

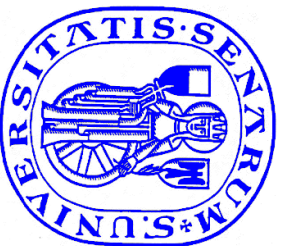
*Corso di perfezionamento 2004/05*

*Giovedì, 21 aprile 2005*

**APPUNTI SPARSI SU UN TEMA  
SEMPLICE (MA NON TROPPO):**

**L'ENERGIA**

Emilio MARIOTTI



1

## **UNA CITAZIONE**

Io non so come il mondo mi vedra' un giorno. Per quanto mi riguarda, mi sembra di essere un ragazzo che gioca sulla spiaggia e trova di tanto in tanto una pietra o una conchiglia, più belli del solito, mentre il grande oceano della verità resta sconosciuto davanti a me.

ISAAC NEWTON (dai Principia)

2

# LA DOMANDA FONDAMENTALE

- **COS'E' L'ENERGIA?**

## La risposta del dizionario (e dei libri di testo)

### Etimologia:

Dal lat. tardo energi`a(m), che è dal gr. enérghēia, deriv. di enérghēs 'attivo, efficace', da érgon 'opera'

### Definizione

s. f.

1 vigore fisico, forza dei nervi e dei muscoli (si usa spesso al pl.): un uomo nel pieno delle energie

2 vigore spirituale, fermezza di carattere; decisione, risolutezza: parlare, opporsi a qualcuno con energia

3 (fis.) grandezza fisica che esprime l'attitudine di un corpo o di un sistema di corpi a compiere

**lavoro:** energia cinetica, potenziale, elettrica, elastica, meccanica, termica, chimica, nucleare | **conservazione dell'energia, principio fondamentale della fisica secondo il quale, in un sistema isolato, la quantità di energia rimane costante pur degradandosi nel passaggio da una forma all'altra**

4 energie alternative, denominazione corrente delle fonti energetiche primarie diverse dal petrolio, dal carbone, dall'energia nucleare: energia eolica, solare, geotermica | energia dolce, energia prodotta nel rispetto dell'ambiente, ricorrendo a fonti alternative e rinnovabili.

### Sinonimi/Contrari

1 Sin. forza, gagliardia Contr. debolezza, fiacchezza, astenia (med.)

2 Sin. piglio, polso, tempra; dinamismo Contr. incertezza, esitazione.

3

# LA DOMANDA FONDAMENTALE

## COS'E' L'ENERGIA?

La risposta della fisica teorica:

“una grandezza fisica associata a una proprietà di simmetria fondamentale dello spazio - tempo (l'omogeneità del tempo, ovvero l'invarianza delle leggi fisiche sotto traslazione temporale)”.

N.B.

La legge di conservazione dell'energia NON vale solo per sistemi isolati (come nel caso di quantità di moto o momento angolare), ma anche per sistemi che si trovano in un campo esterno indipendente dal tempo

4

# LA DOMANDA FONDAMENTALE

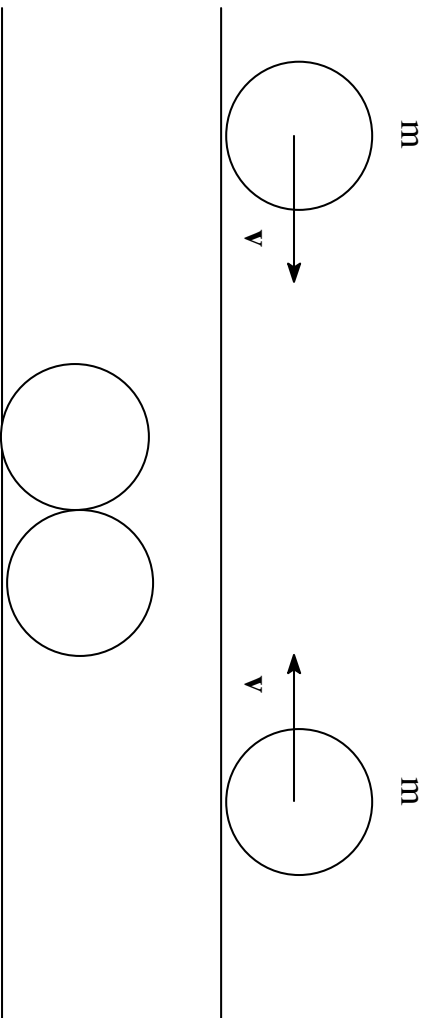
## COS'E' L'ENERGIA? (ovvero anche: PERCHE' l'energia?)

Una risposta meno formale, ma ugualmente corretta:

“Le leggi della dinamica e l'introduzione della quantità di moto non sono sufficienti a caratterizzare completamente i cambiamenti nel moto di un corpo.”

### ESEMPIO:

urto anelastico tra oggetti di uguale massa dotati di velocità opposte



5

# LA DOMANDA FONDAMENTALE

## COS'E' L'ENERGIA? (ovvero anche: PERCHE' l'energia?)

In questo esempio lo stato di moto di entrambi i corpi subisce una trasformazione radicale a seguito dell'urto. Oltre alla “scomparsa” del moto, si osserva un aumento di temperatura dei due oggetti. Questo significa che la quantità di moto e la sua conservazione non possono essere usati per una descrizione di tutti i fenomeni meccanici. Inoltre gli esperimenti dimostrano che la quantità di calore sviluppata nell'urto non è proporzionale al modulo dell'impulso di ciascun corpo prima della collisione.

Siamo costretti a introdurre un'altra misura del moto meccanico dei corpi, particolarmente adatta alla descrizione di fenomeni associati alla conversione del moto meccanico in altre forme di moto delle sostanze.

6

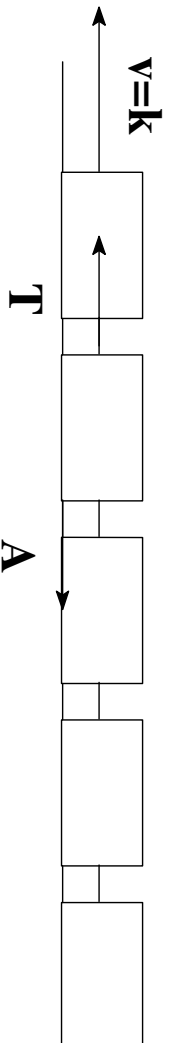
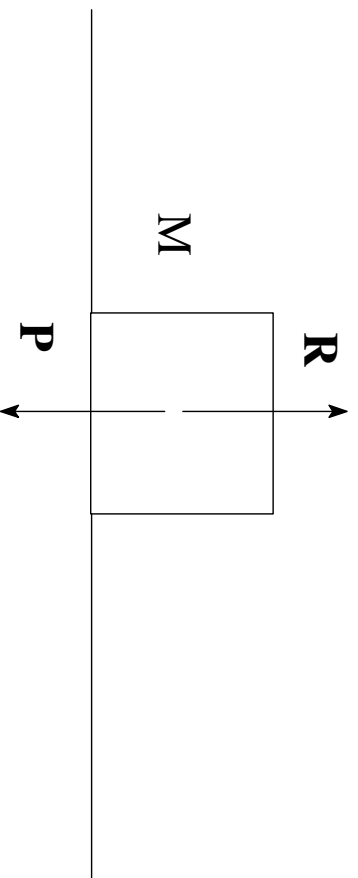
# LA DOMANDA FONDAMENTALE

**COS'E' L'ENERGIA?**

**“L'ENERGIA E' UNA GRANDEZZA FISICA CHE SERVE  
COME MISURA UNIVERSALE PER TUTTE LE FORME DI  
MOTO DELLE SOSTANZE CHE COMPONGONO  
L'UNIVERSO”**

7

## DUE ESEMPI



**$Q=\text{costante}$**

8

## DUE ESEMPI

### QUAL E' LA DIFFERENZA TRA I DUE CASI?

(Introduzione al concetto di lavoro)

Nel primo il punto di applicazione delle forze esterne è fisso, nel secondo si muove. Gli esperimenti mostrano che la quantità di carburante consumato per far viaggiare il treno durante un dato intervallo di tempo è proporzionale al prodotto tra modulo della forza  $T$  e distanza percorsa.

Il lavoro è una misura del trasferimento di moto, e quindi di energia, da un corpo a un altro.

9

## RICAPITOLANDO...

Ogni corpo o sistema di corpi possiede una certa energia. In ogni fenomeno naturale c'è un trasferimento di energia da un corpo a un altro o da una parte di un sistema a un'altra.

In fisica si distinguono varie forme di moto classificandole in diversi settori della scienza. In questo senso parliamo di moti meccanici, termici, elettromagnetici, ecc., ma l'energia è una misura quantitativa unificante per tutte le forme di moto.

Diciamo spesso che si distingue tra energia meccanica, energia ermica, energia elettromagnetica, ecc., ma queste espressioni vanno intese nel senso di indicare quantità di energia corrispondenti alle forme di moto menzionate, non ci sono forme diverse di energia, ma varie forme di moto che vengono unificate dal concetto introdotto.

# COME SI MISURA L'ENERGIA?

Joule

erg

cal

kWh

tep: tonnellata equivalente di petrolio. Esprime in modo comune tutte le fonti energetiche, tenendo conto del loro potere calorifico inferiore. Si assume che da 1kg di petrolio si ottengano 10.000 kcal per cui 1 tep =  $10^7$  kcal

Potere calorifico

Quantità di calore sviluppata nella reazione di combustione completa di un quantitativo unitario di combustibile in condizioni standard predeterminate. È misurato in genere in kcal/kg per i combustibili liquidi e solidi, e in kcal/m<sup>3</sup> per i gas. Per la gran parte dei combustibili si distingue in potere calorifico superiore, che include il calore latente di condensazione del vapore d'acqua che si forma nella combustione, e in potere calorifico inferiore (PCI), che esclude tale calore. Di norma, se non specificato diversamente, con "potere calorifico" si intende il PCI

## QUANTA ENERGIA CI SERVE?

Il fabbisogno energetico giornaliero di una persona è dato dalla somma dei seguenti fattori: il metabolismo basale, la termogenesi, l'attività fisica quotidiana.

1) Il metabolismo basale è la spesa energetica necessaria per il mantenimento della vita del nostro corpo in condizioni di riposo. In tali circostanze il nostro corpo non spende altre energie se non quelle necessarie alle attività delle cellule dei diversi organi, ai movimenti respiratori, all'attività del cuore, al mantenimento del tono muscolare inconsapevole. Queste azioni, che richiedono i 2/3 del consumo calorico quotidiano, sono svolte indipendentemente dalla nostra volontà. Il metabolismo basale è maggiore negli uomini rispetto alle donne, essenzialmente per fattori ormonali ed anche perché la massa muscolare è maggiore nei primi, e si sa che questo tessuto fisico richiede energie per essere mantenuto tonico. Il metabolismo basale di un uomo di 30 anni e che pesa 70 chilogrammi determina, indicativamente, un consumo energetico di 1750 calorie. Una donna, sempre di 30 anni, ma che pesa 65 chilogrammi, ha un consumo giornaliero di 1450 calorie. Il metabolismo basale si riduce con il passare degli anni. I soggetti in questione, che a 60 anni mantengono inalterato il peso corporeo, hanno un metabolismo basale rispettivamente di 1650 e 1400 calorie.

# QUANTA ENERGIA CI SERVE?

- 2) Le cellule del nostro corpo non possono vivere a lungo se non entro un intervallo di temperatura compresa tra 35 e 42° C. L'organismo si trova quindi nella necessità di dover lottare contro il caldo, con l'evaporazione (attraverso i polmoni e la pelle), e contro il freddo. In quest'ultima situazione gran parte del controllo della temperatura corporea dipende dalla costituzione fisica, dalla circolazione sanguinea e dal sistema neurovegetativo. La spesa calorica determinata dalla termogenesi è all'incirca il 15% del dispendio calorico quotidiano, ed è quantificabile in 400-600 calorie circa.
- 3) Nell'attività fisica quotidiana rientrano tutte quelle azioni che volontariamente svolgiamo durante la giornata. La spesa energetica dipende quindi dal tipo di lavoro che una persona svolge e dalle attività che compie: un lavoro sedentario comporta una spesa energetica di poco più di una calorica al minuto. Un lavoro manuale (muratore, pittore, elettricista, idraulico) comporta un consumo calorico di circa tre calorie per minuto. Andare al lavoro in auto fa consumare poco più di una calorica al minuto, ed invece andarci camminando determina un consumo di quasi tre calorie al minuto, mentre sono solo due le calorie che si spendono se ci si reca in bicicletta. Fare le scale a piedi innalza fortemente il consumo calorico, che arriva a cinque calorie al minuto, mentre salirle in ascensore limita la spesa calorica a solo 1,5 calorie al minuto.

13

# QUANTA ENERGIA CI SERVE?

Nel computo della spesa energetica ha quindi forte influenza l'attività sportiva, e la corsa è tra le attività con il più elevato consumo energetico. La spesa calorica di chi corre è in relazione alla durata dell'allenamento e al peso corporeo della persona. Per percorrere un chilometro un podista di 70 chilogrammi spende circa 70 calorie, ed un allenamento di 10 chilometri determina un consumo di 700 calorie. Questa è la formula per il calcolo della spesa energetica di un corridore: una calorica x 1km x 1 kg di peso.

La velocità di corsa non ha tanto effetto sull'aumento del costo, ma essa influisce invece sul tipo di miscela energetica che viene utilizzata: correre a bassa intensità determina un maggior consumo di acidi grassi, mentre procedere ad andatura sostenuta comporta un più elevato consumo di carboidrati.

In conclusione, la spesa calorica quotidiana dipende da due voci fisse: il metabolismo basale (all'incirca 1400-1600 calorie) e dalla termogenesi (all'incirca 400-600 calorie), e da una variabile, vale a dire l'attività fisica. Con l'alimentazione vengono fornite le calorie di cui l'organismo necessita per far fronte alla richiesta dei fattori appena evidenziati. Se però l'assunzione calorica con gli alimenti è superiore a quella dei consumi, è chiaro che si determina un bilancio positivo, nel quale le entrate superano le uscite. Tale aspetto è evidenziato da un aumento del peso corporeo e dei depositi di grasso, e questa situazione è deleteria per ogni podista, perché determina un aumento del costo energetico della corsa e di conseguenza uno scadimento delle prestazioni.

14

## QUANTA ENERGIA CI SERVE?

Circa un terzo della bolletta ENEL riguarda il consumo energetico degli elettrodomestici.

**Principali consumi di elettricità in ambito domestico**

- 30% per frigorifero e congelatore
- 25% per piccoli elettrodomestici
- 13% per la lavastoviglie
- 16% per lavatrice e asciugatrice
- 12% in cucina
- 4% per l'illuminazione

15

## QUANTA ENERGIA CI SERVE?

Il consumo medio annuale di energia per riscaldamento di un edificio costruito anni fa è pari a ca. 200 kWh/m<sup>2</sup>, il che equivale a 20 litri di combustibile/m<sup>2</sup>. Oggi questi livelli di consumo possono essere ridotti grazie alle nuove tecnologie e al miglioramento dei materiali e delle tecniche di costruzione. In genere i moderni edifici fanno registrare consumi medi attorno ai 5 litri di combustibile/m<sup>2</sup> o meno. Nelle case costruite secondo criteri di risparmio energetico si sta al caldo consumando anche meno di 1,5 litri di combustibile/m<sup>2</sup>

16

# FONTI PRIMARIE DI ENERGIA

Si definiscono fonti primarie di energia quelle presenti in natura prima di avere subito una qualunque trasformazione.

Sono fonti primarie

1. le fonti di energia esauribili quali petrolio grezzo, gas naturale, carbone, energia nucleare
2. e le fonti di energia rinnovabili quali energia solare, eolica, idrica, biomasse, geotermica e l'intelligenza umana (risparmio energetico)

17

# FONTI SECONDARIE DI ENERGIA

Si definiscono invece fonti secondarie quelle che derivano, in qualunque modo, da una trasformazione di quelle primarie.

Sono fonti secondarie, per esempio,

1. la benzina (perché deriva dal trattamento del petrolio greggio),
2. il gas di città (che deriva dal trattamento di gas naturali),
3. l'energia elettrica (che deriva dalla trasformazione di energia meccanica o chimica) eccetera.

18

# LE FONTI PRIMARIE DA VVERO UTILI

Naturalmente, si intende per fonte primaria di energia una fonte effettivamente utilizzabile. Per esempio, un masso posto sulla cima del monte Everest, di massa 50 Kg, ha un'energia potenziale, calcolata con riferimento al livello del mare, pari a 1,25 Kwh. Ma sarebbe alquanto scomodo e molto poco pratico organizzare una spedizione sull'Everest per generare, con tutte le immaginabili difficoltà, una così modesta quantità di energia, che sarebbe inoltre di gran lunga inferiore a quella impiegata per generarla!

Perché una fonte primaria possa essere sfruttata, deve avere alcune caratteristiche peculiari. Deve essere cioè concentrabile, indirizzabile, frazionabile, continua e regolabile.

## FONTI CONCENTRABILI

Vuol dire che deve essere possibile concentrare la sorgente di energia entro un'area relativamente limitata, affinché sia possibile controllarla. Una fonte di energia dispersa su una superficie molto estesa diventerebbe praticamente impossibile da gestire.

Un'area limitata può essere quella di una centrale elettrica (di solito, l'area impegnata non arriva a un chilometro quadrato per quelle termoelettriche, e può superare questo valore, ma non di molto, per quelle idroelettriche, tenendo conto del bacino di raccolta e delle condotte); ma può essere anche quella, molto inferiore, del serbatoio di benzina della nostra automobile, o addirittura quella minuscola di una batteria a bottone per l'alimentazione di un orologio al quarzo.

# FONTI INDIRIZZABILI E FRAZIONABILI

Indirizzabili vuol dire che deve essere possibile indirizzare il prodotto (benzina, acqua, raggi solari) nella direzione in cui esso deve essere utilizzato (bruciatore, turbina, lente, specchio).

Frazionabili vuol dire che deve essere possibile frazionare la fonte in più parti, in modo da poter utilizzare solamente la parte, piccola o grande che sia, che ci serve in quel momento. Per esempio, l'energia di un fluido (benzina, gasolio o gas) è frazionabile a piacere. Invece, quella del macigno sul Monte Everest ricordato prima non lo è, ovvero lo è con notevoli difficoltà.

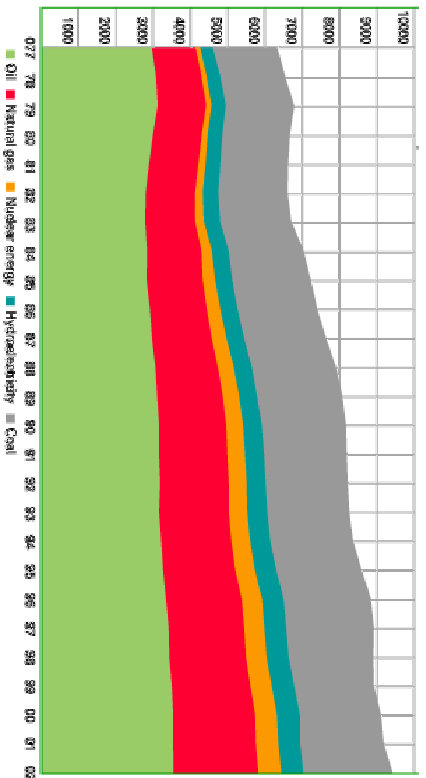
# FONTI CONTINUE E REGOLABILI

Continue vuol dire che la sorgente deve poter funzionare per un certo tempo, fornendo la sua energia con una certa continuità, e non esaurirsi in pochi secondi. Esistono molti esempi di notevoli quantità di energia concentrate in tempi brevissimi (il fulmine, un'esplosione, un oggetto qualunque che cade). Questi tipi di energia, evidentemente, non sono utilizzabili industrialmente.

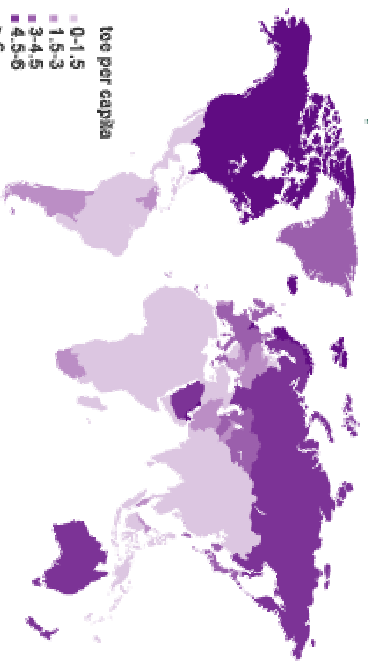
Regolabili vuol dire che l'energia fornita dalla sorgente deve essere graduabile secondo le necessità. È quello che facciamo tutti, premendo più o meno il pedale dell'acceleratore della nostra automobile per regolare la sua velocità, oppure manovrando il potenziometro del volume del nostro impianto stereo o del nostro televisore in modo da adattare il livello sonoro alle nostre esigenze.

Una fonte di energia è tanto più pregiata quanto migliori sono le caratteristiche indicate.

# ANDAMENTO DEI CONSUMI DI PRIMARIE

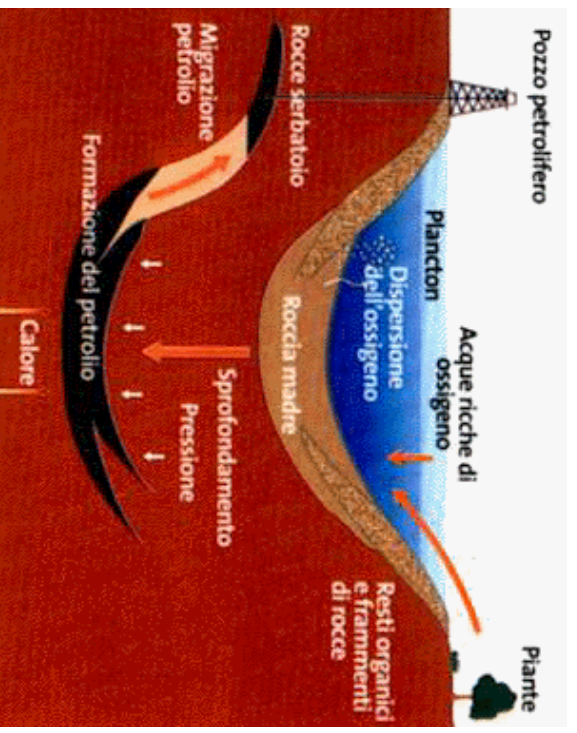


il 25% della popolazione residente nelle aree industrializzate utilizza il 75% delle fonti primarie annualmente consumate



## PETROLIO: COME SI FORMA

Il disegno mostra un bacino dove si forma il petrolio: i resti di organismi animali e vegetali si depositano, l'ossigeno si disperde, il carbonio e l'idrogeno formano gli idrocarburi che danno origine alla roccia madre. Le alte pressioni e temperature permettono la formazione del petrolio che si accumula nella roccia serbatoio.

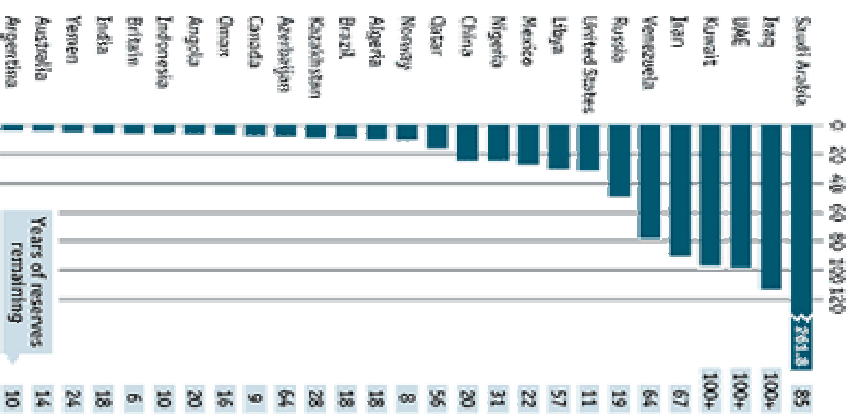


# PETROLIO: QUANTO CE N'E'

Le riserve petrolifere globali in miliardi di barili (Un barile di petrolio equivale a circa 159 litri, un TEP (TOE) equivale a 7,33 barili) secondo le stime della BP Statistical Review of World Energy. La scala verticale in cifre indica la durata in anni delle riserve di ciascun paese produttore.

Secondo la ExxonMobil, la maggiore compagnia petrolifera, i giacimenti petroliferi sono sufficienti, ai ritmi attuali, per la fornitura di petrolio fino al 2050.

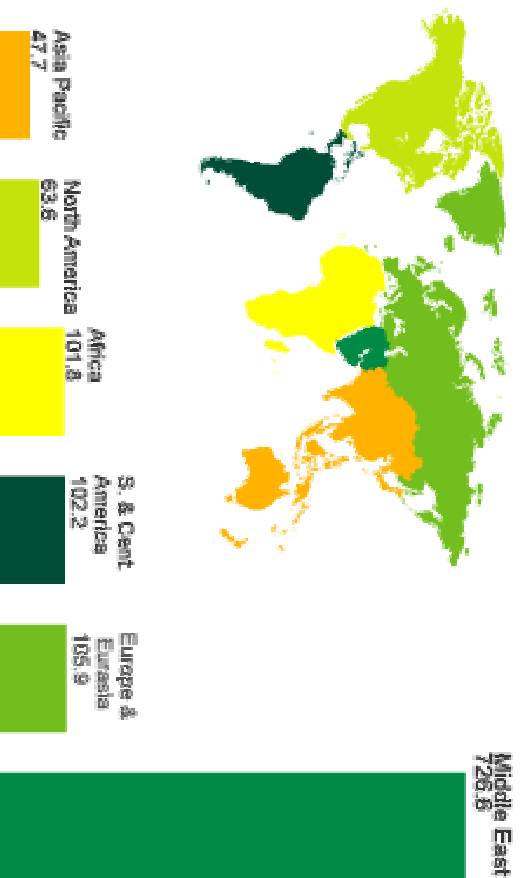
Secondo la BP Amoco, la seconda compagnia petrolifera, i giacimenti accertati sono, sempre ai ritmi di consumo attuali, sufficienti fino al 2044.



## PETROLIO: DOVE SI TROVA

i 2/3 delle riserve sono concentrate nell'area dei paesi del golfo persico.

Proved oil reserves at end 2003  
Thousand million barrels



## PETROLIO: QUANTO COSTA

Parte dai giacimenti di tutto il mondo che costa 20 centesimi al litro, un quarto del prezzo in Italia di una bottiglia di acqua minerale. Arriva nei serbatoi delle nostre auto a 1,171 euro. Il viaggio della benzina verde dai giacimenti di greggio fino alle pompe di benzina del Belpaese è uno dei percorsi più accidentati e costosi dell'industria globale. Con le grandi compagnie petrolifere a presidiare tutta la prima parte del tragitto - dal trasporto, attraverso la raffinazione fino ai distributori - intercettandone i margini. E il fisco a dare il colpo finale al portafoglio dei consumatori.

In questo complesso tragitto, alla fine, il costo della materia prima vera e propria è marginale: su 100 euro pagati per la benzina al distributore in Italia il greggio ne costa solo 17,75. Degli altri 82,25 euro, circa 65 (tra accise e Iva) vanno allo Stato, 3,3 al gestore, 6,8 a chi gestisce il trasporto e il deposito dalla raffineria al distributore, 3,15 alle compagnie (che spesso finiscono però per incassare anche tutti i proventi del trasporto) e 4 a chi controlla le grandi petroliere che curano i collegamenti con i giacimenti.

## PETROLIO: QUANTO COSTA

Appena salutati i pozzi, iniziano le spese. Le prime sono per il trasporto in raffineria. A volte per oleodotto, spesso, come accade per l'Italia, con una "crociera" via nave. Costo medio circa 7 dollari a tonnellata, che sommati alle spese di assicurazioni e agli "optional" di questa tappa (aumentati da quando - dopo la Exxon Valdez - sono stati imposti vincoli rigidi di sicurezza alle flotte) portano già a 0,26 euro il costo del nostro litro.

In raffineria inizia il trattamento, spesso seguito dalla stessa società (le varie Shell, Exxon o Eni) che hanno già organizzato il trasferimento. Ci sono impianti estremamente sofisticati che riescono a trasformare i 159 litri di greggio del barile in quantità ancora superiori di benzina di qualità (la benzina pesa meno). Altri che rendono meno e producono materiali di minor pregio come gli olii combustibili. In media però, i costi della trasformazione portano circa a 0,31 euro il costo del nostro aspirante carburante.

# PETROLIO: QUANTO COSTA

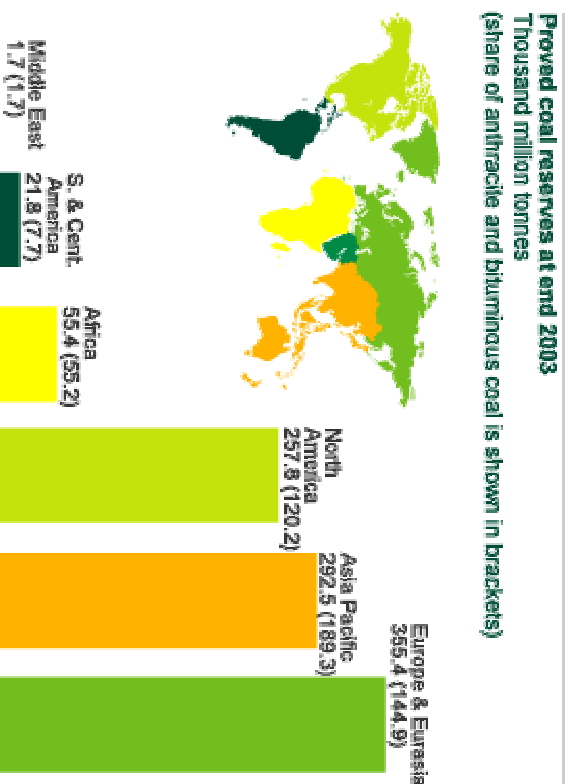
Abbandonata la raffineria (in Italia sono dislocate per lo più sulle due isole maggiori) la benzina riprende il suo viaggio. Prima, di solito, con le bettoline per raggiungere le coste della penisola. Dove si concede un periodo di riposo in deposito visto che esistono degli obblighi di "scorta" per costituire le riserve del Paese, pari a 90 giorni di consumi. Una pausa che costa, seguita da una nuova tappa, spesso in autobotte, dal deposito fino alla rete che cura la distribuzione finale alle pompe sulle strade italiane.

Il tratto più corto del suo viaggio, dalle cisterne del distributore ai serbatoi delle auto, è anche il più costoso. Un pedaggio lo preleva il gestore del distributore, alzando a 0,42 euro il prezzo del litro. Tutto il resto (circa 75 centesimi) va in tasca al fisco italiano che ogni anno, grazie al prelievo sui carburanti, incassa attorno ai 30 miliardi di euro. L'Odissea è finita. Il litro, dal pozzo all'auto, è rimasto un litro. Il suo valore, strada facendo, si è moltiplicato per 5,6 volte. A incassare sono in tanti. Ma alla fine a pagare è solo il padrone dell'auto. Che oltretutto, con i rialzi del petrolio degli ultimi giorni, rischia di aggiungere 4-500 euro l'anno alla sua "bolletta" per il pieno di benzina.

29

# CARBONE

Agli attuali ritmi di consumo le riserve di carbone sono sufficienti per oltre 200 anni, le riserve di antracite e litantrace sono invece sufficienti per meno di 70 anni. I carboni sono la maggiore riserva di carbonio sulla Terra, il carbonio si sta rivelando una materia prima molto importante per le nuove tecnologie (es. nanostrutture) ma anche per le attuali produzioni industriali.



30

# CARBONE

Con le attuali tecnologie il carbone può essere utilizzato per produzioni energetiche in modo "pulito", in Italia ci sono molti esempi di centrali termoelettriche con ottimi standard per il controllo delle emissioni in atmosfera, ad esempio a Brescia è in funzione una centrale termoelettrica a carbone allacciata alla rete di teleriscaldamento a soli 2 km dal centro e sembra che gli abitanti della zona non siano disturbati da tale impianto.

Per questi motivi ci sono associazioni di consumatori e anche associazioni ambientaliste che non sono ostili a tale fonte primaria almeno nella fase di transizione dall'attuale sistema basato sulle fonti esauribili ad un sistema incentrato sulle F.E.R.

Vi sono alcuni aspetti non secondari nell' utilizzo del carbone per fini energetici:

1) Solitamente si estrae dalle miniere a più di 200 metri di profondità in gallerie polverose con temperature superiori a 30° C. Nonostante le più moderne tecnologie il lavoro in miniera resta pericoloso anche oggi: i gas prodotti dal carbone possono prendere fuoco con una piccola scintilla anche per attrito, nella sola Cina muoiono ogni anno più di 5000 minatori, inoltre i gas prodotti dalle miniere di carbone hanno un effetto serra 23 volte maggiore dell'anidride carbonica.

2) La presunta abbondanza del carbone desta delle perplessità se vengono fatte alcune considerazioni. Molti giacimenti si trovano dai 1500 ai 2000 metri di profondità, per cui diventa antieconomica l'estrazione nei confronti del metano e anche del petrolio, così le riserve economicamente vantaggiose da estrarre si attestano attorno ai 250 miliardi di tonnellate. Questo significa che ad esempio nel nord America solo il 15% del carbone tecnicamente estraibile è convenientemente recuperato, inoltre più della metà dei giacimenti di carbone sono costituiti da materiale di scarsa qualità (torba, lignite e litantrace sub-bituminoso) con relativo poco carbonio, molte sostanze inquinanti e con la tendenza a decomporci all'aria immettendo metano (gas serra) in atmosfera. In definitiva il carbone vantaggiosamente estraibile non rappresenta una risorsa molto più abbondante del gas naturale e del petrolio.

# CARBONE

3) Nonostante le tecnologie "pulite" permettano di evitare eccessive emissioni in atmosfera di inquinanti bisogna tenere presente che i filtri usati per depurare i gas dovranno essere in qualche modo smaltiti in discariche, essendo il carbone una materia che contiene parecchi inquinanti in origine le quantità di queste sostanze da smaltire non sono irrilevanti, inoltre le emissioni di CO2 sono 2,5 volte superiori alle emissioni del metano e risulta comunque costoso il sequestro di notevoli quantità di questo gas serra.

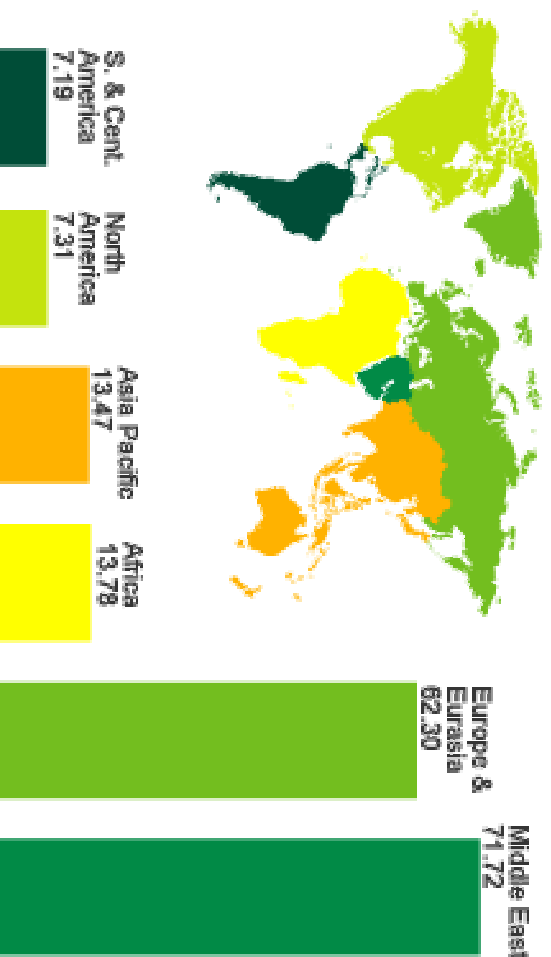
4) Il carbone è la maggiore se non unica fonte rilevante di carbonio naturale, le moderne tecnologie sembrano dimostrare che in futuro da questa materia prima si possano ottenere innumerevoli prodotti e tecnologie importanti, quali ad esempio le fibre di carbonio e le nanostrutture, per cui sembra antieconomico e non razionale "bruciare" senza scrupoli questa risorsa esauribile.

5) Le miniere di carbone possono comunque essere sfruttate per fini energetici con le tecnologie per il recupero del metano autoprodotta dalle miniere sia nuove che dismesse, tali tecnologie sono collaudate ed efficienti e permettono di risparmiare e conservare la maggior parte del carbonio contenuto nel carbone e nel contempo impedire l'emissione del metano in atmosfera, depurando il carbone da questo gas serra.

# METANO

Agli attuali consumi le riserve accertate di gas naturale sono sufficienti per 60/70 anni, la sua diffusione è abbastanza distribuita, le regioni con minori riserve sono quelle americane, le maggiori ancora le regioni dell'area del Golfo Persico dove sono concentrati più di un terzo dei giacimenti accertati.

**Proved natural gas reserves at end 2003**  
Trillion cubic metres



33

# METANO

Oltre alle riserve certe il metano può derivare anche da produzioni "artificiali", in qualche misura può essere una fonte rinnovabile derivante dalla fermentazione anaerobica di sostanze organiche

In seguito all'aumento della produzione zoo-agricola e al conseguente aumento di scarti e deiezioni, unitamente alla maggior sensibilità nei confronti della produzione di energia da fonti diversificate, sono stati messi a punto digestori anaerobici che permettono di produrre effluenti gassosi (principalmente metano) da liquami, utilizzando alcuni microrganismi in grado di metabolizzare i composti organici.

Per esempio da 120 tonnellate di liquami animali al giorno (equivalente alle deiezioni di 12.000 maiali) si possono ottenere 200 metri cubi di metano.

Il Metano può essere ricavato anche dalle miniere di carbone, sia pure dismesse. Le miniere di carbone possono essere sfruttate per fini energetici con le tecnologie per il recupero del metano autoprodotta dalle miniere sia nuove che dismesse, tali tecnologie sono collaudate ed efficienti e permettono di risparmiare e conservare la maggior parte del carbonio contenuto nel carbone e nel contempo impedire l'emissione del metano in atmosfera depurando il carbone da questo gas serra

34

# RINNOVABILI

L'energia prodotta dalle reazioni nucleari all'interno del Sole percorre la distanza che separa la nostra stella dalla Terra in 8 minuti; una volta giunta a noi ha una potenza di 1350 Watt (W) per ogni metro quadrato: questo valore è chiamato "costante solare", in quanto il suo valore non varia nel tempo.

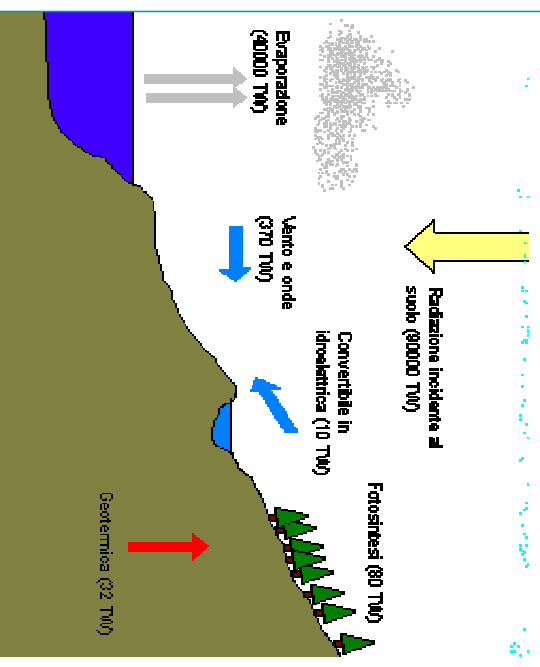
La superficie della Terra viene raggiunta da 170.000 TW di energia solare.

Di questi 170.000 TW:

- \* 50.000 TW vengono riflessi dagli strati superiori dell'atmosfera;
- \* 30.000 TW vengono assorbiti dall'atmosfera;
- \* 90.000 TW arrivano alla superficie terrestre.

Di questi 90.000 TW, la maggior parte viene riflessa oppure viene assorbita e riemessa dalla superficie della Terra. Una porzione invece si trasforma:

- 40.000 TW servono per sollevare l'acqua dei mari sino alle nubi,
- \* 370 TW mettono in moto il vento,
- \* 80 TW vengono trasformati dalla fotosintesi delle piante in energia chimica.

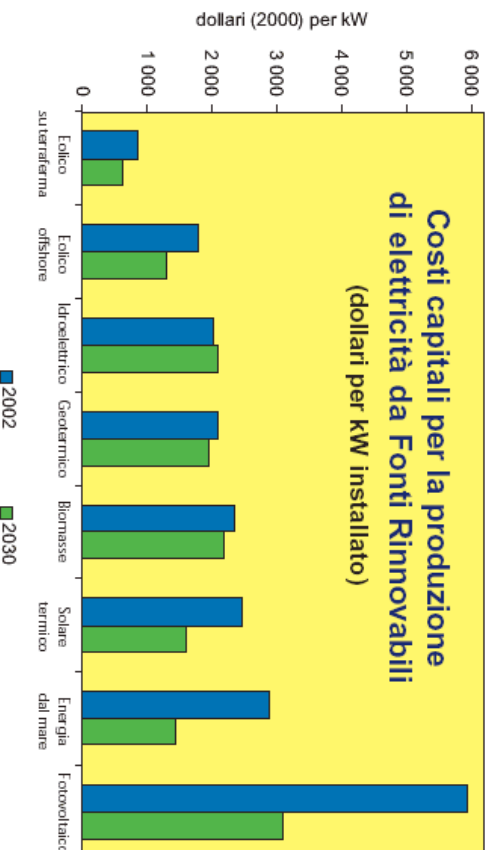


35

# COSTO RINNOVABILI

Attualmente la richiesta globale di energia è per una potenza di circa 10 TW.

L'energia captabile con le tecnologie già sviluppate o in via di perfezionamento è valutata in circa 80-90 TW.



Fonte: World Energy Outlook 2004 - IEA

36

# GEOTERMIA

Per energia geotermica si intende quella contenuta, sotto forma di "calore", all'interno della terra.

L'origine di questo calore è in relazione con la natura interna del nostro pianeta e con i processi fisici che in esso hanno luogo.

Tale calore è presente in quantità enorme e praticamente inesauribile.

Il calore interno si dissipa con regolarità verso la superficie della terra, la quale emana calore nello spazio quantificabile in una corrente termica media di 0,065 Watt per metro quadrato.

Il gradiente geotermico è in media di 3°C ogni 100 m di profondità, ossia 30°C ogni km.

Oltre alla produzione di energia elettrica, a seconda della temperatura del fluido geotermico sono possibili svariati impieghi:

acquicoltura (al massimo 38 °C), serricoltura (38 - 80 °C), telerscaldamento (80 - 100 °C), usi industriali (almeno 150 °C), e molti altri. In alcuni paesi si utilizza il calore geotermico per l'essiccazione del legname (Nuova Zelanda), della farina di diatomee (Islanda), del piretro (Kenya) e per l'allevamento di alligatori (USA, Giappone).

# GEOTERMIA

Generalmente nelle attuali centrali geotermoelettriche si sfrutta la pressione esercitata dal vapore contenuto negli acquiferi geotermici per muovere una turbina accoppiata ad un generatore.

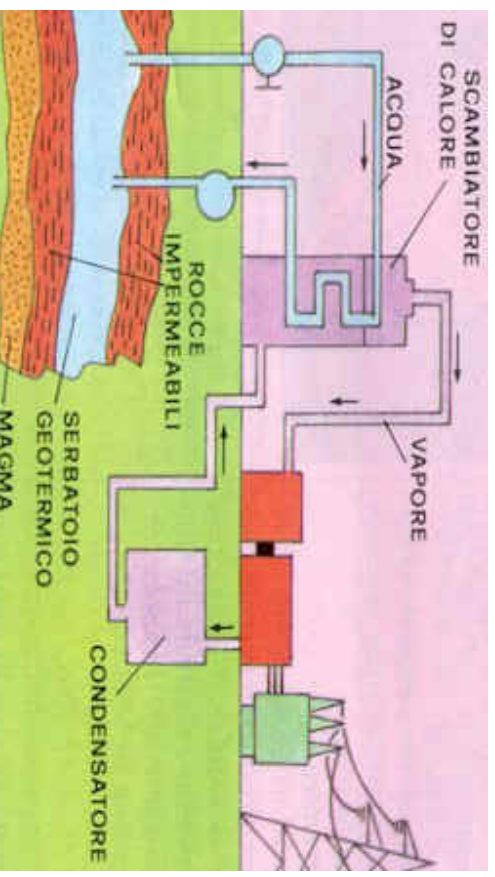
L'enorme pressione dei geysers spinge i vapori fino a un'altezza che varia dai 20 ai 70 metri. L'energia di questo fenomeno naturale è enorme, se incanalata può alimentare direttamente una turbina a vapore e produrre una quantità notevole di energia. Di questo tipo sono le centrali di Larderello in Toscana, in Islanda questa tecnologia è molto sfruttata, la centrale più grande è "The Geysers", che si trova circa 140 km a Nord di San Francisco in California (Usa) con una potenza totale di 750 MW

Per un miglior sfruttamento di questa tecnologia e un minor impatto ambientale è preferibile il sistema che preveda la reiniezione dei liquidi nell'acquifero una volta sfruttato il loro potere calorifico, (ciclo binario)

# GEOTERMIA

Schema di un impianto geotermico a ciclo binario: sono sufficienti acquiferi con temperature dai 120°C per ottenere energia elettrica con questa tecnologia.

Essendo un sistema a circuito chiuso è anche il più ecologico in quanto eventuali inquinanti contenuti nel fluido geotermico non vengono dispersi nell'ambiente esterno.

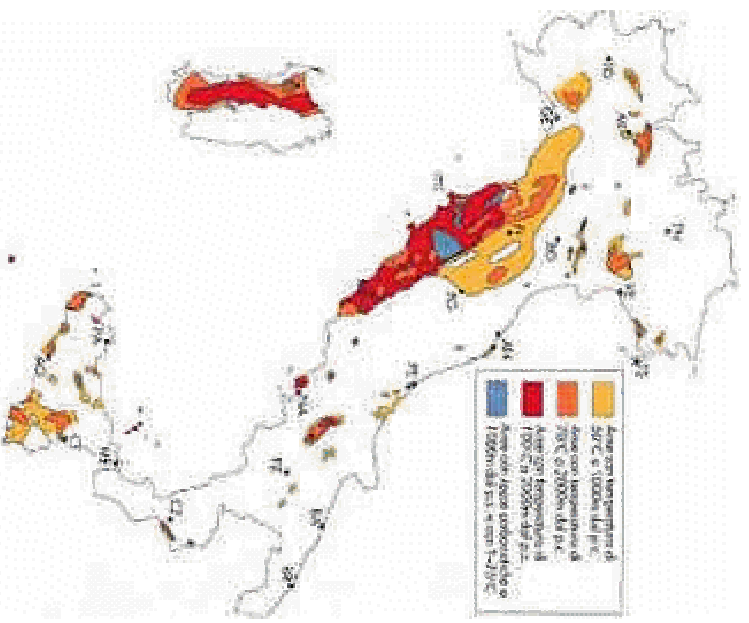


# GEOTERMIA

La mappatura geotermica dell'Italia, in blu le aree nelle quali possono esservi acquiferi a vapore dominante, per la produzione di energia elettrica gli acquiferi nelle aree gialle dovrebbero essere a profondità superiori ai 3000 metri nelle aree rosse è sufficiente trovare acquiferi a 2000 metri e in quelle blu a 1000 metri, gli acquiferi a 5000 metri di profondità in genere sono abbastanza caldi da poter essere sfruttati per la produzione di energia elettrica e/o termica

Con le attuali tecnologie di perforazione si possono raggiungere profondità di 6000 metri, tali pozzi permetterebbero di ottenere energia elettrica ad un costo inferiore a 0,05 € al kWh.

Secondo un recente studio si calcola che solo con gli acquiferi a vapore dominante presenti in Toscana e Lazio si potrebbero produrre oltre 5 mila miliardi di kWh, una quantità sufficiente per il fabbisogno nazionale di elettricità per 70 anni, lo sfruttamento degli acquiferi ad acqua dominante porterebbe ad una produzione di energia elettrica incalcolabile.



# GEO TERMIA

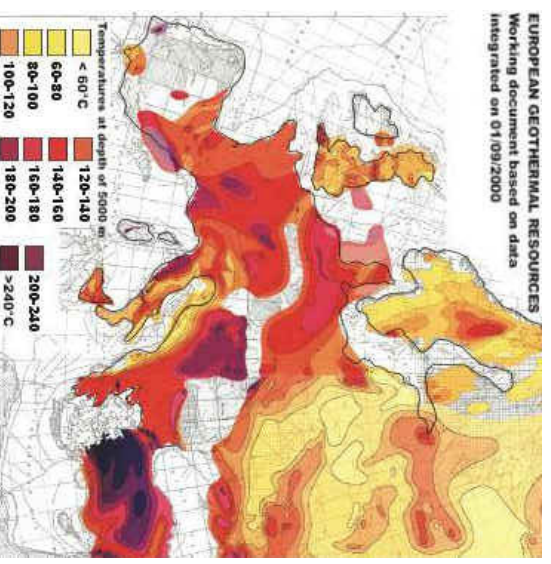
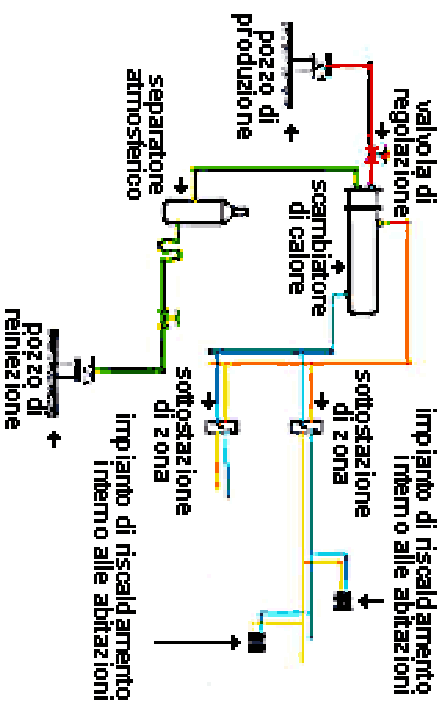
L'impianto di teleriscaldamento a Ferrara serve 14.000 appartamenti con l'utilizzo di acqua calda a 102 °C rinvenuta a 4 km dalla città in un pozzo a 1.300 m di profondità perforato a suo tempo per la ricerca petrolifera.

Estraendo 250 m<sup>3</sup>/h di acqua, si risparmiano circa 12.000 TEP/anno; l'acqua viene poi reiniettata in profondità

Oltre al risparmio di combustibile fossile, sono ben avvertibili i benefici del teleriscaldamento per il minore inquinamento dell'aria, vantaggio notevole in città

# GEO TERMIA

I locali necessari per una centrale di teleriscaldamento geotermico sono contenuti nei volumi e possono essere mimetizzati in ambito cittadino, anche perché nel sistema non sono coinvolti combustibili e il fluido utilizzato non ha temperature tali da creare pressioni pericolose.



## EL'IDROGENO?

Comunemente si pensa all'idrogeno come ad una fonte di energia, in realtà ciò non è esatto in quanto deve essere estratto dall'acqua (elettrolisi) o da combustibili fossili (vari processi termochimici) ciò comporta un consumo di energia, per questo è considerato un "vettore" o un "accumulatore" o, come definito in inglese, un "memorizzatore" di energia, Potenzialmente può diventare uno dei migliori sistemi per il recupero di energia elettrica, perfino migliore dei sistemi idroelettrici, attualmente i più convenienti e quindi i più adottati allo scopo.

## EL'IDROGENO?

Sta diventando un luogo comune declassare l'idrogeno a semplice "forma" di energia e non si considerano tutte le potenzialità che deriverebbero dalla messa a punto e dall'adozione delle migliori tecnologie per produrre ed utilizzare l'idrogeno: Le migliori fonti di energia sono quelle rinnovabili, però hanno l'inconveniente di essere discontinue: a volte non c'è vento, fiumi con portata non ottimale, sole coperto, a volte invece di queste fonti ve ne sono in eccesso, sfruttando le caratteristiche di "memorizzatore di energia" dell'idrogeno si potrebbero rendere le fonti rinnovabili pienamente sfruttabili, non solo per ottenere energia: se ci fosse idrogeno in eccesso potrebbe essere usato per ottenere prodotti chimici e/o industriali come ammoniaca (oggi si ottiene da idrogeno petrolifero soprattutto per produrre fertilizzanti), metanolo (oggi si ottiene da petrolio) ecc. ottenendo così un risparmio/non utilizzo di combustibili fossili (fonte esauribile ed inquinante nell'utilizzo).

## È L'IDROGENO?

Quindi l'idrogeno, allo stato attuale, non è una fonte primaria di energia ma non è neanche un semplice vettore (come lo è ad es. la benzina), se permette il recupero di energia altrimenti dispersa o non utilizzabile può essere considerato una vera e propria fonte di energia primaria e rinnovabile come tutti i sistemi che permettono il recupero e il risparmio energetico.

L' idrogeno ha un valore commerciale minimo di 0,8 €/Nm<sup>3</sup> ( basso grado di purezza ed elevate quantità di acquisto) e un costo massimo di 3,6 €/Nm<sup>3</sup> (puro al 99,9999 % e quantità minima di acquisto).

In particolari condizioni usando le appropriate sinergie potrebbe avere un costo paragonabile al metano