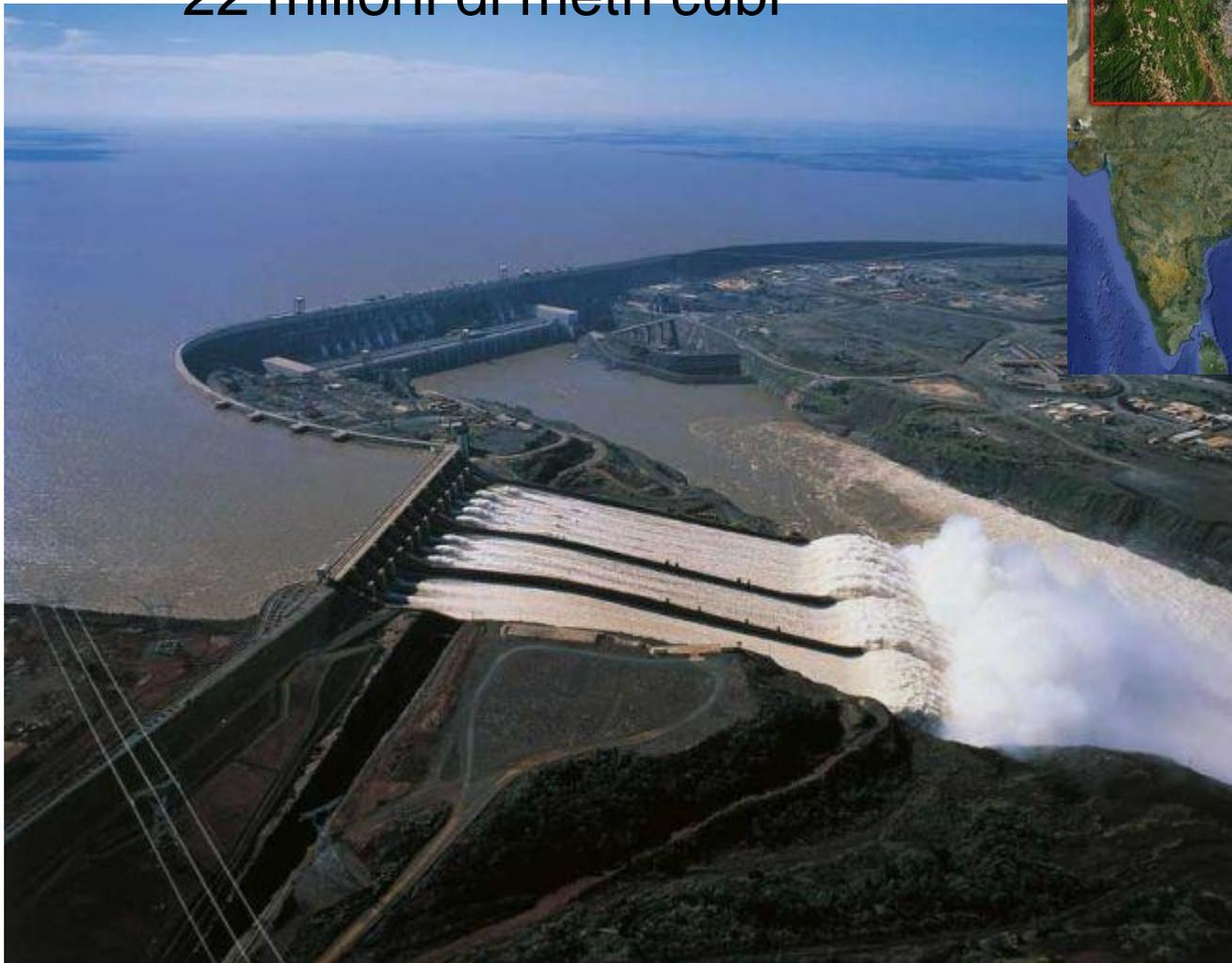
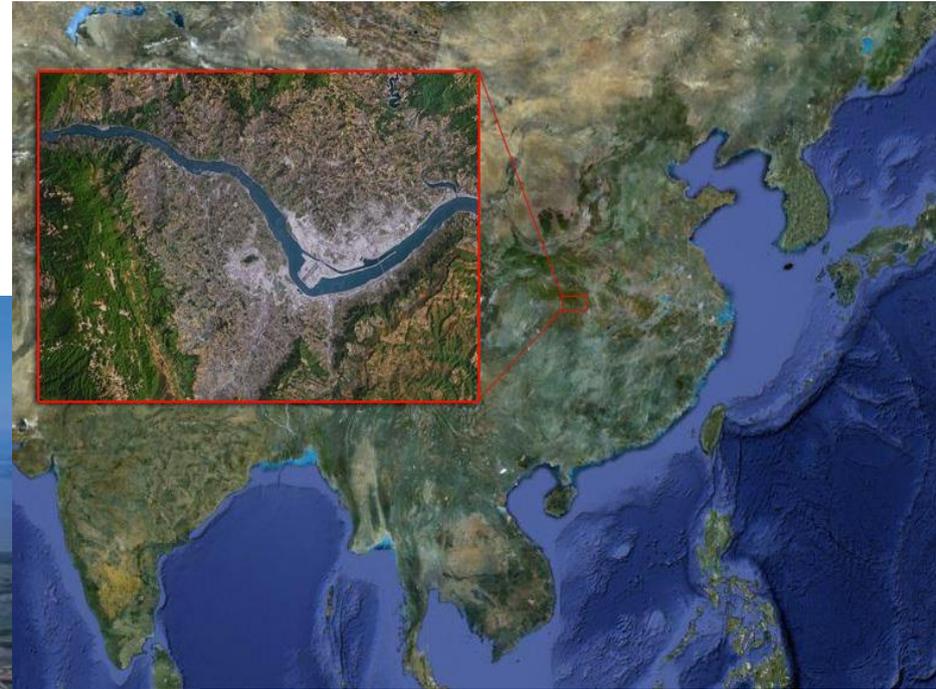
Storico della produzione di energia da idroelettrico 1965-2018 (TWh)



Diga delle tre gole (Cina)

108.400 ha = 1.084
Km²

22 milioni di metri cubi



18200 MW

84700 GWh/y

Le nuove fonti di energia rinnovabile

- **Geotermico.**
- **Sonde geotermiche.**
- **Fotovoltaico**
- **Solare termico**
- **Solare termodinamico**

- **Eolico**

- **Biocombustibili (combustibili liquidi)**
- **Biomassa**

- **Onde e correnti marine**

energia elettrica

energia termica

energia chimica

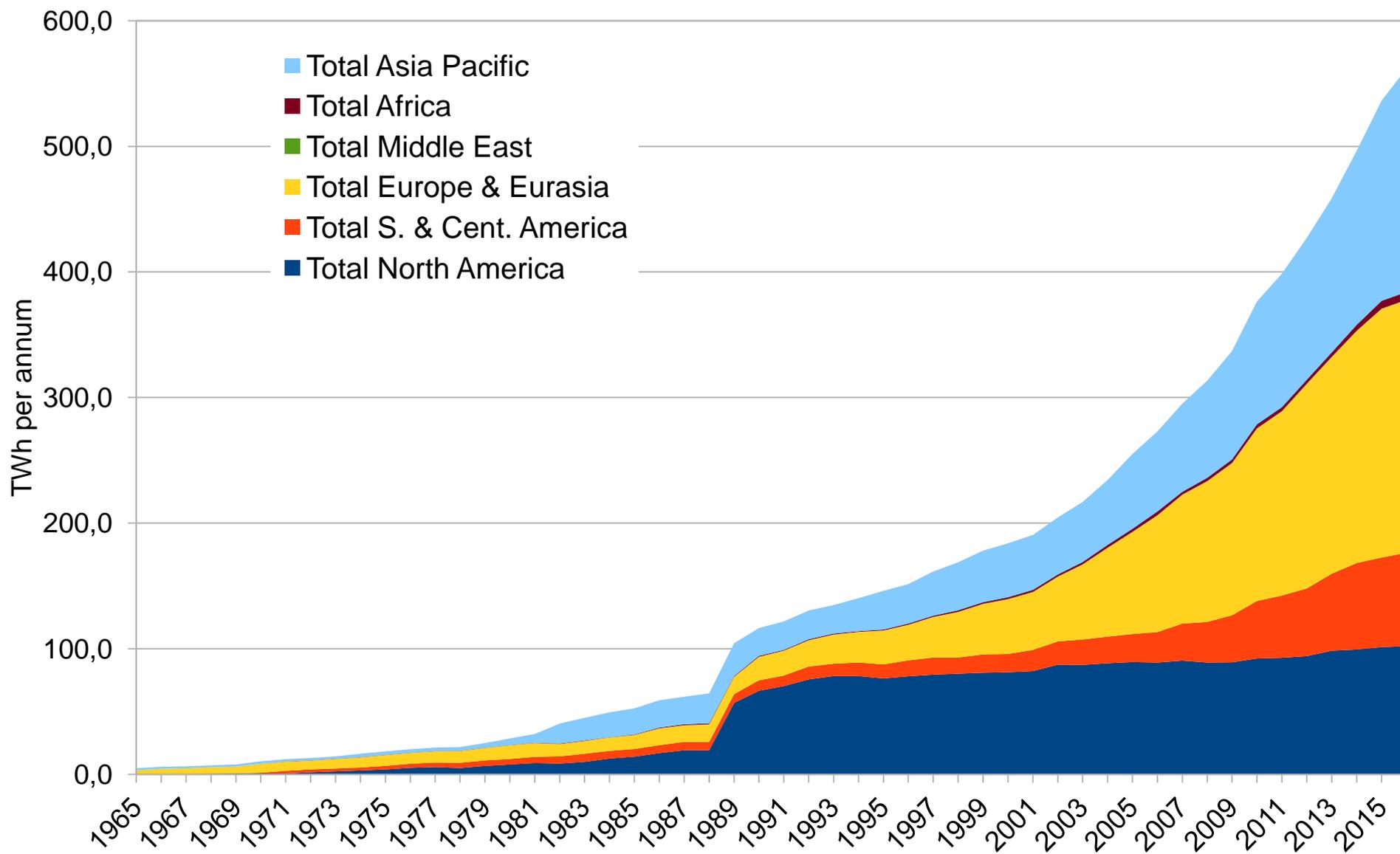
Geotermico e biomassa (generazione elettrica)

Energia generata sfruttando le fonti geologiche di calore.
Flusso geotermico totale: **44 TW**
Flusso di sorgenti concentrate: **0,3 TW**.

	% consumi totali	TWh	% totale prod elettrica	tasso di crescita %
Nord America	18,2	102,1	1,9	0,4
Sud e Centro Am.	13,3	74,5	5,7	4,1
Europa- Eurasia	35,8	201,1	3,7	1,4
Medio Oriente	0,1	0	0,0	0,3
Africa	1,1	6,3	0,8	-0,7
Asia Pacifico	31,6	177,6	1,6	11,2
Totale mondiale	100	561,7	2,2	4,4
Italia	4,6	25,8	9,0	0,5

Il gradiente geotermico medio nella crosta terrestre (la variazione di temperatura con la profondità) è di circa 25-30 °C/Km, in un intervallo fra 15 e 75°C/Km a seconda del luogo.

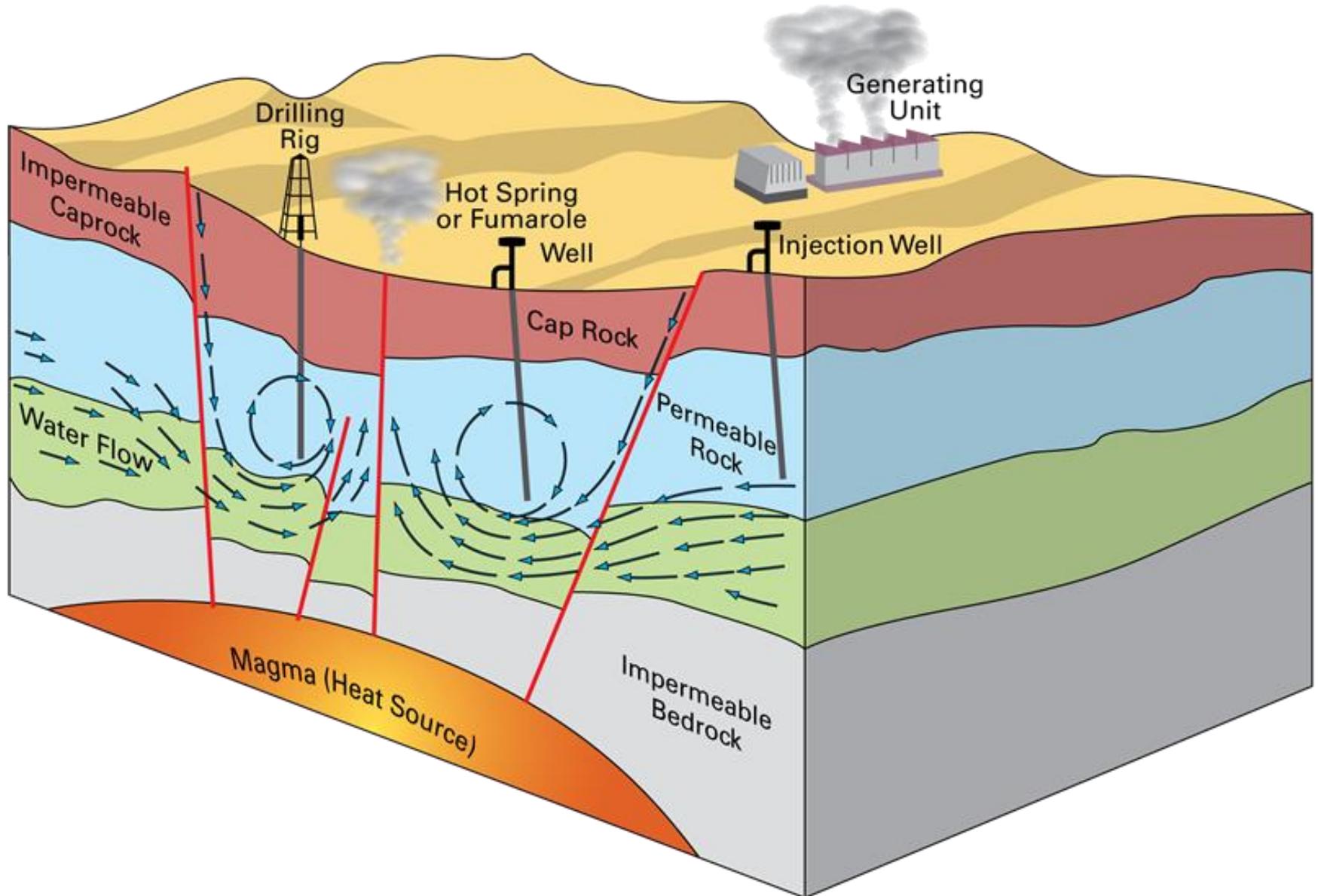
Storico della produzione di energia da geotermico e biomassa (dati BP stat. rev. 2016)



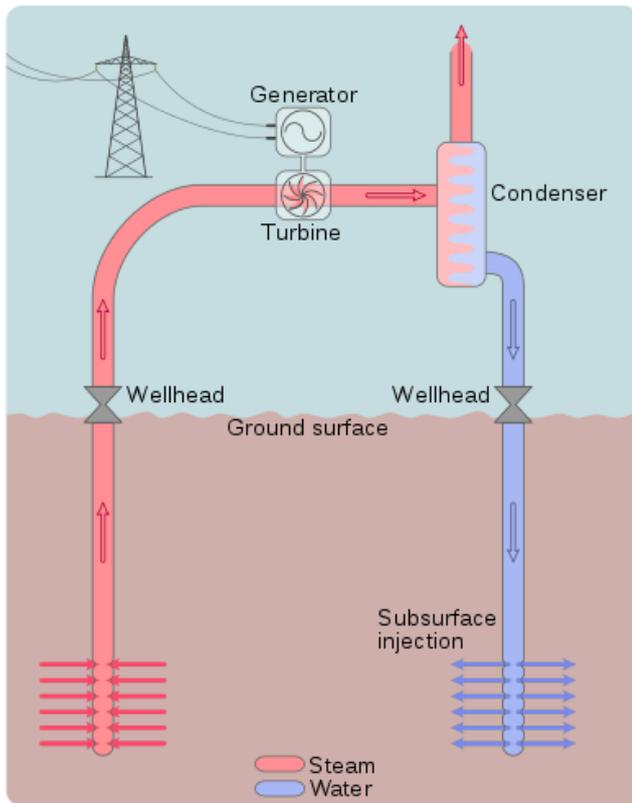
Aree geotermiche sfruttate nel mondo



Centrali geotermiche

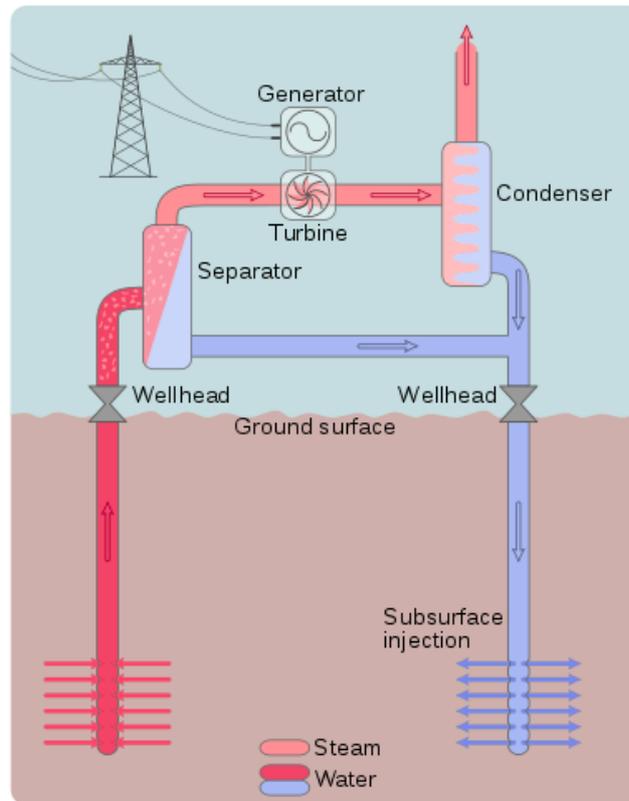


Centrali geotermiche



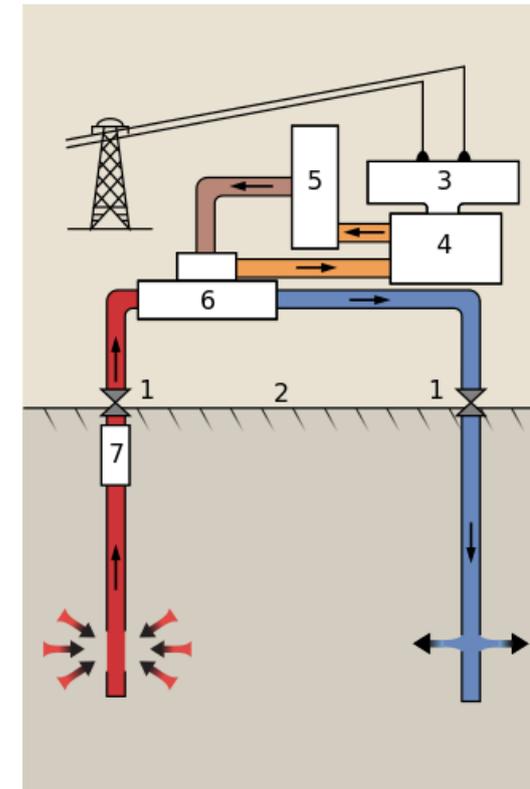
A vapore
dominante

Dry steam



Ad acqua
dominante

Flash steam



A ciclo binario

Fluidi. CFC- HFC- FC

HC (pentano,
isobutano)

ecc.

Sonde geotermiche per riscaldamento e raffreddamento di ambienti



Per estrarre calore dal terreno, necessario al **riscaldamento invernale**, si utilizzano scambiatori interrati accoppiati a pompe di calore, macchine in grado di “trasferire” il calore da un corpo più freddo (es. terreno) ad un corpo più caldo (es. edificio), in direzione contraria alla sua naturale tendenza.

Il processo inverso di **raffrescamento estivo** avviene, invece, per naturale tendenza del calore a spostarsi da un corpo più caldo (es. edificio) ad uno più freddo (es. terreno), sempre utilizzando il medesimo impianto termico.

Il sottosuolo può, quindi, essere impiegato come un immenso serbatoio termico, dal quale è possibile estrarre calore d'inverno ed al quale cedere calore d'estate.

Precauzioni devono essere prese per evitare il riscaldamento eccessivo delle falde acquifere.

Biomassa



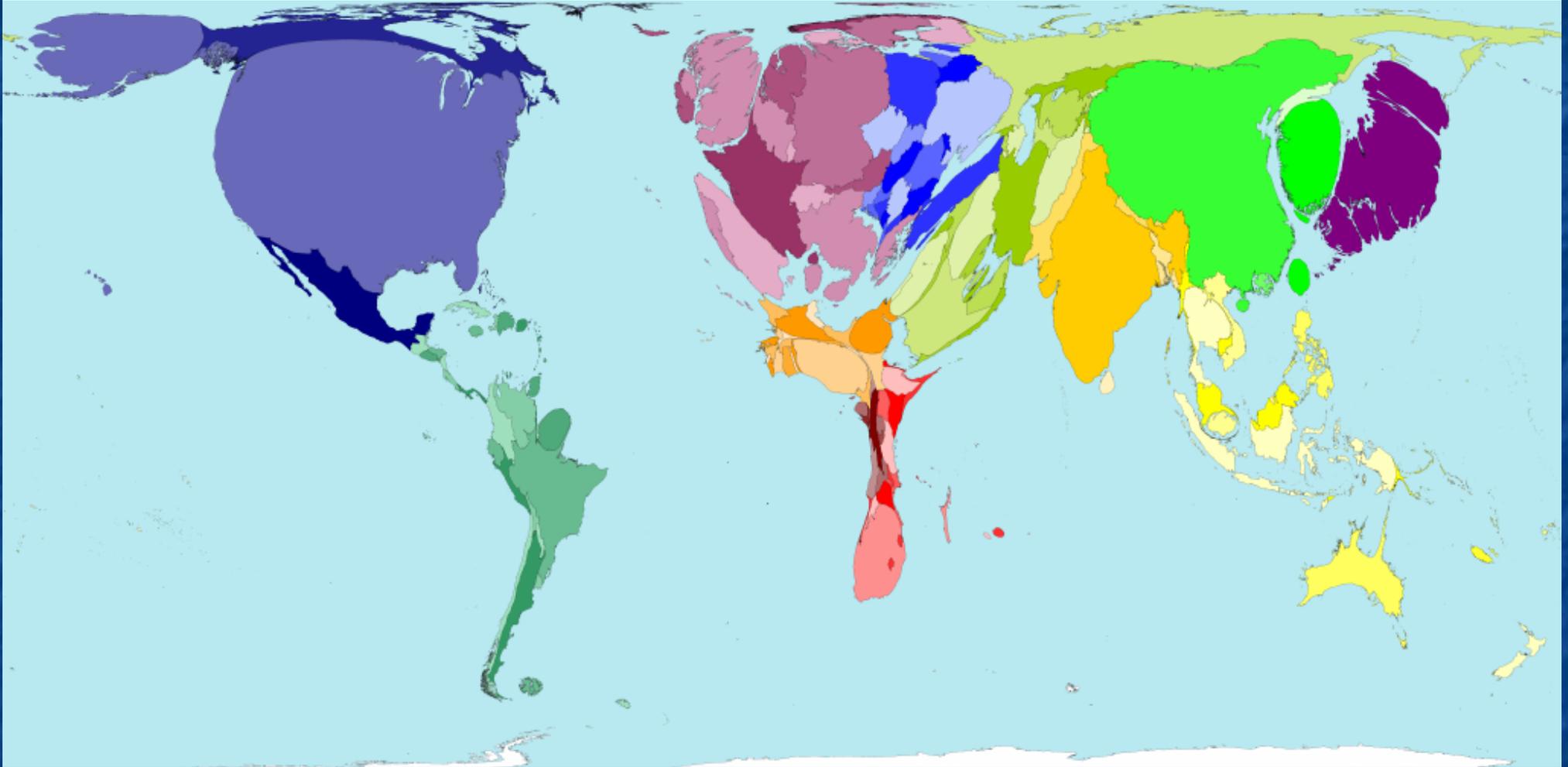
Biomassa

Il termine “biomassa” in senso generale indica tutte le forme di materia organico- biologica, animale o vegetale, prodotte sulla Terra. E’ quindi un termine che è stato coniato nel campo delle Scienze Naturali per indicare la quantità di materia vivente o la massa della biosfera in un determinato comparto ecologico o in tutto il pianeta. Storicamente, Il concetto di “biomassa” fu usato per la prima volta negli anni ‘20 del XX secolo dallo scienziato russo Vladimir Ivanovich Vernadsky. Questi si proponeva di misurare la massa di tutti gli esseri viventi sul pianeta. Vernadsky tuttavia non utilizzò mai il termine “biomassa”. Esso fu introdotto per la prima volta nel 1924 dallo zoologo tedesco Reinhard Demoll e ripreso nel 1931 dall’oceanografo Lev Aleksandrovich Zenkevich: «Con biomassa (Demoll) si indica la quantità di sostanza costituita da organismi viventi per unità di superficie o di volume.»

Vi sono molti modi diversi di utilizzare la biomassa per fini energetici. Il più semplice, ed il più antico, è quello di bruciarla. Abbiamo visto come la scoperta del fuoco, cioè del modo di controllarlo e generarlo fu uno dei passaggi cruciali nell’evoluzione del genere Homo. Altrettanto importante nella storia umana è stata la scoperta che il carbone di legna (charcoal) aveva un potere calorifico superiore alla legna e, proprio per questo, permetteva lo sviluppo di tecniche metallurgiche non disponibili con l’uso della sola legna. Il carbone di legna fu per millenni una delle fonti energetiche più importanti per la società umana nella fase preindustriale. Avevamo visto, nella lezione sulla preindustrializzazione, come i carbonai fossero i produttori di una delle risorse energetiche più importanti dall’antichità ai tempi moderni. Il carbone vegetale (charcoal, carbonella di legna) era infatti indispensabile per le fornaci usate nelle tecnologie metallurgiche. Si pensi che anche l’oro non fonde facilmente in un fuoco di legna.

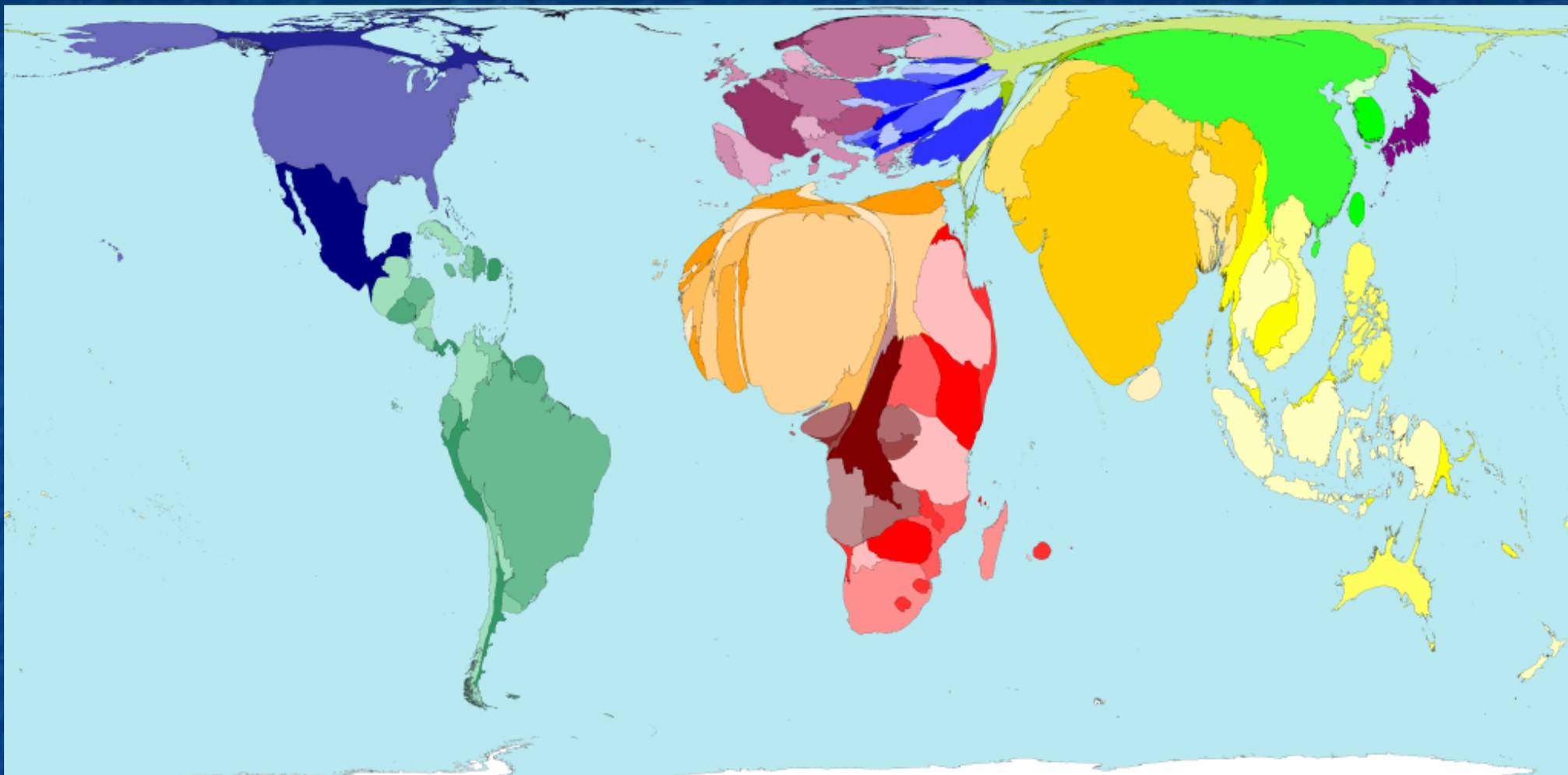
Si stima che nel mondo la biomassa copra ancora oggi una percentuale consistente del fabbisogno energetico umano, specialmente nei paesi in via di sviluppo. I combustibili tradizionali che accanto al carbone vegetale contano vari tipi di scarti agricoli e animali, giocano ancora oggi un ruolo essenziale nei paesi sottosviluppati. Si veda il confronto fra le cartine prodotte da <http://www.worldmapper.org> in cui l'area di ogni paese è proporzionale al consumo delle categorie di combustibili indicati. Nella prima figura è rappresentata la mappa del mondo relativa al consumo totale di energia primaria che include tutte le fonti "moderne": le fonti fossili, il nucleare, le rinnovabili e l'idroelettrico. La seconda invece è relativa al consumo di combustibili tradizionali definiti nella didascalia della figura.

Uso dei combustibili



Worldwide fuel consumption averages 13 barrels of oil equivalent per person per year. The highest per person fuel users (in Luxembourg) use almost a hundred times more fuel per person than the lowest fuel users (in Bangladesh).

Combustibili tradizionali

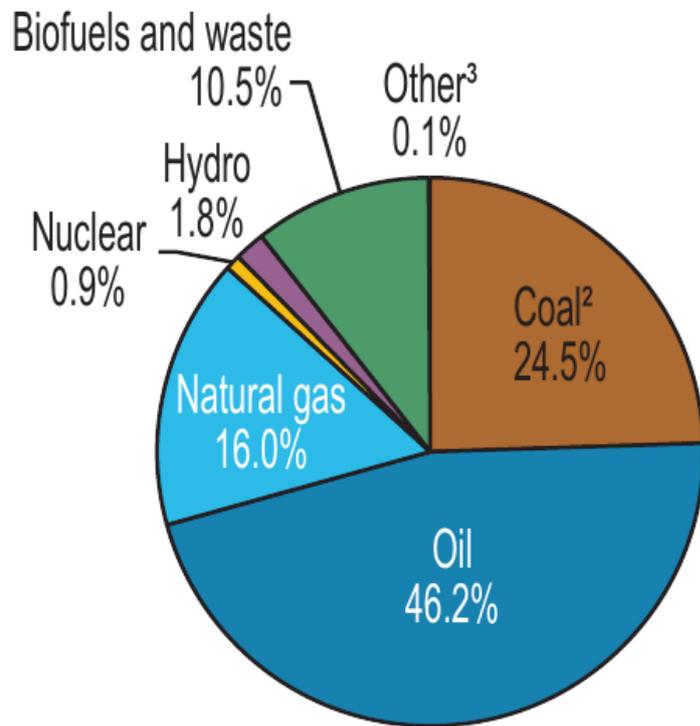


Traditional fuel in
and vegetable w

Sempre a questo proposito l'IEA (International Energy Agency. Agenzia intergovernativa incaricata di consigliare i governi dell'OCSE sui temi dell'energia) stima in un 10% la percentuale di consumo di combustibili tradizionali a livello mondiale (si veda la categoria Biofuels & waste nella figura che segue). Tale percentuale è costante da 40 anni.

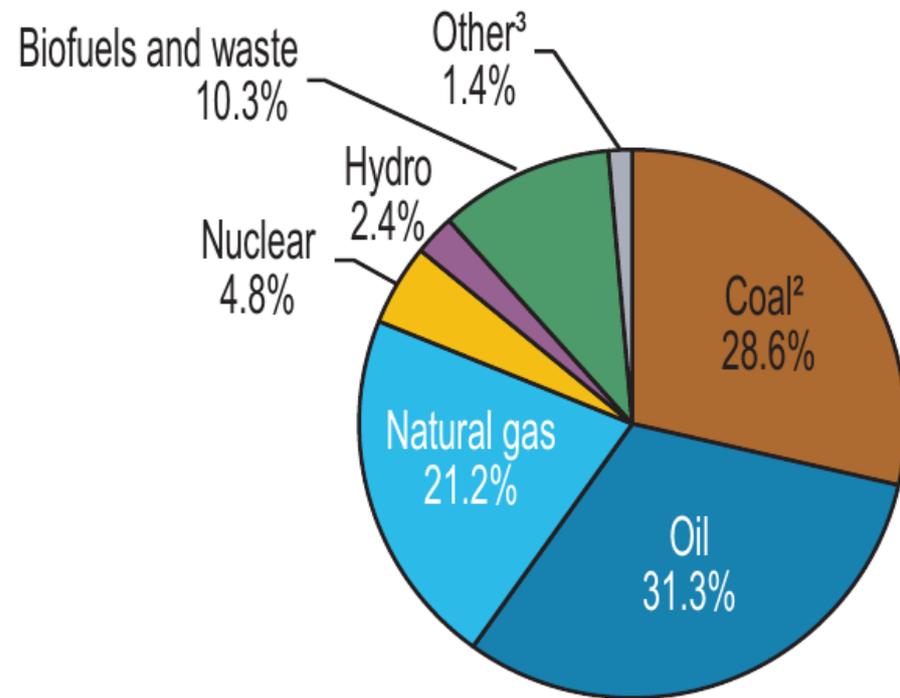
<http://www.iea.org/>

1973



6 101 Mtoe

2014

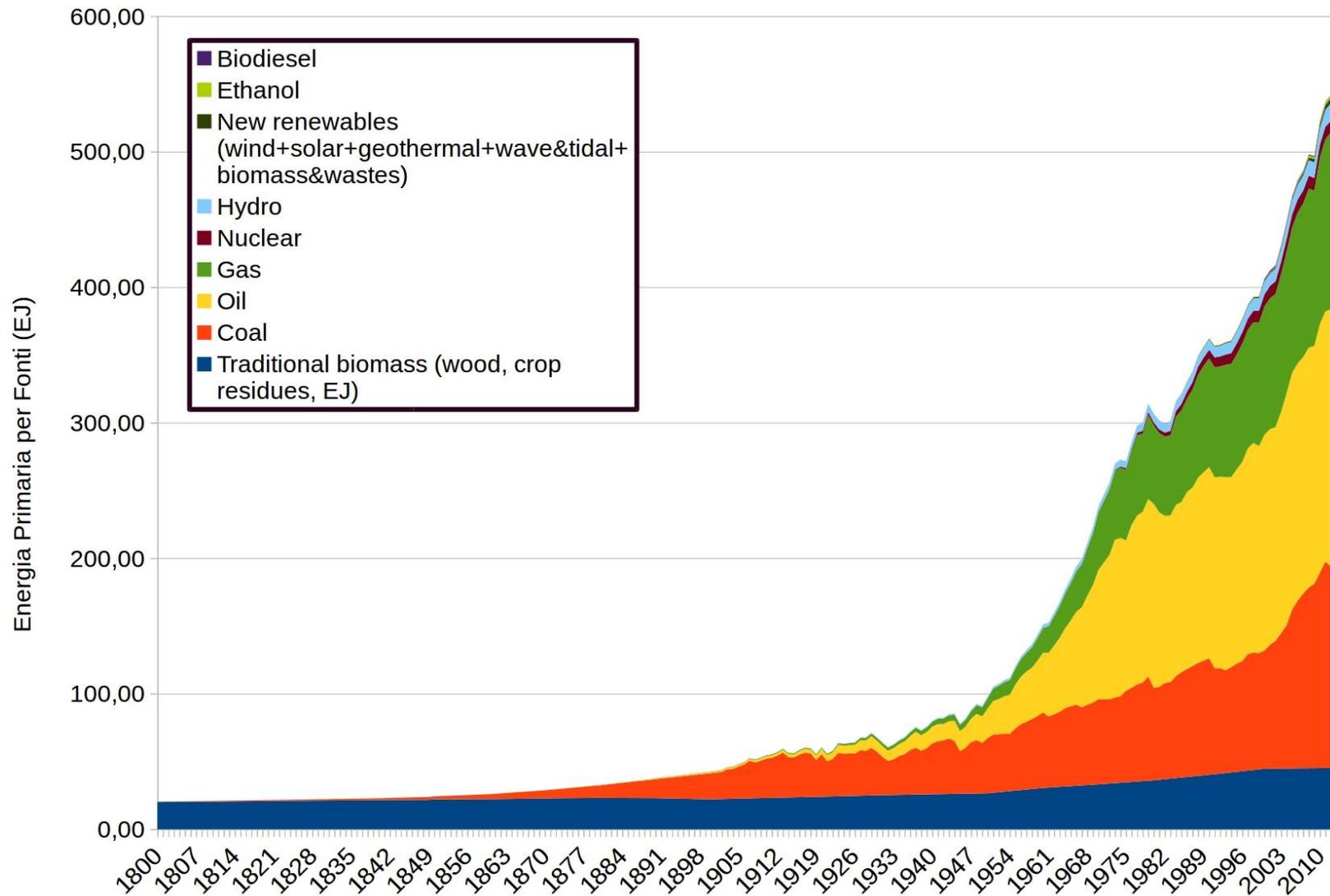


13 699 Mtoe

1. World includes international aviation and international marine bunkers.
2. In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.
3. Includes geothermal, solar, wind, heat, etc.

IEA 2016 Key World Energy Statistics. Confronto TPES 1973- 2014.
TPES = Total Primary Energy Supply.

Uso di tutte le fonti di energia dal 1800 ad oggi, in Exa Joule (EJ = 10^{18} J)



L'uso di certe categorie di biomassa è spesso segno di povertà anche estrema. Recentemente alcune iniziative imprenditoriali e di ONG hanno cercato di introdurre in Africa stufe per riscaldamento e per cottura più efficienti di quelle tradizionali. Ma resta il fatto che, specialmente nelle situazioni più drammatiche tipo quelle che si verificano dove ci sono migrazioni di massa dovute ai conflitti, l'uso della biomassa (essenzialmente legno) sia un problema sociale ed ecologico, incrementando la deforestazione ed il denudamento dei suoli.

Cottura tradizionale del cibo



Stufe efficienti



Campo profughi del Burundi In Congo. Nel 1994, il genocidio in Ruanda, creò **due milioni** di profughi, molti dei quali trovarono rifugio in quello che all'epoca si chiamava Zaire, oggi Repubblica Democratica del Congo.

Guerre e migrazioni. Aumento dell'uso della biomassa. Intensificazione del processo di deforestazione



Prenota il tuo weekend nei nostri appartamenti in bioedilizia nel cuore dei paesaggi UNESCO di Langhe Roero Monferrato

www.greeneria.it | info@greeneria.it

Siamo anche su

cerca su greenews.info

- POLITICHE
- PROGETTI
- PRODOTTI
- PRATICHE
- IDEE
- EVENTI
- RECENSIONI
- NORMATIVE
- GREEN ECONOMY
- SMART CITY
- RUBRICHE
- INFO
- MEDIKIT
- LOGIN
- COOKIE POLICY

HOME » CAMPIONI D'ITALIA » RUBRICHE » ELSA STOVE: LA STUFA ECOLOGICA A ZERO FUMO, DA UDINE ALL'AFRICA:

Elsa Stove: la stufa ecologica a zero fumo, da Udine all'Africa

agosto 5, 2015 | Campioni d'Italia, Rubriche



Gli scienziati dell'**Università di Udine** che l'hanno brevettata l'hanno chiamata **Elsa**, come la leonessa protagonista del bestseller "**Nata libera**". Perché si augurano che la loro **stufa a pirolisi, in grado di produrre calore e carbone vegetale a basso impatto ambientale**, si diffonda in **Africa** di villaggio in villaggio senza troppi ostacoli, ma anche perché per i piccoli artigiani e imprenditori africani **Elsa Stove** è

NEWSLETTER SETTIMANALE

Inserisci la tua email

NOTIZIE DALLE AZIENDE

INGRID: in Puglia un progetto per lo stoccaggio di idrogeno allo stato solido

marzo 28, 2017



Sfruttare al massimo l'energia generata da fonti rinnovabili, superando i limiti che le caratterizzano, quali discontinuità e picchi di sovrapproduzione. È questo l'intento di INGRID, il progetto europeo di ricerca finanziato nell'ambito del 7°

Programma Quadro che offre una soluzione tecnologica che consente lo stoccaggio in forma di idrogeno allo stato solido, attraverso dei dischi [...]



GREENEWS.info
Leggi le nostre
Green News
in esclusiva su



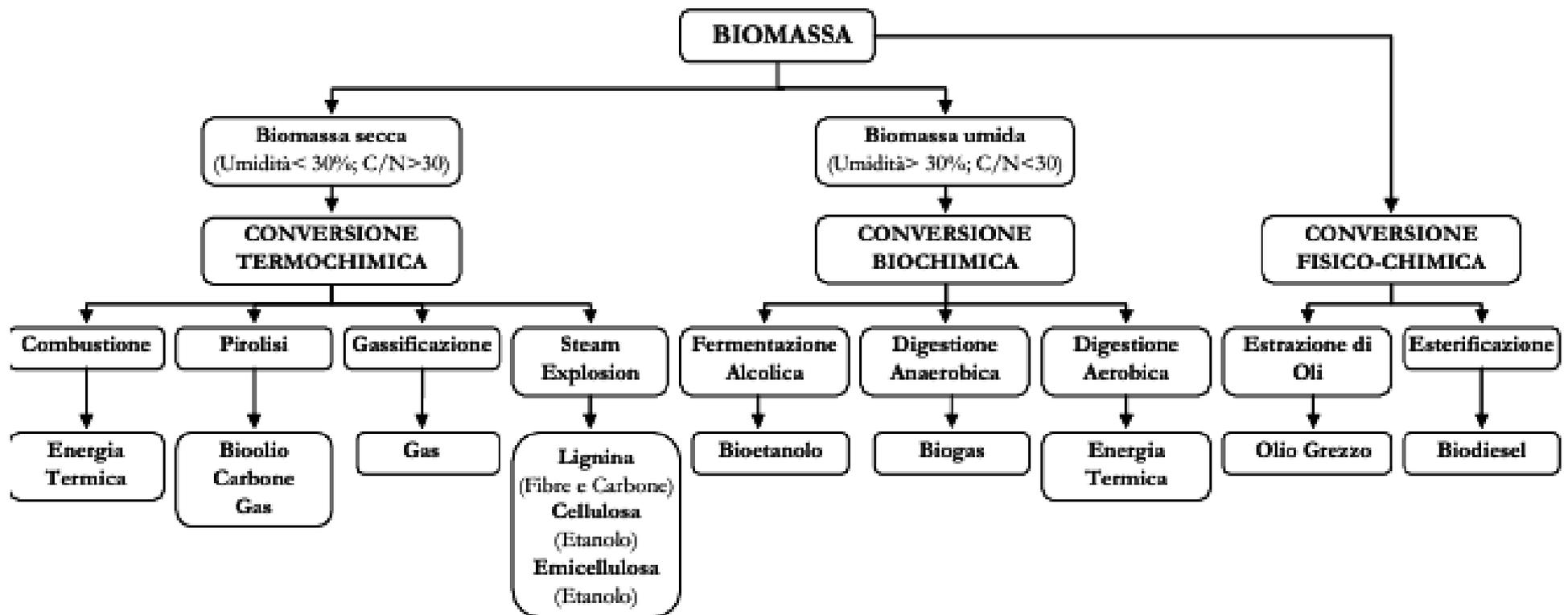
Tecnologie energetiche basate sulla biomassa

Per una definizione di biomassa a livello normativo possiamo fare riferimento alla definizione contenuta nella direttiva della Comunità Europea 2009/28/CE , ripresa testualmente nella normativa italiana dal D.Lgs. 28/2011, che indica con il termine *biomassa* «**la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.**»

Nell'accezione moderna la biomassa per usi energetici è prodotta o usata secondo lo schema della pagina seguente.

La **combustione** non ha praticamente nessun segreto, è una semplice reazione chimica che porta la massa organica secca a CO_2 H_2O , ceneri e fumi contenenti varie sostanze incombuste (la fuliggine, particelle più o meno piccole ecc). L'efficienza della combustione dipende sia dalla qualità del bruciatore (la stufa) sia dalla qualità del combustibile. Il potere calorico dei diversi tipi di legna infatti è variabile.

Energia dalla biomassa



Conversione termochimica. Pirolisi

Oltre alla combustione si usano le seguenti tecniche di conversione termica:

1) **Pirolisi**. La **pirolisi** è un processo di decomposizione termochimica di materiali organici che avviene a temperature comprese tra i 400 e gli 800 °C, in completa assenza di agenti ossidanti (aria, ossigeno), o, se presenti, in una limitata concentrazione (Demirbas et al., 2009). Dal processo di pirolisi si sviluppano tre prodotti finali: una componente aeriforme (20-30%), una oleosa (30-50%, bio-olio) e una solida detta *char* (20-40%). La frazione aeriforme prodotta è caratterizzata da un elevato rendimento termico a livello calorifero e andrà dunque ad alimentare l'impianto pirolitico stesso. La frazione oleosa, il bio-olio, potrà funzionare come combustibile negli impianti di riscaldamento oppure potrà essere impiegato come materia prima per la produzione di altri combustibili. La porzione solida del prodotto pirolitico invece costituisce un combustibile a sé stante essendo costituito principalmente da carbonio. Le tecniche di pirolisi al momento sono tre:

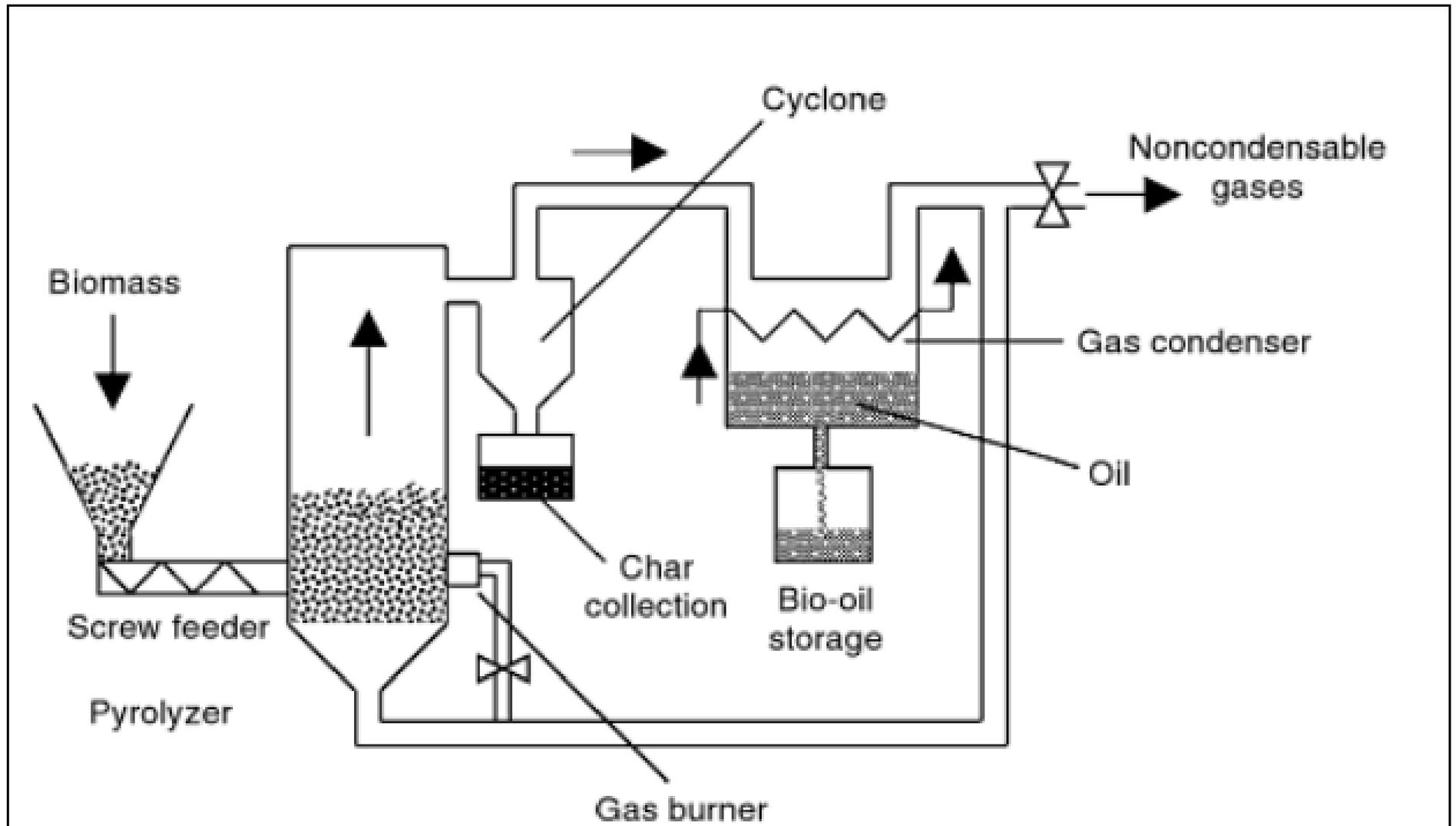
Pirolisi convenzionale: si svolge a temperature inferiori ai 600 °C e produce all'incirca la stessa quantità di gas, bio-olio e char.

Pirolisi lenta: avviene a temperature comprese tra i 300 e i 500 °C. I prodotti si dividono tra un 30/35% di carbone di legna, un 15/20% di miscela di gas e un 25% di composto liquido. Le percentuali fanno riferimento alla massa di sostanza secca originaria.

Pirolisi flash: il bio-olio è l'obiettivo principale di questo tipo di conversione. Utilizzando temperature relativamente basse (500 °C ca.), si ottiene più dell'80% del peso della massa secca. Dove invece l'obiettivo di produzione è il biogas, il processo viene svolto a temperature più elevate (700 °C ca.), ottenendo anche qui l'80% del peso della biomassa iniziale.

La pirolisi rimane tuttavia un processo tuttora in fase sperimentale. Quel che è certo è che la pirolisi veloce (Flash) è la più promettente in termini di rendimento. Consente infatti di ottenere grandi quantità di bio-olio con perdite ridotte. Il bio-olio, oltre ad essere un combustibile con un elevato contenuto energetico, è facilmente trasportabile e non ha problemi riguardanti la conservazione essendo privo di rischi di degradazione.

Pirolisi



Conversione termochimica. Gassificazione

2) **Gassificazione.** La gassificazione è un processo di conversione termochimica che prevede l'ossidazione parziale di un combustibile solido, in questo caso la biomassa, che avviene ad una temperatura che oscilla tra gli 800 e i 1000 °C. Lo scopo è quello di ottenere il syngas. Esso infatti ha un basso contenuto energetico ma una veloce accensione e giunge ad una combustione completa, senza produrre ceneri, anche in presenza di ridotte quantità di aria. Le destinazioni d'uso del syngas possono essere diverse. Può per esempio essere la materia prima di partenza per la produzione di molti altri carburanti (metano, diesel sintetici, benzina, idrogeno, etc.).

Indipendentemente dalla tecnica di gassificazione utilizzata, ogni processo si compone delle seguenti quattro fasi:

Essiccazione: ha lo scopo di eliminare la parte acquosa presente nella biomassa che può costituire dal 5% al 35% del peso totale della materia prima. Ciò avviene per temperature oltre i 100 °C, sfruttando l'evaporazione.

Pirolisi: il processo pirolitico avviene a temperature di circa 600 °C e in assenza di ossigeno. Ne risulta la vaporizzazione dei componenti più volatili della sostanza organica che andranno a formare char e gas di pirolisi.

Ossidazione: in questa fase si procede con l'ossidazione parziale tramite gassificazione (miscela di aria, ossigeno e vapore) del char e delle ceneri che produce calore.

Riduzione: nella fase finale si procede con la stimolazione di specifiche reazioni chimiche endotermiche che, grazie al calore prodotto nella fase precedente, producono i costituenti del syngas (azoto, metano, idrogeno, monossido di carbonio, etc.)

La gassificazione può essere diretta o indiretta. Nella gassificazione diretta il calore sfruttato nell'ultima fase di riduzione proviene direttamente dall'interno del reattore. Quando invece l'energia termica proviene da una fonte esterna al reattore si parla di gassificazione indiretta o pirolitica.

Conversione termochimica. Steam explosion

2) **Steam explosion.** Il trattamento in questione sfrutta come materia prima le biomasse vegetali all'interno di processi idrotermici a basso impatto ambientale per produrre sia materiale direttamente commerciabile (mangime, cellulosa, pannelli in fibra, lignina, etc...) sia beni intermedi utilizzabili in altri cicli produttivi (industria tessile, dolciaria, chimica, ...). La lignina in particolare è un elemento piuttosto utile in quanto può sia essere sfruttata per ottenere energia termica, sia andare a comporre diversi biopolimeri come per esempio gli asfalti o le fibre di carbonio.

Il processo di *steam explosion* comincia dal riscaldamento rapido delle biomasse tramite vapore saturo ad alta pressione, provocando la separazione dei tre substrati che compongono comunemente i vegetali (emicellulosa, cellulosa e lignina). Essendo un processo caratterizzato da diversi gradi di trattamento il risultato finale sfrutta a pieno la biomassa, garantendone un utilizzo totale.

In Italia è stato realizzato un importante impianti di steam explosion all'interno del Centro Ricerche ENEA di Trisaia (MT). Questo impianto può trattare fino a 300 kg/h di biomassa tramite ciclo continuo.

Conversione biochimica. Fermentazione alcolica

1) Fermentazione alcolica. La **fermentazione alcolica** è invece uno dei metodi più antichi per lo sfruttamento delle biomasse. Ampliato e sviluppato tramite le nuove conoscenze nel campo dei processi biotecnologici, è oggi utilizzato largamente nelle filiere alimentari. Questo non ne esclude un utilizzo in campo energetico.

Questo trattamento si basa sul lavoro di batteri e lieviti che fungono da agenti decompositori una volta inseriti nella biomassa vegetale. Tramite la decomposizione della materia vegetale operata da questi agenti si ottiene etanolo (o alcool etilico) e anidride carbonica.

A livello energetico, il prodotto certamente più importante è l'etanolo. Questo è infatti un biocombustibile dalle elevate proprietà calorifere (6.500 kJ/kg ca.) che, miscelato alle benzine, può essere impiegato nel campo dell'autotrazione. È questo un uso largamente diffuso nei paesi sudamericani, primo su tutti il Brasile. In questo paese infatti è cominciato negli anni '70 un processo di conversione di una grande quantità di motori automobilistici che sono stati predisposti all'utilizzo di biocombustibili a causa del problema della sicurezza degli approvvigionamenti di carburante.

Senza entrare nei dettagli tecnici, basti sapere che il processo di fermentazione alcolica per la produzione di bioetanolo si suddivide in tre sezioni principali, ciascuna caratterizzata da una soluzione tecnologica particolare.

La prima per maturità, detta *sezione saccarifera*, prevede la conversione in energia degli zuccheri presenti nella canna da zucchero e nella barbabietola da zucchero. Ciò avviene tramite un processo di fermentazione iniziale, seguito da uno di distillazione che produce bioetanolo con una concentrazione del 95%.

La seconda sezione è detta *amidacea* perché prevede l'utilizzo di materie prime ricche di amido. Dopo una fase di triturazione e disidratazione si ottiene la pasta d'amido che subirà un procedimento molto simile a quello della sezione saccarifera sopra descritto.

Oltre all'etanolo la sezione amidacea espelle una serie di sottoprodotti chiamati DDGS, Distillers Dried Grains with Soluble, principalmente utilizzati per la preparazione di mangimi zootecnici.

L'ultima sezione sviluppatasi in termini temporali è la *sezione cellulosa*. Essendo di recente sviluppo

Biocombustibili

Combustibili liquidi ottenuti da varie parti di organismi vegetali.

Alcooli (principalmente **Etanolo**, ma anche propanolo e butanolo) ottenuti per fermentazione della cellulosa e degli zuccheri

Biodiesel ottenuto dagli oli vegetali estratti da semi oleosi e condizionato attraverso un processo chimico complesso (ed energivoro).

Produzione mondiale 2014: 1,422 milioni di barili equivalenti di petrolio (bep)

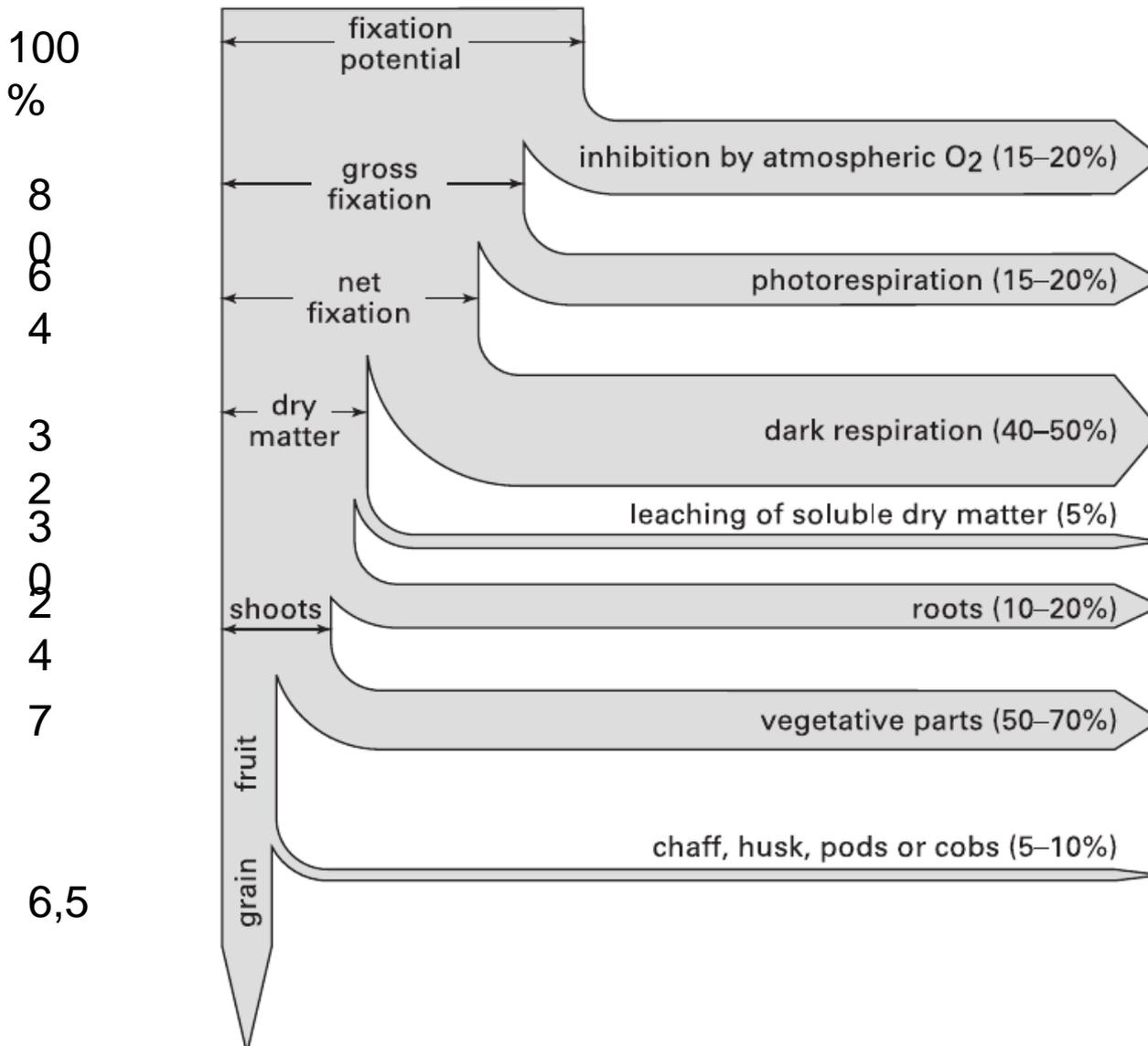
Si discute se l'EROEI sia superiore ad 1. Quindi se sia o meno una sorgente energetica primaria.

Implica lo sfruttamento della fotosintesi la quale, cfr L 6, intercetta e fissa nei tessuti vegetali che possono essere usati per la produzione di biocombustibili, una percentuale piccola dell'energia che cade su un campo. Inoltre la produzione richiede molta energia sotto forma di sussidi esterni necessari alla coltivazione, macchinari, fertilizzanti, fitofarmaci ecc.

Flusso totale (inclusa la fotosintesi marina) = 100 TW

Ma da questo flusso energetico dipende la produzione di cibo e l'intera biosfera esso non può quindi essere impunemente dirottato ad uso di un'unica specie e, all'interno di quell'unica specie, ad uso dei consumatori di combustibili liquidi per il trasporto.

Biocombustibili. Quello che resta della fotosintesi alla fine del processo



Fotovoltaico



Impianto familiare sul tetto



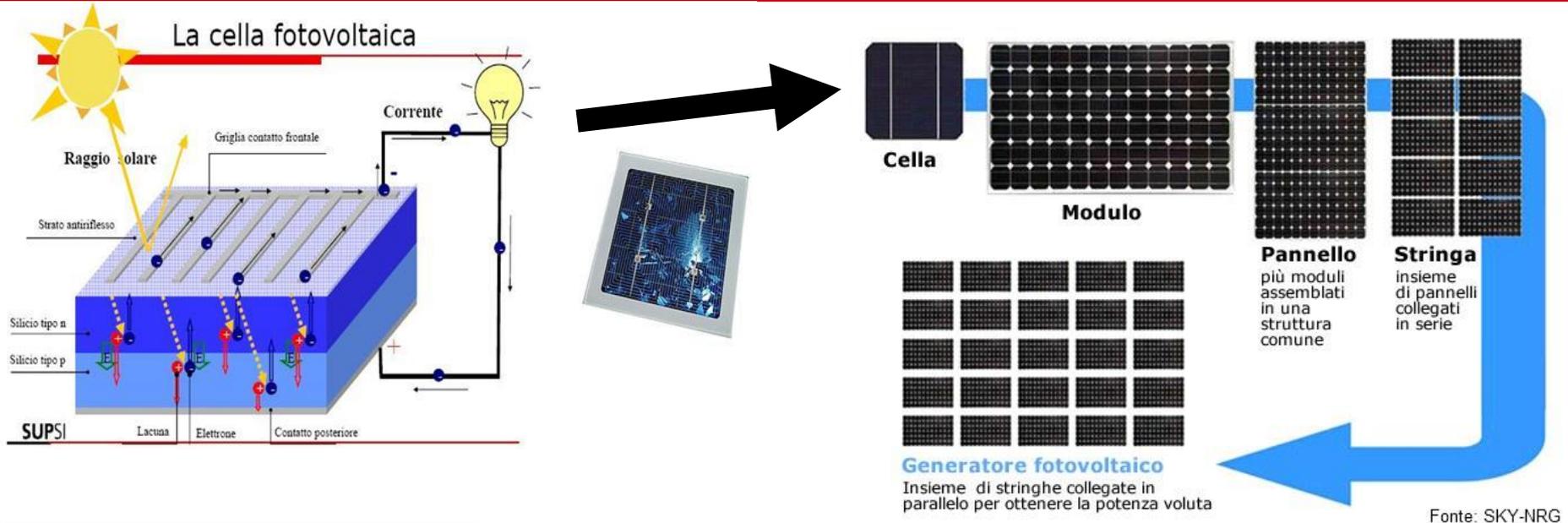
Impianto familiare a terra



Centrali fotovoltaiche a

Fotovoltaico

Un impianto fotovoltaico converte l'energia radiante del Sole in energia elettrica (corrente continua) sfruttando le proprietà di materiali semiconduttori che mostrano, appunto, l'effetto fotovoltaico. La corrente continua viene generalmente trasformata in alternata a 220 V per gli usi delle comuni utenze.



Materiali semiconduttori

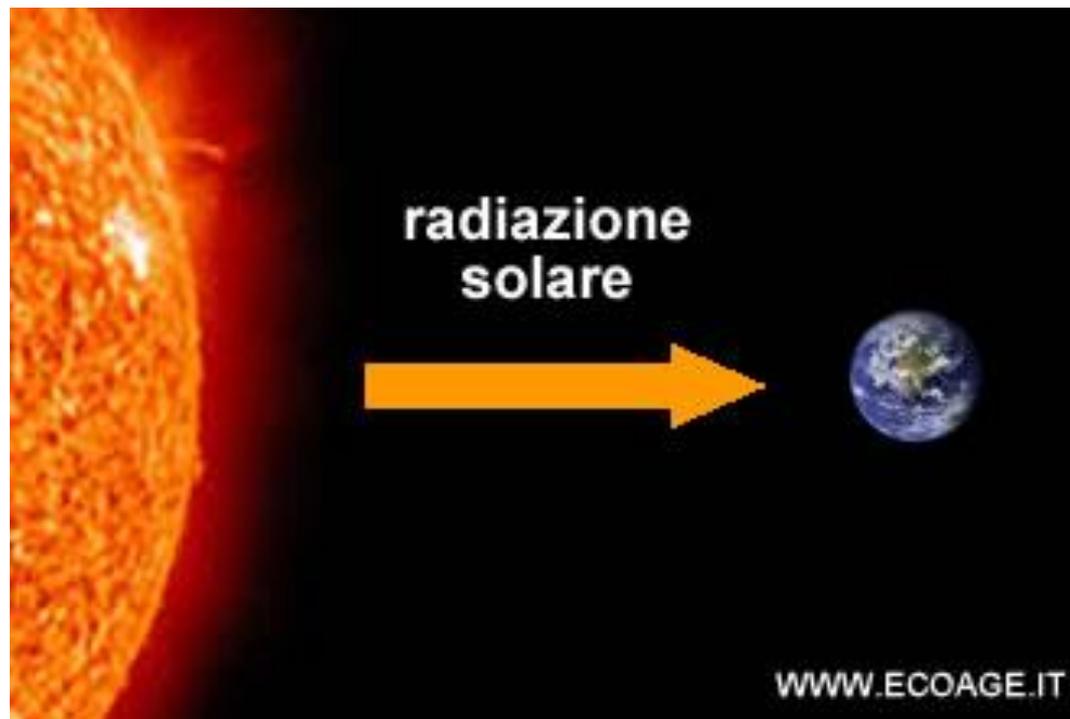
- Silicio cristallino (~90%)
- Silicio amorfo
- CdTe & CdSe
- CIGS: Cu-In-Ga-Se
- Perowskiti
- Organici.

un modulo FV è composto da:

- 80-90% vetro
- 10% circa da metalli e plastica
- 0,1-0,2% da semiconduttori

Solare fotovoltaico entità della risorsa

Flusso solare totale al confine dell'atmosfera 176.000 TW
Flusso totale alla superficie delle terre emerse 30.000 TW
Superficie totale delle terre emerse = 149,45 Milioni di Km²



Efficienza Fotovoltaico

E' la quantità di energia solare che può essere convertita in energia elettrica attraverso l'effetto fotovoltaico. Si tratta di efficienza ottenuta in laboratorio in condizioni standardizzate. Insieme alle condizioni climatiche e alla latitudine (la quale determina l'angolo di incidenza della radiazione solare durante il giorno) determina la quantità di energia elettrica prodotta nel tempo da un impianto fotovoltaico.

$$\eta = \frac{P_{max}}{E * A}$$

Potenza massima erogata dalla cella

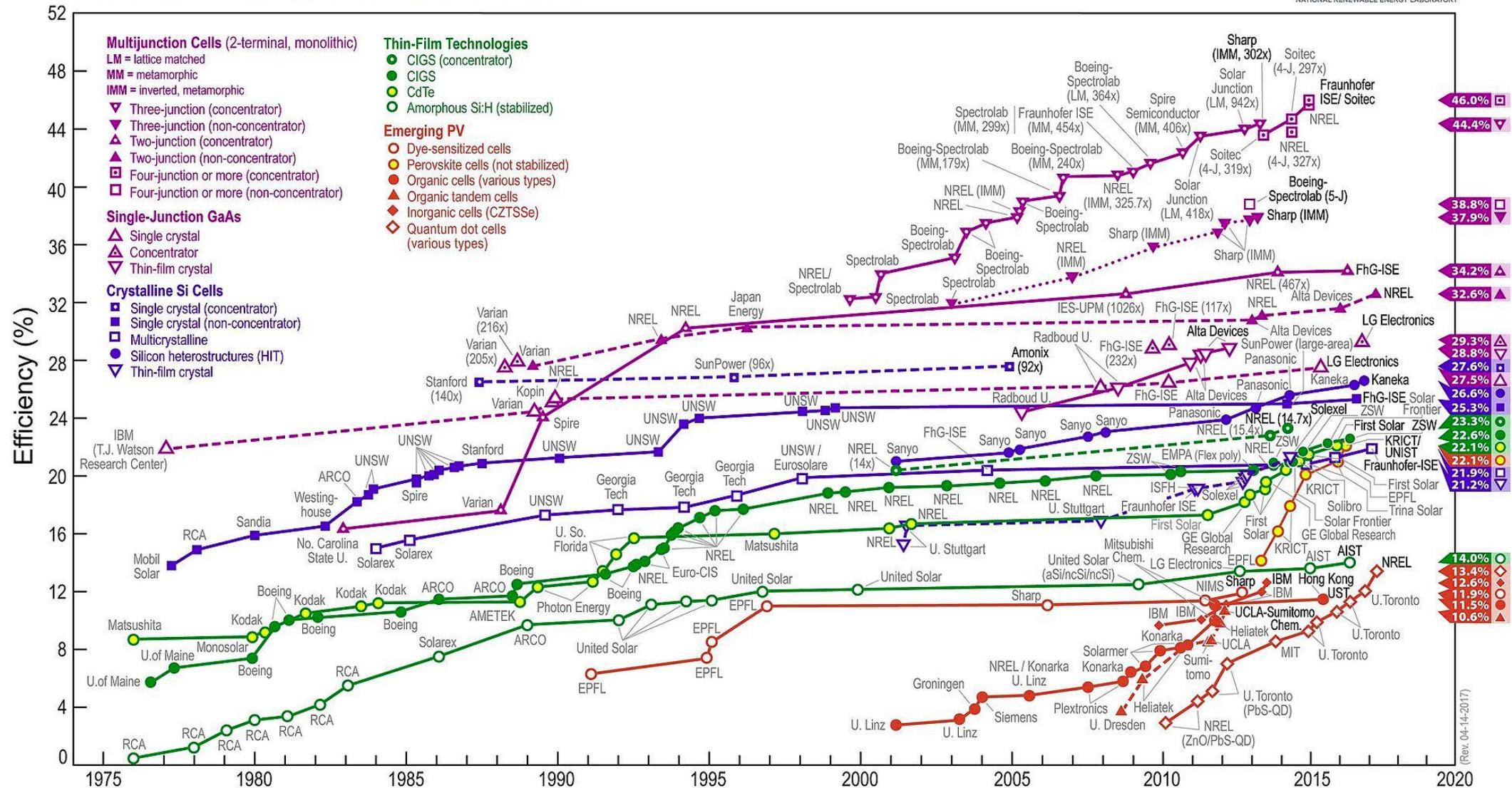
la potenza radiante incidente è uguale al flusso di radiazione E (energia nell'unità di tempo attraverso l'unità di superficie in W/m^2) moltiplicata per l'area A (in m^2) della cella.

Esempio: sistema fotovoltaico con Potenza massima $P_{max} = 400 W$ e area di $3 m^2$.
Se si prende flusso incidente standard di $1000 W/m^2$ si misura un'efficienza del 13 % circa.

$$\eta = \frac{400W}{1000 W/m^2 * 3m^2} = 0,1333$$

Efficienza Fotovoltaico

Best Research-Cell Efficiencies



Fattore di capacità

A questo punto è conveniente fare una breve digressione sul fattore di capacità, un parametro che rappresenta uno dei criteri di merito nella valutazione delle fonti elettriche. Si definisce il fattore di capacità come il rapporto fra la produzione effettiva di un impianto e la produzione potenziale sulla base della potenza nominale dell'impianto e del numero di ore/anno disponibili. In un anno ci sono 8670 ore. Un impianto nucleare, ad esempio, potrebbe funzionare ininterrottamente al massimo della potenza perché non ha problemi di cicli notte giorno e intermittenza delle fonti come per il solare e l'eolico. Lo stesso potrebbe essere per un impianto geotermico. Di fatto anche impianti di potenza che si basano su fonti continue, non possono lavorare 8670 ore/anno alla massima potenza. C'è sempre bisogno di manutenzione e la potenza può oscillare per varie ragioni tecniche o naturali. Il risultato è che il fattore di capacità è sempre inferiore a 1. Ma fra le rinnovabili eolica e fotovoltaica e geotermico e nucleare si osservano notevoli differenze. Nella formula la produzione effettiva è quella reale fornita dalla fonte considerata nell'anno.

$$f_c = \frac{\textit{Produzione effettiva}}{\textit{Produzione potenziale}}$$

Come si vede dalla tabella il fattore di capacità del nucleare e del geotermico (geo- bio indica per l'insieme di geotermico e biocombustibili che nei dati BP sono accorpati) sono molto favorevoli rispetto alle fonti solari ed eolica. La solare è circa la metà dell'eolica. Le stime devono essere comunque continuamente aggiornate.

Fattore di capacità

$$f_c = \frac{\text{Produzione potenziale}}{\text{Produzione effettiva}}$$

$\text{Produzione potenziale} = (\text{Potenza installata}) * (\text{n. ore/anno})$

$$\text{n. ore/anno} = 24 * 365 = 8760$$

	Potenza installata	Produzione	fc
Fonte	GW	TWh	%
solare FV + conc	487,8	584,6	13,68
eolico	564,3	1.270,0	25,69
geo-bio	146,0	625,0	48,87
nucleare	396,4	2.701,0	77,78
Idroelettrico	1.292,6	2.702,0	23,86
Italia solare	20,1	23,2	13,18

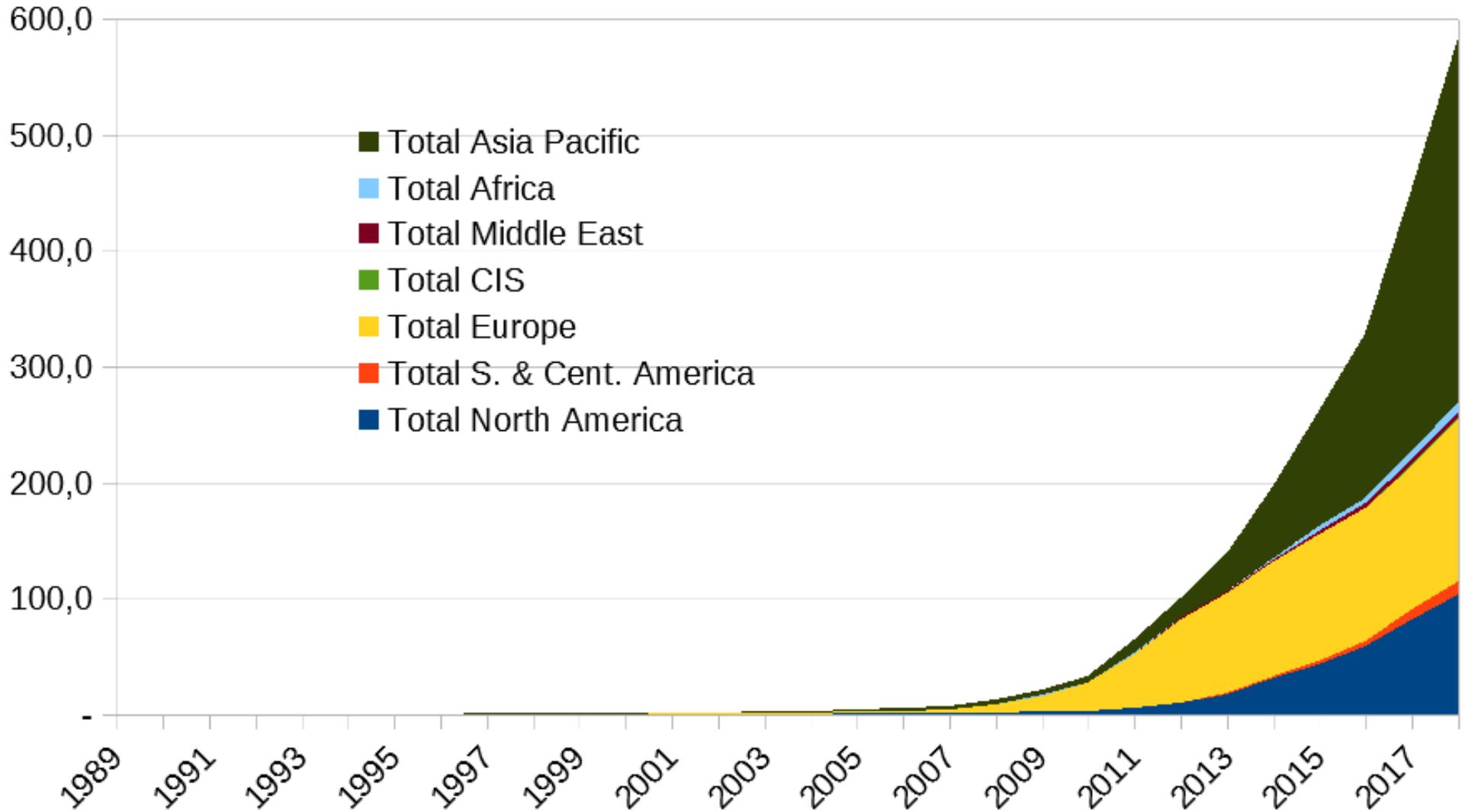
Solare elettrico nel mondo

(fotovoltaico e solare a concentrazione).

Solar generation (TWh)	Solar generation (TWh)			Growth rate		Share
	2016	2017	2018	2018	2007-17	2018
Total North America	58,7	82,5	102,9	24,7%	53,5%	17,6%
Total S. & Cent. America	5,0	7,5	12,4	66,7%	92,8%	2,1%
Total Europe	114,0	124,5	139,1	11,7%	41,7%	23,8%
Total CIS	0,6	0,8	0,9	14,9%	na	0,2%
Total Middle East	3,5	4,4	6,1	38,8%	191,4%	1,0%
Total Africa	4,9	6,6	9,0	36,6%	59,1%	1,5%
Total Asia Pacific	141,8	227,2	314,2	38,3%	55,5%	53,7%
Italy	22,1	24,4	23,2	-4,7%	90,4%	4,0%
Total World	328,4	453,5	584,6	28,9%	50,2%	100,0%
Total World solar capacity (GW)	298,2	392,3	487,8	24,4%	47,6%	100,0%
Capacity factor	12,57%	13,20%	13,68%			

13,7% fattore di capacità 2018

Storico della produzione di energia da solare 1989- 2018 (TWh)



Energia eolica



Torri eoliche in zona
agricola



Torri eoliche su
crinale



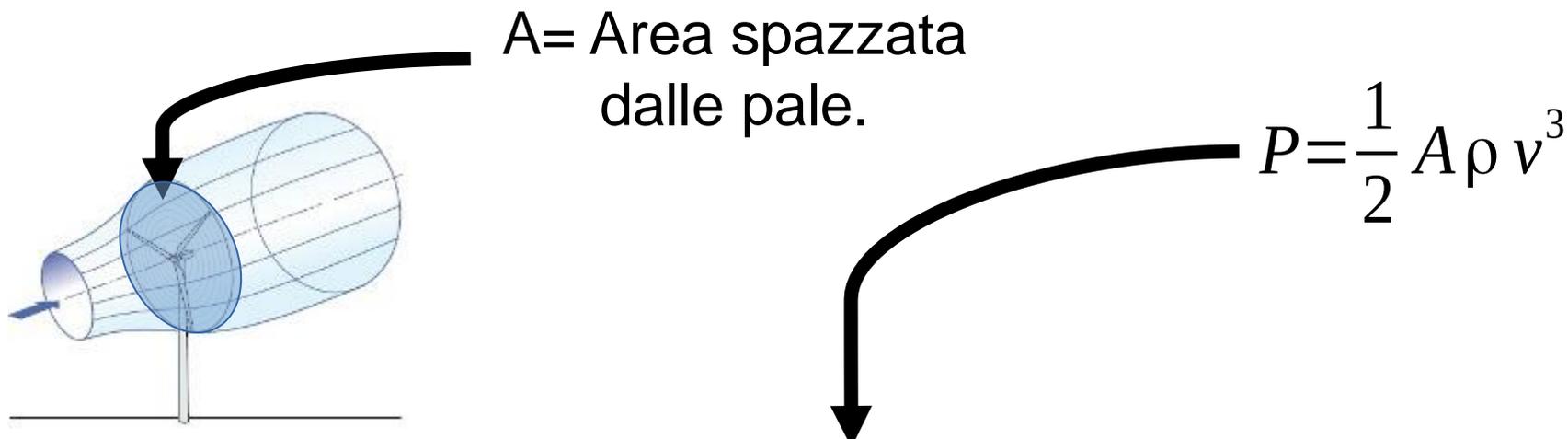
Torri eoliche off-
shore



Grande centrale

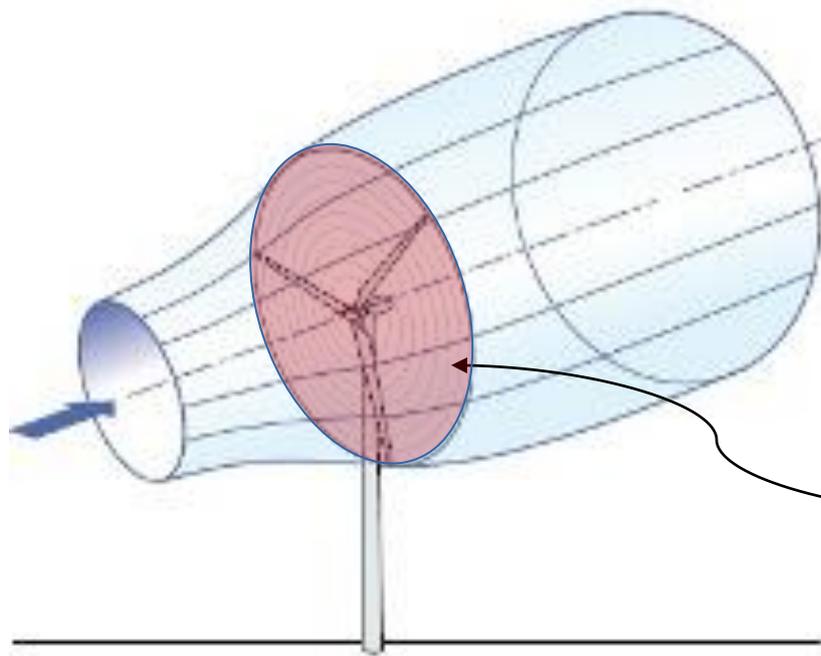
La fonte eolica è una fonte energetica che ha origine solare indiretta. Sono i gradienti di temperatura nell'atmosfera che generano i flussi di aria che costituiscono i venti. Esistono mappe dettagliate delle principali correnti eoliche alle diverse quote. Quello che si riscontra è che man mano che ci si allontana dalla superficie gli effetti di turbolenza e discontinuità determinati dall'orografia diminuiscono ed aumenta la velocità media dei flussi eolici. Poiché la potenza estraibile da un flusso eolico dipende dal cubo della velocità del flusso è ovvio che si tenda ad andare sempre più in alto per captare flussi con velocità maggiori. Questa tendenza ha un limite strutturale che, ragionevolmente, è stato raggiunto con le mega torri eoliche alte 150 -200 metri.

La potenza estraibile da un flusso di aria può essere calcolata prendendo l'area coperta dalle pale dell'impianto moltiplicata per la densità dell'aria (a quella quota) per la velocità del flusso alla terza potenza:



Unità di misura: Area* densità* velocità³ = metri² * Kg/metri³ * metri³/secondi³ =
= Kg m² s⁻³ = Kg m² s⁻²/s = Joule/secondi = Watt (unità della potenza)

Energia dal vento



Potenza estraibile dal
flusso eolico (W/m^2)

$$P = \frac{1}{2} A \rho V^3$$

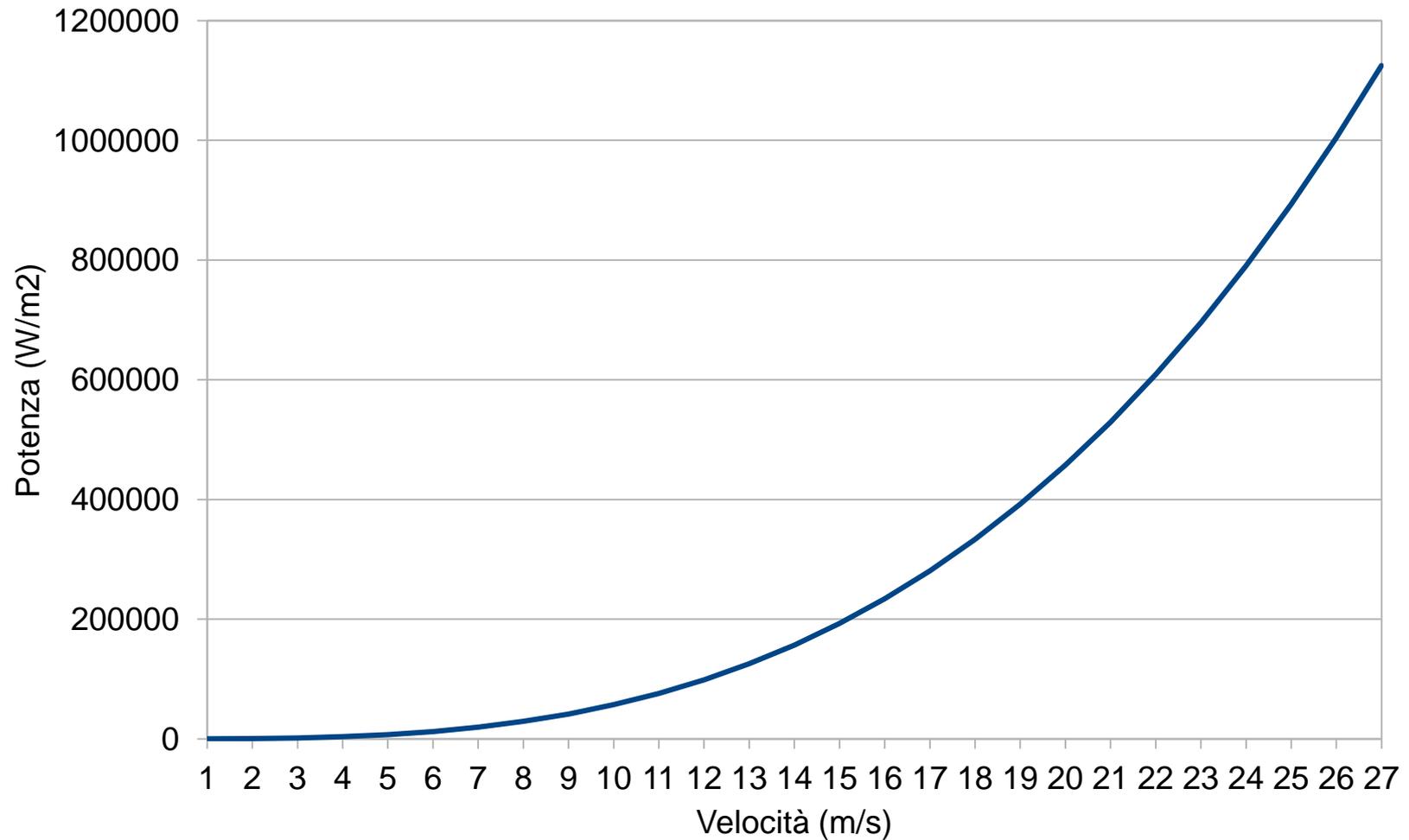
Area
spazzata
dalle
pale

Densità
dell'aria

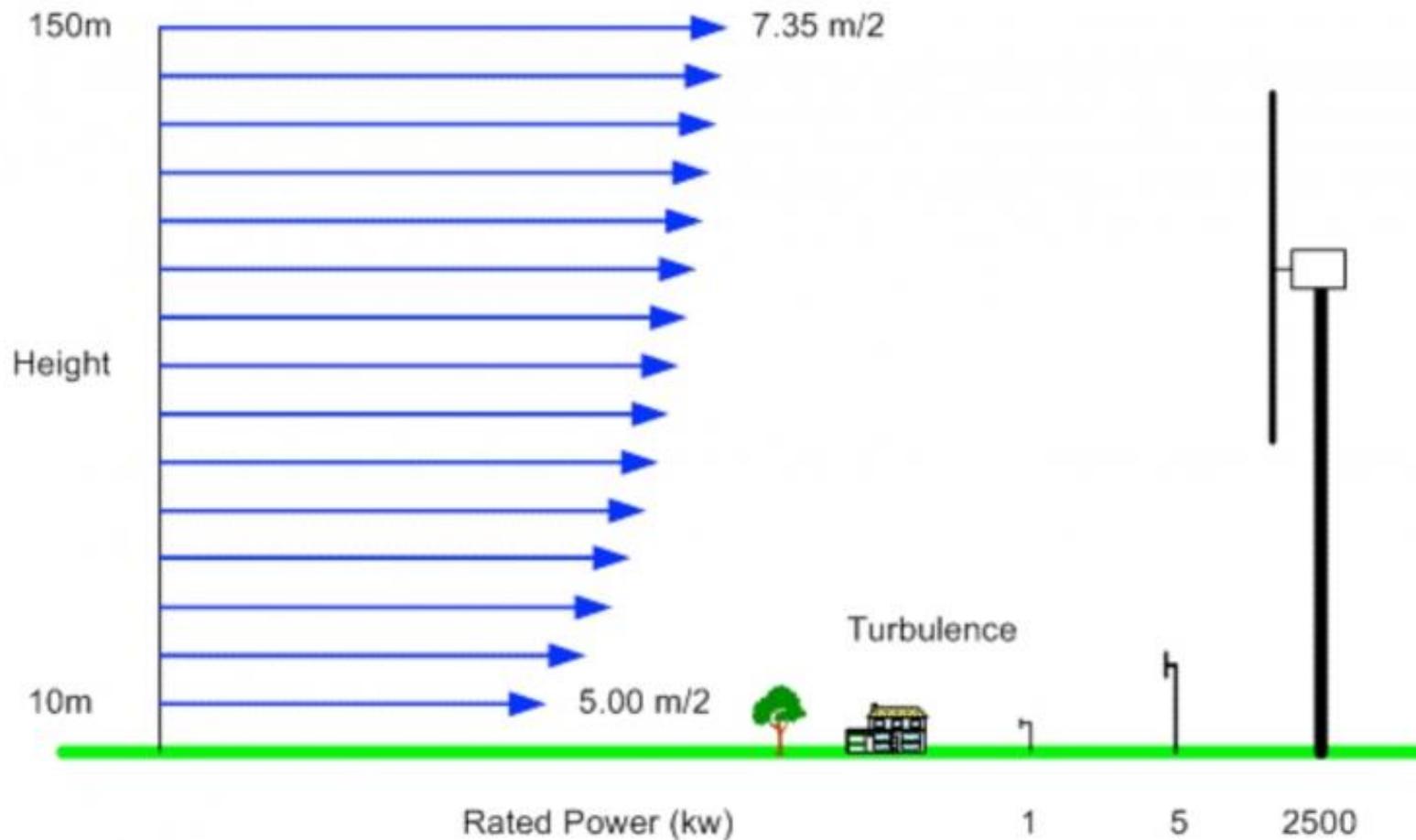
Velocità
del vento

Unità di misura: $\text{Area} \cdot \text{densità} \cdot \text{velocità}^3 = \text{metri}^2 \cdot \text{Kg}/\text{metri}^3 \cdot \text{metri}^3/\text{secondi}^3 =$
 $= \text{Kg m}^2 \text{s}^{-3} = \text{Kg m}^2 \text{s}^{-2}/\text{s} = \text{Joule}/\text{secondi} = \text{Watt}$ (unità della potenza)

Potenza e velocità del vento



Altezza dal suolo e potenza eolica



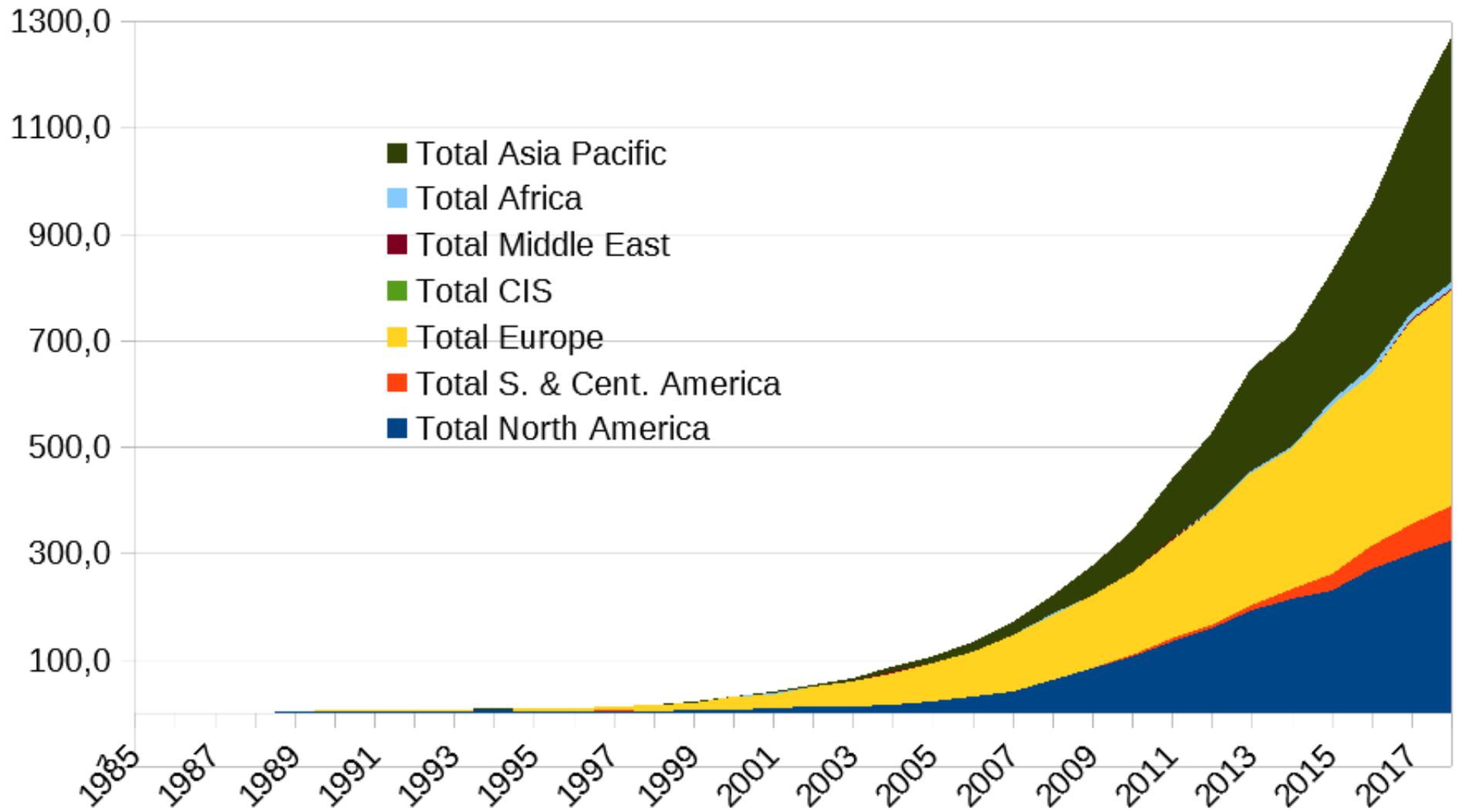
Eolico

Converte l'energia cinetica dei venti in energia elettrica

Flusso eolico totale **1000 TW** di cui **300 TW** sulle terre emerse

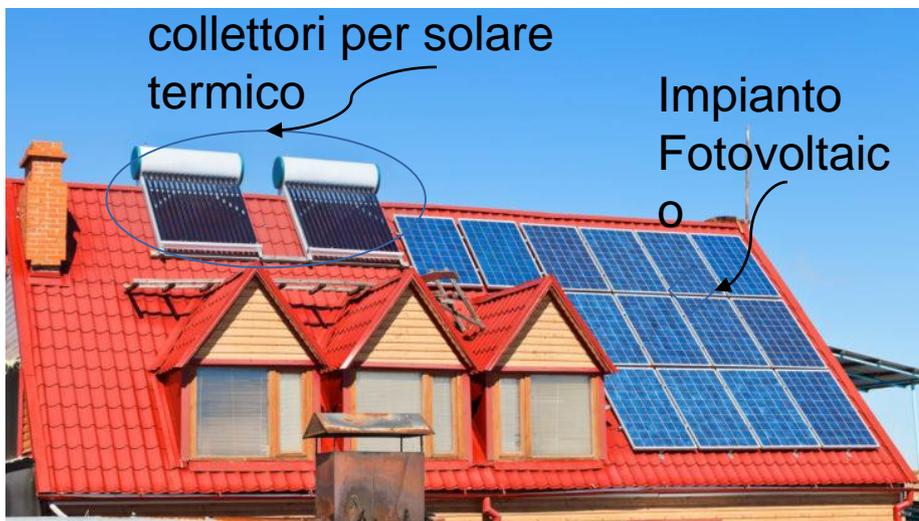
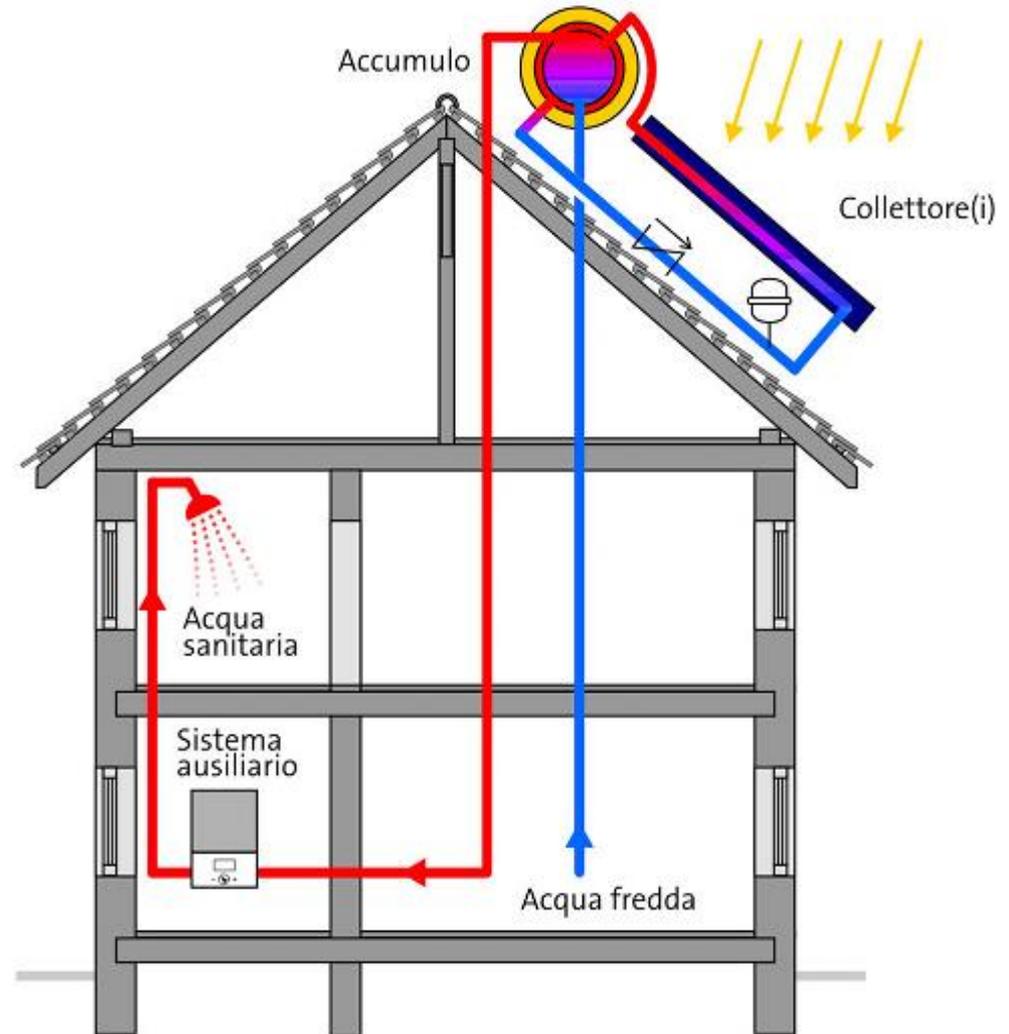
Wind generation (Twh)				Growth rate pa		Share
	2016	2017	2018	2018	2007-17	2018
Total North America	268,8	296,6	322,5	8,8%	22,8%	25,4%
Total S. & Cent. America	45,2	56,1	65,9	17,3%	47,4%	5,2%
Total Europe	323,0	384,3	404,4	5,2%	13,8%	31,8%
Total CIS	0,5	0,6	1,0	63,5%	49,8%	0,1%
Total Middle East	0,7	0,9	1,1	21,4%	18,9%	0,1%
Total Africa	11,3	12,8	14,7	14,8%	28,8%	1,2%
Total Asia Pacific	307,3	376,7	460,5	22,2%	31,4%	36,3%
Italy	17,7	17,7	17,5	--1,5%	16,0%	1,4%
Total World	956,9	1128,0	1270,0	12,6%	20,8%	100,0%
Total World wind cap. (GW)	467,6	515,2	564,3	9,5%	18,9%	100,0%
Capacity factor	23,4%	25,0%	25,7%			

Storico della produzione di energia da fonte eolica 1989- 2018 (TWh)



Solare termico

Intercetta l'energia solare e la converte in calore. Essenzialmente funziona da



Abitazione solare con FV e termico

Solare termodinamico

Converte l'energia solare in energia elettrica in modo diverso dal fotovoltaico. Per mezzo di sistemi di specchi concentra l'energia solare sotto forma di calore ed usa il calore per produrre vapore che fa girare una turbina come in una centrale termo-elettrica.



Limiti e valore delle rinnovabili

Il principale problema legato alle fonti rinnovabili di energia è che sono intermittenti.

L'alternanza giorno/notte e la variabilità meteorologica limitano, al momento, l'estensione della produzione di energia da fonti rinnovabili. L'altro fattore importante è l'elevato livello di investimenti necessario per installare un impianto. Attualmente, data la struttura di distribuzione dell'energia elettrica, cioè data la struttura della rete, la penetrazione delle rinnovabili è limitata dall'intermittenza perché per ogni generatore soggetto a intermittenza è necessario prevedere una certa potenza di rimpiazzo non-intermittente, cioè fossile. Se in una fase della giornata cala il vento o si annuvola il cielo e i generatori eolici o fotovoltaici cessano di immettere in rete la potenza corrispondente o la riducono, devono essere rimpiazzati da potenza proveniente da un impianto termoelettrico convenzionale.

L'intermittenza non deve essere scambiata per imprevedibilità, infatti dato il livello di precisione raggiunto dalle previsioni meteorologiche nell'24-48 ore, in questo intervallo temporale, la produzione elettrica da rinnovabili è programmabile se incrociata con le previsioni meteo.

La rete elettrica potrebbe fornire un sistema di immagazzinamento dell'energia elettrica se, ad esempio, fosse altamente integrata e se il trasporto fosse largamente spostato verso i motori elettrici o ibridi. In tal caso gli accumulatori delle auto in carica funzionerebbero da sistemi di immagazzinamento di energia.

Secondo notizie recenti anche gli impianti a isola, cioè gli impianti fotovoltaici staccati dalla rete e basati sull'accumulo di energia in batterie di accumulatori stanno diventando convenienti nel lungo periodo. E' ovvio che gli accumulatori richiedono un maggiore sforzo economico iniziale.

Tuttavia oggi un impianto fotovoltaico familiare da 2-3 kWp non costa più di una utilitaria. Si tratta sempre di un problema di scelte.

... continua

Uno degli aspetti più volte sollevato a proposito del dispiegamento di un'infrastruttura energetica basata sulle fonti rinnovabili è quello dell'occupazione di suolo.

Nella slide che segue propongo una calcoletto della superficie che sarebbe necessario coprire con pannelli fotovoltaici per produrre l'intero fabbisogno elettrico di un anno per l'Italia.

Dal calcolo risulta che sarebbe necessaria un'area quadrata di circa 50 Km di lato. Con questo ovviamente non si vuole immaginare letteralmente di occupare un'area contigua di queste dimensioni. L'area può essere distribuita sul territorio, ad esempio sui tetti delle abitazioni e dei capannoni industriali, sui parcheggi e sulle strutture commerciali ecc. Anche l'idea di occupare i terreni agricoli marginali non dovrebbe essere esclusa anche perché attualmente gli impianti mantengono il terreno disponibile per altri usi, ad esempio in alcuni casi è possibile far pascolare ovini al di sotto dei pannelli risparmiando anche sul taglio dell'erba.



Limiti e valore delle rinnovabili

Intermittenza.

Programmabilità. Attendibilità delle previsioni meteorologiche nelle 24 ore.

Accumulo. Sviluppo di sistemi di accumulo. Costi aggiuntivi, ma in costante calo.

Dipendenza dalle fossili. Potenzialmente azzerabile.

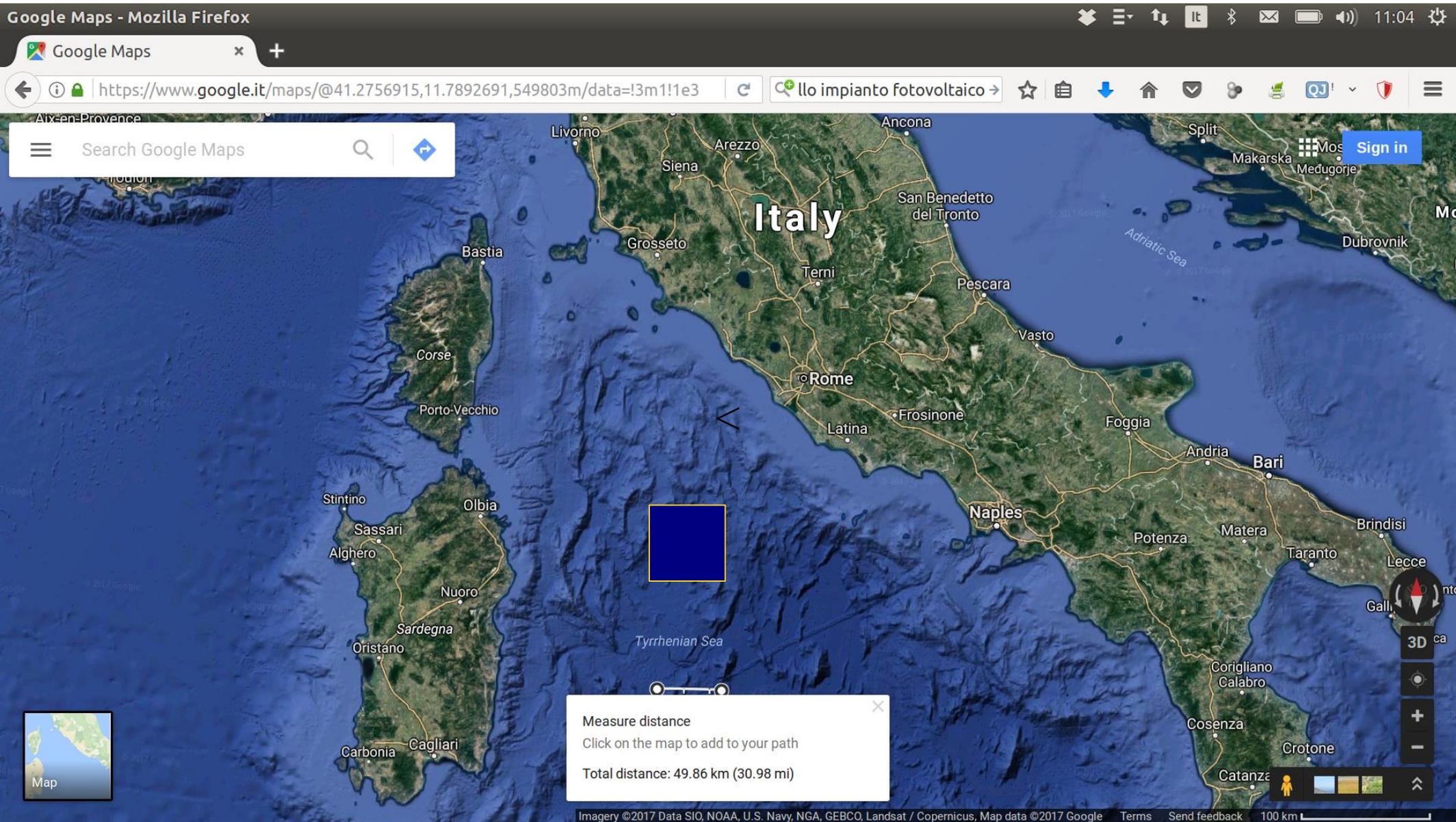
Costo e gravoso investimento iniziale. In costante diminuzione.

Occupazione di suolo. Problema sopravvalutato.

Fonti elettriche. La loro diffusione implica la transizione energetica ad un nuovo paradigma.

Emissioni e riciclo. Emissioni di esercizio ridotte, potenzialmente nulle. I materiali possono essere interamente riciclati e si possono utilizzare materiali abbondanti in natura.

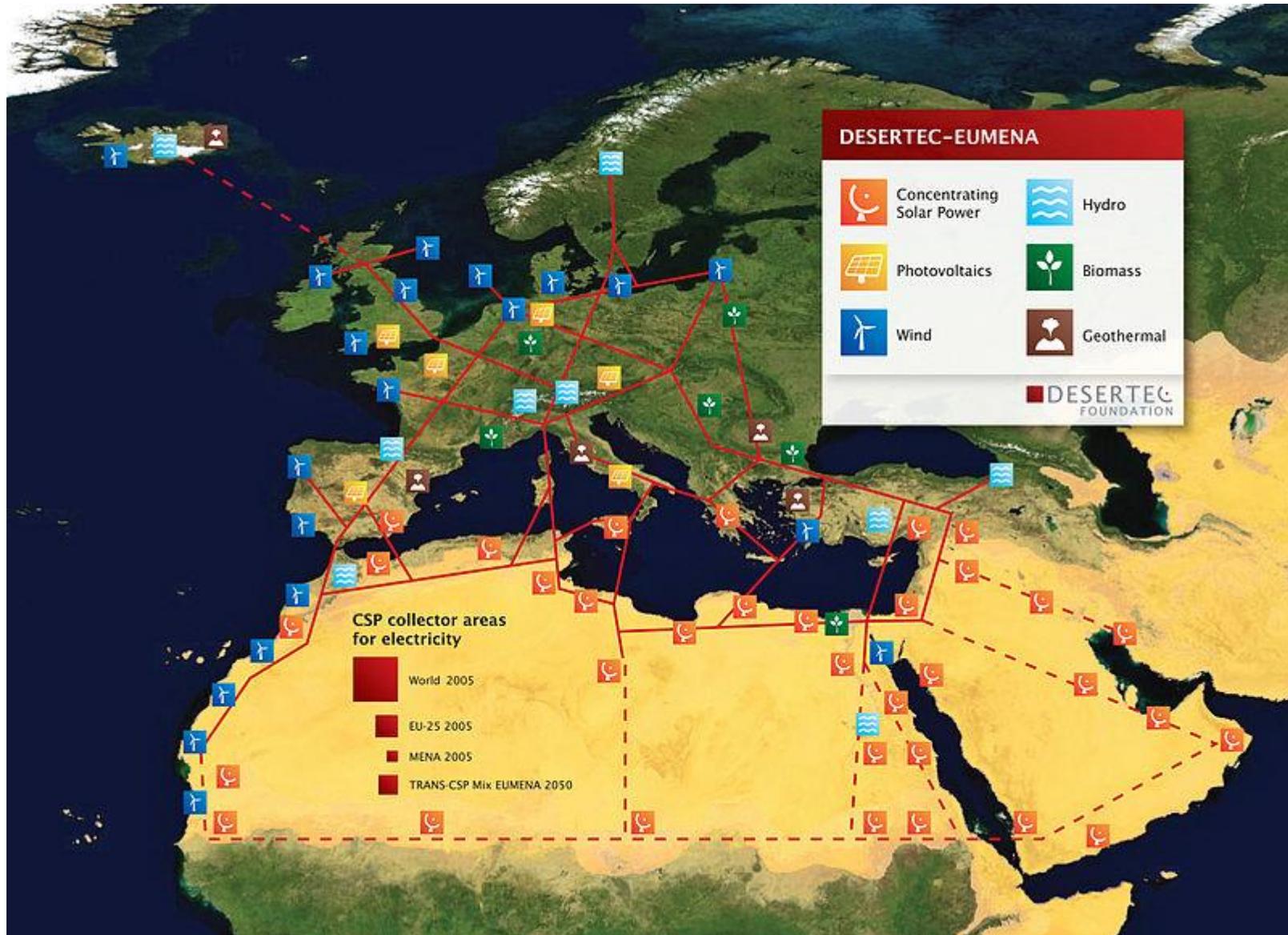
Calcolo dell'area che si dovrebbe "coltivare" a fotovoltaico per coprire l'intero fabbisogno elettrico nazionale italiano.



Il progetto [DESERTEC](#) è un progetto regionale di produzione di energia da fonti rinnovabili esteso all'Europa, al Nord Africa e al Medio Oriente. In questa vasta regione ogni area dovrebbe sfruttare la fonte rinnovabile più conveniente. Quindi l'energia eolica il Nord Europa, la costa atlantica della penisola Iberica e del Marocco. l'energia Idroelettrica nelle aree alpine, l'energia geotermica dove presente (Italia, Spagna, Turchia ..), l'energia fotovoltaica le regioni dell'Europa Meridionale e il Solare Termodinamico (Solare a Concentrazione) il Nord Africa e il MO oltre alla Sicilia e alla Grecia. Nel progetto sono previste anche produzioni di biocombustibili. Il progetto è attualmente in stallo a causa di vari problemi fra i quali, preminenti, i conflitti nel mondo arabo- islamico.

Un progetto di solare a concentrazione era stato sviluppato in Toscana e avrebbe dovuto fornire energia all'ospedale di Empoli. La centrale a concentrazione integrata da una centrale tradizionale a gas (in azione quando c'è assenza di insolazione) era altamente sperimentale e dopo una spesa di diversi milioni è stata abbandonata. Adesso al posto del progetto iniziale c'è un parco fotovoltaico (vedere le diapositive alle ppgg 21 e 22).

DESERTEC



2002

Comunicati stampa del Comune di Empoli - Mozilla Firefox

solare termodinam... x Comunicati stampa... x [Empoli] Quattro i... x Desertec - Wikipedia x Il Solare Termodina... x Prepare For A Dra... x

www.comune.empoli.fi.it/comunicati/index.asp?INCLUDI=2002/10/torri.htm

Most Visited Getting Started

La Rete civica del Comune di Empoli

EMPOLink

in EMPOLI cultura e liberari

HOME cerca newsletter link utili mappa del sito

Ti trovi in: [area stampa](#) > comunicati stampa

COMUNICATI STAMPA

- [ultima settimana](#)
- [cerca per data](#)
- [cerca per argomento](#)

[Indietro](#)

COMUNICATO STAMPA
Empoli, 30 ottobre 2002
Martedì 5 novembre, presso il Palazzo delle Esposizioni, inizio alle ore 9

"Le Torri solari di Empoli. Il sole e l'idrogeno per fermare la guerra infinita"
Un convegno organizzato da Asl 11 e Comune di Empoli

Il Comune di Empoli e l'Asl 11, con la collaborazione E.S.CO SOLAR Spa hanno organizzato un convegno nell'ambito delle iniziative collaterali al Social Forum Europeo. "Le Torri solari di Empoli, il sole e l'idrogeno per fermare la guerra infinita", questo il tema che sarà affrontato al Palazzo delle Esposizioni, martedì 5 novembre.

I lavori avranno inizio alle 9, con il saluto del Sindaco di Empoli, Vittorio Bugli, e del direttore generale della Asl 11, Alessandro Reggiani. Saranno affrontate le tematiche generali legate all'energia, dalle politiche europee per la ricerca nel settore dell'energia, illustrate da Domenico Rossetti di Valdalbero, al Piano Energetico Regionale, che sarà esposto da Marco Gomboli, responsabile dell'Area Energia della Regione Toscana. Sarà presentato il "Progetto solare di Empoli" messo a disposizione da E.S.C.O. SOLAR S.p.A. per l'ospedale di Empoli: la costruzione di un sistema di impianto solare a concentrazione, per la produzione di energia elettrica e calore, che andrà ad alimentare il nuovo polo ospedaliero di Empoli. Un insieme di eliostati (specchi) concentrano la luce solare su una torre in cui è montato un ricevitore integrato ad un ciclo a turbina. Il progetto prevede la costruzione di due torri solari.

Chiuderà i lavori Lorenzo Partessotti, Responsabile Nazionale di Legambiente per le Energie Rinnovabili che parlerà del Sole e l'idrogeno per la pace e lo sviluppo sostenibile.

"Con questo convegno illustreremo il progetto delle Torri solari - spiega il direttore generale della Asl 11, Alessandro Reggiani -, che forniranno energia all'ospedale nuovo. Si apre così un discorso più ampio: vorremmo fare di Empoli un centro importante di studi, un forum sull'energia alternativa, tenendo conto che con le torri solari saremo in grado di sperimentare un progetto sull'energia a idrogeno. In questo, il Comune di Empoli è impegnato al nostro fianco".

"Abbiamo deciso di inserire questo importante convegno - spiega il Sindaco di Empoli, Vittorio Bugli -, nel quadro delle iniziative legate al Social Forum Europeo. Nonostante tante dichiarazioni controverse, comprese quelle pronunciate dal Presidente del Consiglio, Berlusconi, noi restiamo dell'idea che questo debba essere e sia una civile occasione di confronto, con la quale si può aiutare a far crescere le coscienze e le conoscenze. Il Presidente del Consiglio dice che sicuramente ci saranno incidenti: dovrebbe spiegarsi meglio".

ACCESSIBILITÀ - W3C XHTML 1.0 - W3C CSS

Sito ufficiale istituzionale del Comune di Empoli - [COLOPHON](#)

2003



2012

Archivio 2011 - Greenreport: economia ecologica e sviluppo sostenibile - Mozilla Firefox

solare termodinam... x g+ Archivio 2011 - Gree... x 90 [Empoli] Quattro i... x W Desertec - Wikipedia x Il Solare Termodina... x F Prepare For A Dra... x +

greenreport.it/_archivio2011/index.php?page=default&id=15596

Most Visited Getting Started

greenreport.it

quotidiano per un'economia ecologica

HOME ARCHIVIO 2011

[26/04/2012] News toscana

Empoli, come un'ottima idea può finire a ramengo: la brutta storia delle torri solari

Silenziose, abbandonate. Mai entrate in funzione. L'erba e la ruggine se le stanno mangiando anno dopo anno, si sfaldano a pezzi come deperiscono le cose morte. Uno spreco di soldi pubblici di 2,5 milioni di euro. Due torri solari e una distesa di specchi che in otto anni non hanno prodotto un solo kilowatt di energia. Ci hanno costruito davanti il nuovo ospedale San Giuseppe di Empoli. Quattro blocchi su una superficie di 44mila metri quadri, 413 posti letto e otto sale operatorie. Ogni giorno - tra operatori, pazienti e visitatori - accoglie in media 4mila persone. Hanno paragonato il suo stile a quello di un albergo. Camere di degenza con bagno riservato, impianto di climatizzazione, addirittura c'è un personal computer per ogni posto letto. Tutto questo doveva essere, seppur in parte, alimentato da quel grosso spreco che la nuova struttura cerca invano di nascondere. Due torri solari di 25 metri e una serie di 38 eliostati a specchi che avrebbero dovuto trasformare l'energia del sole in elettrica, così da garantire l'illuminazione e la climatizzazione del plesso ospedaliero. Un'innovazione incredibile, prima in Italia e nel mondo. Un progetto che addirittura ripescava idee e brevetti di Albert Einstein. Studi, convegni, presentazioni nelle più importanti fiere del settore, come quella di Bonn: il risparmio energetico che si fa realtà. Non è mai accaduto e le strutture, costruite e mai entrate in funzione, sono morte nella polvere, nido dei piccioni vicino all'Arno che scorre lento e silenzioso. Per realizzarle nel 2002 venne costituita la Esco Solar Spa, una società a capitale misto privato-pubblico, formata tra la Shap Spa (Solar heat and power) di Roma e la Regione Toscana attraverso la Asl 11. Si sarebbe trattato della prima esperienza in Italia di energia elettrica prodotta da due torri solari a concentrazione. Tanto che il progetto vide la collaborazione della DLR (Agenzia aerospaziale tedesca), del Weizmann Institut of Science di Rehovot in Israele e della Tel Aviv University. La Regione Toscana si era impegnata a finanziare il 50% dell'opera con un milione di euro di investimento. Le due torri dell'impianto avrebbero concentrato su di sé le radiazioni solari riflesse dai 1.444 specchi posizionati sui 38 eliostati della struttura (i pannelli che avrebbero dovuto ruotare "inseguendo" il sole). La radiazione solare totale riflessa sulle due torri e immagazzinata da un ricevitore, si sarebbe trasformata in energia e calore attraverso un ciclo a turbina, per essere trasmessa poi all'ospedale. Con una potenza termica pari a 170 kilowatt ciascuna, e una elettrica installata di 80, le torri avrebbero garantito un fabbisogno elettrico annuo di circa 150 posti letto. In pratica si sarebbe trattato di un impianto di cogenerazione alimentato in modo ibrido con gas metano e con il sole. In presenza di sufficiente energia solare il consumo di gas sarebbe stato pari a zero. Ad aprile 2005 l'impianto era quasi stato terminato ma i problemi si erano già dispiegati per intero. Esauriti i fondi della Regione, alla Esco Solar mancava la liquidità necessaria per ultimare i lavori. Il cantiere si fermò, per sempre. La somma spesa ammontava a 2 milioni e mezzo e il matrimonio tra Asl e Shan era naufragato. A

Progetti

Da anni ormai i progetti per nuovi modi di produrre energia rinnovabile abbondano. Alcuni sono fantasiosi, altri irrealizzabili altri ancora promettenti, ma di difficile attuazione. Difficile districarsi nel mondo del rinnovabile e del presunto rinnovabile. Qui basta dire che le fonti rinnovabili esistenti, quelle di cui abbiamo parlato fin qui, sono, da sole, in grado di sostenere una società con un certo grado di industrializzazione, ma, probabilmente, non la copia rinnovabile, della società dei consumi attuale. Da questo punto di vista non ci sarebbe bisogno di nuove invenzioni, ma si sa che l'uomo non può fare a meno di creare tecnologia. Fra i molti progetti in corso di sviluppo consiglio lo studente di considerare il caso della [fusione nucleare](#) (per comprendere i fondamenti della quale dovrebbe bastare la lezione 10 e dell'[eolico di alta quota](#). Il progetto di riprodurre in un impianto industriale il processo che si svolge all'interno delle stelle (e nella bomba H) risale agli anni '50 del secolo scorso, ma ha incontrato notevoli difficoltà e ritardi. Tuttora non esiste un prototipo industriale. Il problema principale della fusione è che il suo costo rischia di essere eccessivo rispetto a quello delle rinnovabili.

Vi sono numerose aziende che tentano di sfruttare le correnti eoliche di alta quota, cioè ben al di sopra dei 150-200 m delle torri eoliche tradizionali. La ragione di questo sforzo dipende dal fatto che tali correnti sono promettenti per due aspetti 1) la velocità del vento che è dipendente dalla distanza dalla superficie terrestre e 2) la maggiore continuità nel tempo. Dato che la potenza estratta dalla corrente dipende, come abbiamo visto, dal cubo della velocità, le correnti di alta quota promettono anche di estrarre maggiore potenza dal vento. Inoltre esse sono meno intermittenti (a migliaia di metri praticamente continue) e dunque potrebbero attenuare, se non eliminare, uno dei problemi principali delle fonti elettriche rinnovabili, l'intermittenza.

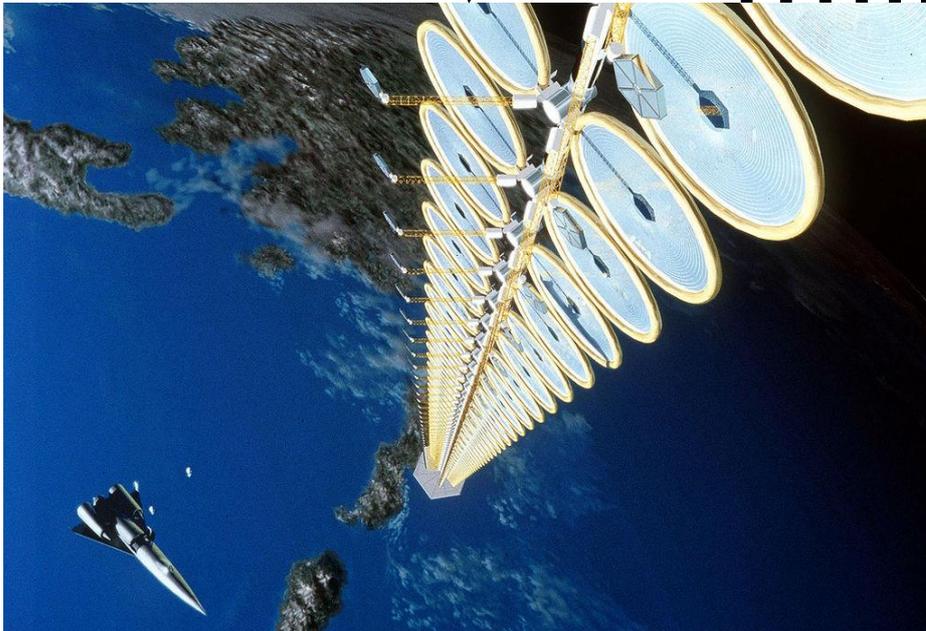
Onde e correnti marine

Onde di marea

Fusione

Venti di alta quota

Fotovoltaico orbitale



$$P = \frac{1}{2} A \rho v^3$$