



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1463A -

ANNO: 2015

A P P U N T I

STUDENTE: Pinto

MATERIA: Energia Progresso e Sostenibilità 2014-2015.
Prof.Cali

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

ENERGIA PROGRESSO E SOSTENIBILITÀ

CAPITOLO 1 - L'ENERGIA MOTORE DELLA NATURA E DELLA STORIA UMANA

L'energia e l'universo

Per le scienze esatte l'energia è una proprietà della materia. In generale è connessa al divenire dell'universo: quando una porzione di materia cambia forma, costituzione, posizione velocità, ce n'è sempre una quantità definita che passa da un corpo a un altro o che si ridistribuisce all'interno dello stesso.

NB: non è possibile affermare se sono stati i movimenti di energia a provocare le modifiche o viceversa. In ogni caso è possibile ricondurre tutto quello che accade nell'universo a movimenti di energia.

L'energia e la terra

Meno di cinque miliardi di anni fa si formò la terra, in seguito alla condensazione di una parte della nube gassosa dalla quale deriva il sistema solare. Da allora il pianeta è in continua metamorfosi, investita da enormi flussi di energia. Il flusso più imponente è quello di radiazione elettromagnetica che proviene (in ordine d'importanza):

- Dal sole
- Dal nucleo della stessa terra
- Dagli altri corpi celesti

Gli ultimi sono migliaia di volte inferiori al contributo del sole (4 000 - 60 000 volte).

Gli effetti provocati e che provocano tuttora sono totalmente giustificati dalla scienza, tranne uno: la comparsa della vita biologica. Si è partiti da strutture microscopiche unicellulari, fino a milioni di specie diverse più complesse. La biologia ha compreso che la struttura elementare è la **cellula**, la quale contiene il patrimonio genetico .

Le azioni dell'ambiente provocano sugli individui dei cambiamenti che modificano lentamente il patrimonio genetico e questi cambiamenti si trasmettono di generazione in generazione. Questo è il meccanismo detto **evoluzione**.

Qualche milione di anni fa la linea evolutiva dei mammiferi primati si distacca da quella degli ominidi, tra i quali si svilupparono forme di coscienza e intelligenza. Da qui deriva l'homo sapiens, l'unica specie che sopravvisse tra tutte le altre.

⇒ Come i processi energetici hanno influenzato l'evoluzione della nostra specie?

Tra gli specialisti si è consolidata l'ipotesi che l'evoluzione della specie umana sia dovuta all'azione simultanea di fattori biologici e delle condizioni ambientali. Queste ultime a loro volta determinate da imponenti flussi energetici.

Grazie allo sviluppo dell'intelletto gli uomini divennero capaci di soddisfare le pulsioni degli istinti in modo diverso da quello delle altre specie.

Con il perfezionamento del linguaggio svilupparono la capacità di comunicare e di mettere in comune le proprie esperienze. ⇒ Accumulo di conoscenza da comunità sempre più ampie.

Senso di identità: altro progresso riguardante la specie umana, che portò all'organizzazione della vita sociale e alla percezione di se stesso. Da qui consegue la contrapposizione tra uomini e natura.

L'uomo e la natura

Vi sono due punti di vista: la natura può essere vista come:

- Amica e madre: fonti di vita e sostentamento
- Nemica ed estranea: qualcosa da conquistare e combattere poche a volte ostile.
 - Leopardi, "Dialogo della natura e di un islandese": natura vista come nemica, l'islandese si rivolge alla natura con queste parole: *"mi risolvo a concludere che tu sei NEMICA scoperta degli uomini, e degli altri animali, e di tutte le opere tue; che ora c'insidi ora ci minacci ora ci assalti ora ci pungi ora ci percuoti ora ci laceri, e sempre o ci offendi o ci perseguiti; e che per costume e per istinto, sei carnefice della tua propria famiglia, de' tuoi figlioli e, per dir così del tuo sangue e delle tue viscere. Per tanto rimango privo di ogni speranza"*.

Questo atteggiamento di confronto e competizione nei confronti della natura portò a elaborare comportamenti e strumenti per controllarla e modificarla.

Esempi: caccia, pesca, agricoltura, estrazione minerali e tutte le modifiche fatte al territorio per costruire.

Nelle epoche passate sono rare le testimonianze di atteggiamenti diversi, cioè nessuno considerava la natura un'amica da rispettare.

Ora invece vi è un cambiamento. Sono sempre di più coloro che si oppongono agli sviluppi tecnologici che invadono e turbano la natura. La contemporanea che ora vige è quella che in qualche modo la natura possa ritorcersi contro.

CAPITOLO 2 - CRISI ENERGETICA O CRISI DI CIVILTÀ

La storia umana è accompagnata dalla crescita del progresso, conquiste del pensiero, nuove conoscenze e tecnologie. A questi si sono aggiunti fenomeni del tutto nuovi, complessi ed estesi a tutto il pianeta. Anche se non avessero conseguenze negative, cosa che non è così, ormai troppo importanti per essere ignorati. Questi fenomeni sono collegati al prelievo e utilizzo delle risorse energetiche e nel loro complesso li identifichiamo nella così detta **crisi energetica (o questione)**.

La percezione della crisi

Ambito scientifico: dibattito ampio e vario. Due visioni:

- pessimista: la crisi sta creando danni alla nicchia ecologica, si prevedono conseguenze irrimediabili tali da minacciare i fondamenti della convivenza e delle strutture sociali.
- ottimista: fede nelle capacità dell'uomo di risolvere qualsiasi problema

Ambito politico: meno consapevolezza. Dovrebbero pianificare interventi che si prolungano per i decenni. Gli interventi ad immediato effetto mostrano scarsi risultati.

È curioso notare come i paesi democratici e quelli governati da regimi oligarchici stiamo rispondendo nella stessa maniera.

Ambito mondiale (a livello di popoli): si trovano ad essere i beneficiari o vittime della situazione. La consapevolezza è poca dato che per comprendere il problema sono necessarie determinate conoscenze tecniche che ovviamente non tutta la popolazione si può permettere. L'unico modo in cui potrebbero farsi un'idea della questione è tramite i mass media. Ma questi ultimi sono detentori di un enorme potere. L'informazione è risultata a volte incompleta, errata e fuorviante.

Esseri viventi e natura

Gli studiosi sono stati convinti, fino a poco fa, che i fenomeni fossero governati da leggi rigorose che legano in maniera chiara le cause e gli effetti. Lo stesso Galileo era di questa idea:

"...la filosofia naturale è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscere i caratteri, né quali scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto".

Determinismo e caso

Oggi sappiamo che non è così in seguito all'avvento della teoria quantistica e al principio di indeterminazione di Heisenberg. I fenomeni fisici sono sottoposti al caso. Anche in biologia è stata adottata questa "filosofia" dopo che si è constatato che sulla terra gli organismi possono fare scelte che non possono essere previste da alcuna legge deterministica.

Tutto quello che accade è effetto della combinazione delle leggi fisiche.

Le interazioni fra esseri viventi e ambiente iniziarono quando apparvero o primi organismi unicellulari, conseguenza dell'esigenza di prelevare dall'ambiente ciò che era necessario per la sopravvivenza. Per far ciò si contrapposero a tutto ciò che li ostacolava o anche solo circondava. Nonostante ciò l'ambiente fu modificato pochissimo.

NB: in alcuni casi i comportamenti di alcune specie hanno provocato distruzioni tali da impedire la ricostruzione spontanea di quello che era stato prelevato (es. devastazioni colture per cavallette).

Anche in conseguenza di questo la natura cominciò a modificarsi in conseguenza delle azioni animali, facendo lo con lo stesso ritmo e gli stessi meccanismi.

La situazione cominciò a cambiare esponenzialmente con la comparsa delle specie umana, la quale sviluppò a sua volta le capacità di procurarsi risorse in quantità superiori a quelle necessarie. L'aspirazione ad avere più del sufficiente diventò motore della civilizzazione umana.

La crisi energetica del XXI secolo

La contrapposizione con l'ambiente delle diverse specie umane, ormai scomparse da quasi sei milioni di anni, risale già ad allora ed è continuata senza tregue.

Possibile osservare il tutto tramite la metafora di una guerra: gli uomini sono contendenti sempre più temibili e agguerriti con l'obiettivo di controllare, sopraffare ciò che li circonda. Hanno continuato a battersi per tutti questi anni e la crescente disponibilità di beni di ogni tipo ha favorito l'aumento progressivo e oggi travolgente della popolazione.

Si potrebbe vedere questo fenomeno come una sorta di imperialismo esercitato dalla specie, a volte persino autolesionista.

Nella storia ci sono stati casi in cui comunità, anche di piccole dimensioni, si sono estinte per comportamenti sbagliati o dissennati. Diamond fa un'analisi dettagliata e porta come esempio gli abitanti dell'isola di Pasqua, i Maya e le colonie norvegesi.

L'utilizzo illimitato di enormi quantitativi di energia ha conseguenze devastanti come l'inquinamento dell'aria e delle acque e così tanti altri. Gli effetti più importanti sono:

- a. **La trasformazione del territorio** con l'inserimento dei manufatti umani, la deforestazione, la distruzione delle zone umide e delle barriere coralline.
- b. Occupazione del territorio dove si **sostituiscono alle piante e alle popolazioni animali manufatti artificiali**.
- c. Diffusione dei movimenti di uomini e merci che **alterano la distribuzione naturale delle specie animali e vegetali**
- d. **Inquinamento dell'atmosfera**
- e. **L'impatto creato dall'estrazione e dal trasporto dei combustibili fossili**
- f. **L'inquinamento chimico e termico di falde e sorgenti** e gli usi industriali e agricoli
- g. La **sottrazione di energia solare alla fotosintesi** coprendo i terreni con costruzioni e impianti
- h. La **pesca senza limiti e l'inquinamento dei mari**
- i. La **scomparsa di molte specie selvatiche**
- j. **L'erosione dell'humus dei terreni per la deforestazione globale la salinizzazione da abuso di fertilizzanti**
- k. **La sovrappopolazione e la crescita del tenore di vita dei popoli più poveri**

Sono fattori interdipendenti per cui basterebbe che uno di questi raggiunga il limite per poi avere conseguenze devastanti su tutti gli altri.

I fattori geografici e politici

Le risorse in generale non sono disposte in maniera uniforme. Questo è stato motivi di conflitti e lo è tuttora. In linea di principio è ingiusto che alcuni abbiano più prodotti da cui beneficiare solo perché il caso li ha fatti nascere in un determinato luogo. Gli uomini hanno sopraffatto altri uomini per portar loro quello che avevano.

"Se le condizioni di vita in tutto il mondo sono migliorate, ciò è dovuto proprio al progresso materiale, alle invenzioni, alle medicine, alle tecniche di produzione agricola, eccetera, che però sono state rese possibili proprio da quelle forme più o meno esasperate di capitalismo che hanno creato il divario tra ricchi e poveri". - Bonate, 2010

Controllo dell'energia e sviluppo

Prima dello sviluppo delle società moderne, per soddisfare insieme ai bisogni materiali anche quello di potenza politica, economica e militare, ci furono contese collegate alle risorse materiali indirettamente collegate all'energia. Esempi di sviluppo derivato dal controllo indiretto dell'energia: bacino dei fiumi Tigri ed Eufrate in medio oriente e bacino del Nilo. In altre situazioni la capacità di controllare meglio di altri gli usi diretti dell'energia, permise ad alcuni popoli di svilupparsi, spesso a danni di altri. Esempio il controllo dell'energia eolica per lo sviluppo dell'arte della navigazione e della conseguente potere militare, politico ed economico oppure la gestione delle acque fluenti per ricavarne energia idroelettrica e così via.

Le fonti fossili furono poco utilizzate fino al secolo XIX, il petrolio veniva prelevato solo in piccole quantità da pozzi superficiali facilmente accessibili. Lo si usava come lenimento per ferite o contusioni, per calafatare le navi ma anche come arma navale. Il carbone era più usato come combustibile e persino come medicina.

Con lo sviluppo delle società moderne le risorse fossili divennero essenziali (soprattutto in Inghilterra ed Europa). Intorno alla metà del XIX secolo furono sovvenzionate le ricerche per lo sviluppo delle tecnologie per estrarlo dai pozzi in profondità. Fondate in questo periodo grandi e potentissime compagnie private. Dopo le prime perforazioni negli USA si scoprirono fonti nel Caucaso, Medio Oriente e Indonesia. La nascita del petrolio si colloca nel 1855, anno il cui fu redatto uno studio sulla fattibilità che mostrava le ampie possibilità di utilizzo dell'olio minerale. Questa fonte di energia fu, ed è ancora oggi, causa di scontri.

I fattori economici

Nel 2008, Clò afferma che l'energia conta circa per il 15% nel prodotto loro mondiale, "Ogni 10 dollari al barile in più del prezzo del petrolio causa un costo [...] annuo per l'economia mondiale superiore ai [...] 500 miliardi" di dollari.

Nel prossimo futuro bisognerà confrontarsi con decisioni molto difficili che obbligheranno a scegliere se e come dirottare su quest'obiettivo enormi quantità di risorse, sottraendole allo sviluppo.

CAPITOLO 3 - ENERGETICA E FISICA

L'**ENERGETICA** è una disciplina nuova, definita nel XX secolo. Studia i fenomeni naturali rendendo evidenti i legami di causa ed effetto tra l'energia e i cambiamenti della materia.

Prima citazione di energia: Metafisica di Aristotele, significato molto simile a quello moderno.

N. W. Ostwald è il padre fondatore dell'energetica, affermo che: "*L'acquisizione della consapevolezza del concetto di energia rappresenta l'apogeo della scienza nella quale assume un ruolo intellettuale preminente*".

L'energetica è multidisciplinare e olistica, affronta gli aspetti fisici e tecnologici ma studia anche l'influenza dei fenomeni energetici nell'evoluzione della natura e delle organizzazioni delle società umane. I fondamenti culturali sono saldati sui principi e teorie della Fisica e in particolare su quelli della TERMODINAMICA.

Le forme dell'energia e la loro misura

La parola energia può assumere significati diversi. Osservazioni nel mondo naturale:

1. Ogni volta che la condizione di un corpo materiale si modifica (posizione, forma, costituzione chimico-fisica ecc) c'è dell'energia messa in gioco
2. L'energia è una proprietà dei corpi materiali che può trasferirsi da uno all'altro.

Nonostante mantenga la sua essenza, l'energia può assumere diverse **FORME**.

Trasformazione energetica = fenomeno con cui una quantità di energia è convertita tutta o in parte in un'altra forma.

Si distinguono due grandi categorie:

- **ENERGIA ASSOCIATA ALLA MASSA**

- **Energia cinetica:** compare quando un corpo è in movimento ed è tanto più alta quanto maggiore è la sua velocità
- **Energia potenziale:** si prende in considerazione quando ci si trova di fronte a fenomeni nei quali un corpo ne modifica altri senza contatto diretto, ma irradiando nello spazio un'influenza che si dice campo. Il campo più noto è quello **gravitazionale**.
- **Energia interna:** è la somma dell'energia cinetica di vibrazione delle particelle microscopiche che costituiscono la materia e dell'energia potenziale dovuta alle forze che le legano.

- **ENERGIA DI SCAMBIO (O DI TRANSITO)**

- **Energia termica:** è quella scambiata spontaneamente tra due corpi a contatto a temperatura diversa. L'energia si muove attraverso la superficie di contatto dalle zone a temperature più alte verso quelle a temperature più basse
- **Energia meccanica:** anche questa è scambiata tra due corpi che si toccano, quando nella zona di contatto uno dei due esercita una forza sull'altro ed entrambi si muovono o si deformano. Il corpo che avanza cede energie e quello che arretra ne assorbe.
- **Energia radiativa:** consiste in onde elettromagnetiche generate da tutti i corpi naturali che si trovano a temperature superiori a quella dello zero assoluto.
- **Energia trasportata dalla materia:** si prende in considerazione se il corpo studiato interagisce con l'esterno cedendo o ricevendo materia, la quale trasporta con sé anche l'energia che contiene.

NB: mentre l'energia associata alla materia può aumentare o diminuire per gli scambi tra i corpi ma non annullarsi, le forme di energia di transito esistono e sono percepibili solo finché dura l'interazione e per questo sono anche indicate come energia di moto.

Per caratterizzare al completo un fenomeno energetico è necessario introdurre il concetto di **TEMPO**. A questo proposito si introduce una grandezza detta **POTENZA** (O FLUSSO DI ENERGIA), proprietà caratteristica del fenomeno. Riunisce in un solo numero l'energia e la durata del fenomeno. A parità di energia, durata inferiore implica potenza maggiore e viceversa. Nelle applicazioni si distinguono due tipi di potenza:

- **potenza simultanea:** riferita ad una frazione di tempo piccolissima dell'intero periodo del fenomeno
- **potenza media:** riferita a dura maggiori

L'energia viene misurata in JOULE a differenza della potenza che viene misurata in WATT.

L'entropia

Questa, al contrario delle altre proprietà come il volume, la massa, l'estensione, non può essere percepita dai nostri sensi. L'unico modo di conoscere il valore numerico è di calcolarla.

Quando i corpi scambiano calore, radiazione o materia, scambiano anche entropia.

Alcuni scienziati enunciarono il secondo principio riferendosi all'entropia scrivendo così la **Legge di bilancio dell'entropia**.

La prima parte dell'enunciato è identica a quella della legge di bilancio dell'energia per il 1° principio, basta sostituire la parola "energia" con "entropia". Tutte le volte che la condizione di un corpo si modifica perché cede o riceve energia dall'esterno in forma di calore, radiazione e materia, ci sono corrispondenti sottrazioni o apporti di entropia.

Entropia generata e reversibilità

Mentre i corpi si evolvono in essi si genera dal nulla entropia in quantità che non ha alcun legame con quella scambiata con l'esterno o contenuta nel corpo e la cui velocità di crescita dipende da come è fatto il corpo. Questa grandezza è nulla solamente nel caso in cui il processo si svolge in particolari condizioni ideali per cui lo si dice **reversibile**.

Il concetto di **reversibilità dei processi**, di cui ne parla Clausius, è un'astrazione utile per ragionare. Si immagina che possano esistere situazioni ipotetiche e ideali e quindi impossibili, nelle quali si svolgono particolari processi detti **reversibili**, caratterizzati da una generazione nulla di entropia. Dopo che il corpo è giunto al termine della sua evoluzione può rifare lo stesso percorso ma in senso inverso.

Tutti i fenomeni naturali però sono irreversibili e durante le loro evoluzioni l'entropia cresce sempre.

Per capire come cambia l'entropia è necessario conoscere la somma di quella generata dagli scambi con l'esterno, che possono aggiungerne o sottrarne. Se il totale è positivo allora l'entropia aumenta e viceversa.

Se un sistema si evolve rimanendo **isolato**, cioè senza scambiare né energia né massa con l'esterno, la sua entropia può solo aumentare perché l'unico contributo alla variazione è il termine generato. **L'entropia dell'universo cresce sempre.**

Nel caso degli organismi viventi invece l'entropia diminuisce: quando scambiano energia e materia con l'esterno passano a condizioni più ordinate e quindi la loro entropia diminuisce. L'entropia di tutto quello che c'è all'esterno del corpo inevitabilmente aumenta perché l'entropia complessiva deve crescere. **L'entropia è quindi anche una misura dell'energia non trasformata e non utilizzata.**

Dal secondo principio si capisce perché in natura i fenomeni procedono con un'asimmetria irresolubile: è infatti impossibile convertire integralmente calore in lavoro mentre è possibile l'inverso. Inoltre la crescita dell'entropia generata ogni volta che l'universo cambia è la prova che il divenire procede in una sola direzione e che non si può tornare indietro nel tempo.

IL 1° e il 2° principio sono i pilastri conoscitivi intorno al quale si sviluppa tutto ciò che accade nell'universo.

Radiazione solare sulla Terra e l'attenuazione atmosferica

La potenza radiante che raggiunge una superficie perpendicolare ai raggi solare fuori dell'atmosfera è pari a $1\,367\text{ W/m}^2$ quando la Terra si trova a una distanza media dal Sole durante la sua orbita ellittica attorno ad esso. Questa è la **costante solare**, presenta oscillazioni del 3,3% in più o in meno al variare della distanza del Sole dalla Terra.

Prima di raggiungere la superficie terrestre, la radiazione solare subisce un'attenuazione, tanto maggiore quanto maggiore è il suo percorso negli strati atmosferici.

L'atmosfera ha uno spessore di 150 km e una densità che diminuisce man mano che aumenta la distanza dalla superficie terrestre.

Se fosse omogenea sarebbe spessa solo 8 km. Nell'attraversarla la radiazione solare viene attenuata. In particolare viene:

- diffusa (scatterata - da scattering) dai gas con molecole biatomiche come l'azoto e l'ossigeno
- assorbita dai gas con molecola triatomica come l'ozono, vapore d'acqua, anidride carbonica
- diffusa e assorbita dagli aerosol (particelle solide o liquide in sospensione nell'aria di natura chimica varia)

Dinamica delle trasformazioni

○ Velocità di reazione	9.2×10^{37} reaz/sec
○ Energia di ogni reazione	4.2×10^{-27} J/reaz
○ Consumo di H_2 nel nucleo	4.4 t/s
○ Radiazione emessa:	
• Flusso specifico teorico (Stefan-Boltzmann $\sigma \cdot T^4$)	63.4 MW/m ²
• Flusso specifico misurato	63.2 MW/m ²
• Flusso totale ($4\pi R^2 \cdot \sigma \cdot T^4$)	3.85×10^{26} W
○ Temperatura superficiale	$\sim 5\,800$ K
○ Temperatura nel nucleo	$\sim 10^7$ K
○ Diminuzione del flusso in 5 Ga	$\sim 30\%$

Irradianza solare

I fenomeni di diffusione da parte dei gas biatomici e di assorbimento da parte degli aerosol sono continui rispetto alla lunghezza d'onda. L'assorbimento da parte dei gas triatomici è invece discontinuo, discreto, agisce solo su determinate bande dello spettro.

L'entità dell'attenuazione dipende dalla concentrazione dei componenti variabili, dallo spessore degli strati atmosferici, dall'altezza del Sole sull'orizzonte.

Si esprime l'entità dello spessore atmosferico per mezzo del concetto di **massa d'aria** (m) = rapporto tra lo spessore effettivamente attraversato e quello che verrebbe attraversato dai raggi del Sole se essi fossero perpendicolari alla superficie terrestre.

Strumenti per la misura della radiazione solare:

- solarimetro (piranometro) = misura la potenza che raggiunge l'unità di superficie provenendo sia direttamente dal Sole che dalla volta celeste.
- pireliometro = sistema automatico di puntamento detto inseguitore, per la misura della radiazione proveniente direttamente da Sole

Si ha un andamento a campana per l'irradianza solare totale sul suolo. Il valore max di 1 kW/m^2 intorno al mezzogiorno di maggio. All'equinozio invece si superano raramente i 750 W/m^2 , in inverno non si raggiungono i 400 W/m^2 .

Questo dipende principalmente dall'inclinazione dei raggi solare. Da cui derivano le diverse stagioni

In generale, la potenza solare incidente continuamente sulla Terra è di circa 175 000 TW il che equivale a 1,5 miliardi di TWh all'anno.

Interazione Sole - Terra

Non tutto sulla Terra è dovuto alla radiazione solare.

- non mantiene il pianeta nel suo percorso orbitale;
- non governa la tettonica a zolle, il processo che rimodella continuamente gli oceani e continenti;
- non attiva il metabolismo dei batteri chemio- autotrofici, in particolare quelli che vivono nel buio più totale nella parte inferiore del profondo oceano vicino agli sfiati caldi

NB: l'aumento della temperatura produce una diminuzione della superficie terrestre coperta da ghiacciai e di conseguenza una diminuzione del coefficiente di riflessione terrestre (albedo). La diminuzione dell'albedo provoca un aumento dell'energia solare assorbita a cui consegue un ulteriore aumento di temperatura. Questo fenomeno è detto **feedback positivo**. Esiste anche il **feedback negativo** per il quale la temperatura diminuisce. L'aumento di temperatura degli oceani determina una crescita di sostanze con **zolfo** che costituiscono un filtro per la radiazione solare e porta quindi a una riduzione della temperatura. I due feedback si compensano e riequilibrano.

E' la quota di una radiazione SW che è riflessa e diffusa verso lo spazio senza alcuna variazione di lunghezza d'onda. L'albedo media della Terra è di 0.3-0.4.

Con un irraggiamento medio di 342 W/m², un **cambiamento di albedo** di 0.01 implica un cambiamento globale del bilancio energetico di 3.4 W/m², uguale a quello causato dal raddoppio del livello attuale di CO₂ nell'atmosfera

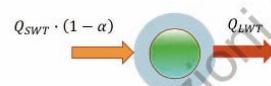
Tutte le radiazioni SW non riflesse, sono assorbite e trasformate in un flusso di onde lunghe (LW). Il processo inizia nella stratosfera e continua per tutta la troposfera, ma la maggior parte di esso ha luogo sulla superficie terrestre.

L'ozono stratosferico O₃ contribuisce con la quota maggiore alla drastica **riduzione delle onde UV (<300 nm)**.

Grazie all'assorbimento di gas a effetto serra sulla Terra la temperatura reale superficiale media è 288 K (15°C), di 33 K superiore alla sua temperatura di corpo nero.

Il **vapore acqueo** è di gran lunga il più efficace dei gas serra e determina quasi due terzi della differenza di 33 K; ha cinque bande di assorbimento principali tra 0.8 mm e 10 mm, quelli più ampi centrati a 5-8 mm e oltre 19 mm. La **CO₂** è invece responsabile di quasi un quarto del fenomeno (picchi di assorbimento a ~2.6 nm ~4,5 nm, e tra 12 nm e 18 nm); **N₂O** (4.5, 7.8 e 8,6 nm) e **CH₄** che assorbe a circa 3.5 nm e 7.6 nm. Contributi naturali minori provengono principalmente da NH₃, NO₂, HNO₃, e SO₂.

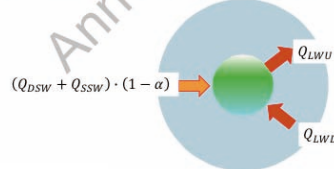
$$Q_{ET} = Q_{SWT} \cdot (1 - \alpha) + Q_{LWT} = 0$$



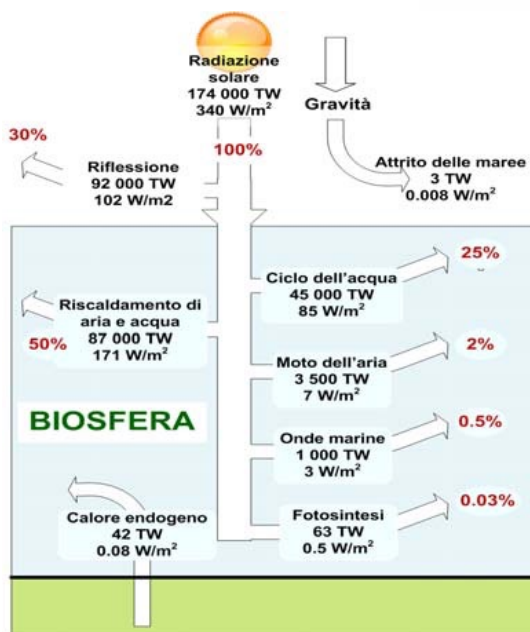
Il bilancio radiativo della Terra nella parte superiore dell'atmosfera (QET)

richiede che la radiazione in uscita nelle LW (QL W T) considerato come negativo, sia uguale al flusso in ingresso nelle SW (QSWT) corretto per l'albedo planetaria

$$Q_{ES} = (Q_{DSW} + Q_{SSW}) \cdot (1 - \alpha) - Q_{LWU} + Q_{LWD} = 0$$



Sulla superficie il **valore netto globale annuo della radiazione (QES)** deve allo essere **eguale a zero**. L'ingresso di radiazione nelle SW, diretta (QDSW) e diffusa (QSS W), diminuita dell'albedo, deve essere bilanciata dalla radiazione LW verso l'alto (QL WU) e verso il basso (QL WD)



Differenza tra esseri viventi e oggetti inanimati. Prima definizione data da Aristotele secondo cui gli esseri viventi sono coloro che hanno la capacità di riprodursi e regolarsi da sé, muovendosi, nutrendosi, crescendo e morendo.

Gli organismi viventi hanno in comune tra loro circa 100 elementi. Caratteristiche principali:

1. **Funzioni vitali possibili grazie alla capacità di estrarre dall'ambiente carbonio e sostanze organiche ed inorganiche dette nutrienti.** Una volta elaborate si producono biomassa organica
2. La loro esistenza si riassume nel ciclo di vita: **nascita - crescita - età adulta - morte**
3. La durata della vita è piccola ma hanno sviluppato modi per allungarla virtualmente = **riproduzione**
4. Hanno sviluppato la **capacità di mantenere alcuni parametri del proprio organismo in un ambito di valori che ne garantiscono la sopravvivenza**, detta omeostasi.
5. gli organismi sono costituiti da aggregati di entità elementari dette **cellule**

Il numero delle specie conosciute, sia estinte che non, è di parecchi milioni. Si distinguono tre domini:

- A. BATTERI
- B. ARCHEOBATTERI
- C. EUCARIOTI (a loro suddivisi in 4 regni)

I primi due sono diversi ma in comune hanno il fatto che sono costituiti da una sola cellula priva di nucleo e hanno un metabolismo che produce ossigeno. Gli eucarioti invece sono costituiti da una o più cellule con nucleo e si suddividono in 4 regni che comprendono:

- a. funghi
- b. vegetali
- c. animali
- d. protisti

In base a come gli esseri viventi si approvvigionano il cibo si distinguono in:

- (i) **Autotrofi:** per sintetizzare la biomassa organica che costituisce i loro organismi e produrre l'energia necessaria ad assimilare, elaborare e trasportare nell'organismo i nutrienti usano la radiazione solare
- (ii) **Eterotrofi:** non sintetizzano direttamente la loro biomassa, ma la elaborano a partire dalle sostanze organiche degli altri organismi viventi di cui si cibano.

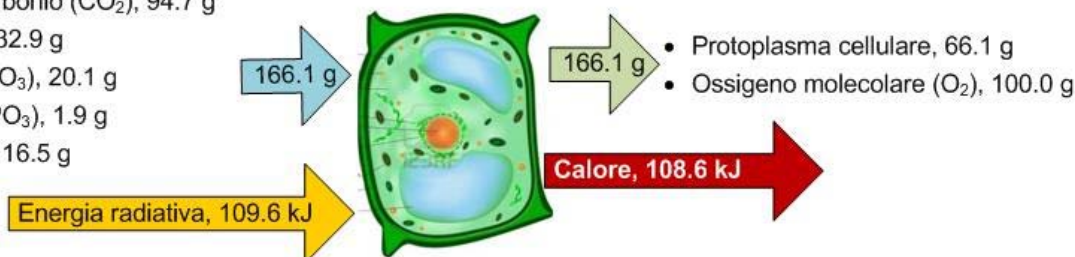
I vegetali

Il regno dei vegetali comprende specie **autotrofe** capaci di utilizzare direttamente l'energia solare tramite la fotosintesi. Per studiare le reazioni chimiche occorre la chimica organica. In generale diremo che la **fotosintesi** è un processo di conversione nel quale l'energia radiativa è convertita in energia immagazzinata nella materia. Se ne potrebbe calcolare l'**efficienza di conversione** (rapporto tra l'energia utile associata a tutte le sostanze prodotte e l'energia spesa, somma dell'energia solare utilizzata e di quella associata alle sostanze assorbite).

La clorofilla non assorbe tutta l'energia solare che arriva sui cloroplasti. Ce ne sono due forme (a, b) che complessivamente assorbono solo il 43% della radiazione solare visibile. I cloroplasti sono degli organuli presenti nelle cellule delle piante all'interno dei quali si svolge la fotosintesi. L'energia luminosa viene catturata dai pigmenti di clorofilla e viene convertita in energia chimica (ATP, NADPH).

Oltre che dalla lunghezza d'onda della radiazione solare, la produttività della fotosintesi è influenzata anche dalla sua densità e da temperature e umidità dell'aria.

- Biossido di carbonio (CO₂), 94.7 g
- Acqua (H₂O), 32.9 g
- Ione nitrato (NO₃), 20.1 g
- Ione fosfato (PO₃), 1.9 g
- Minerali inerti, 16.5 g



Se in un ipotetico prato che si trova in condizioni ideali di temperatura e umidità, tutte le foglie sono perpendicolari ai raggi del sole e non vi è vento, e se ancora tutta l'energia fosse utilizzata allora si potrebbero ottenere fino a **620 tonnellate all'ettaro all'anno** di materia vegetale (fitomassa). La fitomassa è l'insieme di tutta la massa vegetale, cioè la biomassa costituita dal peso degli organismi vegetali presenti in una data superficie.

In realtà, per la sensibilità ai fattori ambientali, la produzione scende a meno del **10% di quel valore**, e l'energia effettivamente utilizzata per la fotosintesi diventa una frazione ancora più piccola del già misero 0,03% di radiazione solare che arriva sulla Terra.

NB: hanno un ruolo fondamentale gli apparati di circolazione del sangue e della linfa. Fittissimo sistema fluidodinamico che distribuisce alle cellule i nutrienti.

Le esigenze energetiche

Quando la temperatura cambia muovendosi sopra o sotto i valori stabiliti, si attivano meccanismi di controllo che consentono di cedere o assorbire calore attraverso la superficie corporea.

L'evoluzione ha selezionato due strategie diverse:

1. Animali a sangue freddo o **ECTODERMI** (rettili, pesci, insetti) i quali non riescono ad ottenere dall'elaborazione del cibo l'energia sufficiente a mantenere la temperatura corporea entro determinati limiti. Devono quindi procurarsi quella che manca prelevandola dall'ambiente esterno
2. Gli animali **OMEOTERMI** invece riescono a mantenere la loro temperatura costante ed entro certi limiti, indipendente da quella dell'ambiente. Ricavano l'energia dalle reazioni chimiche di digestione.

Per esprimere il fabbisogno di energia di ogni organismo con una quantità facile da valutare e misurare, si è stabilito di utilizzare il flusso di energia chiamando **Tasso di Metabolismo Basale (BMR)** (da Basal Metabolic Rate) e misurato in **Watt**. Indica il dispendio energetico di un organismo a riposo, comprende l'energia necessaria per le funzioni metaboliche vitali. Rappresenta il 45-75% del dispendio energetico totale nella giornata. Tanto più alta è la massa di un organismo tanto maggiore è il suo tasso metabolico di base BMR. Invece animali di massa maggiore hanno bisogno di una potenza inferiore per ogni chilogrammo di massa. Il BMR si misura in condizioni di riposo assoluto, lontano dalla assunzione del cibo (almeno 12 ore dopo). E' dimostrato che le attività più energivore sono il movimento, soprattutto se prolungato nel tempo, la produzione, la crescita e la manutenzione della massa corporea e la riproduzione.

In linea del tutto generale, a parità di condizioni, la modalità di spostamento che richiedo meno energia è il **nuoto**, soprattutto se lo si fa in immersione completa, seguono il **volo** e la **corsa**.

Sono molte le specie in grado di volare, queste si sono evolute da animali terrestri nei quali gli arti si sono progressivamente trasformati nella ali. La potenza teorica necessaria per mantenere una **planata a 1-2m/s** è di circa **10-25 W al kg peso**, mentre per mantenere il **volo orizzontale** battendo le ali servono **50-120 W**. Sono pochi quelli che pesano più di 10 kg e nessuna super i 16 kg.

Scorrendo i fabbisogni di energia necessari a diverse specie per muoversi in acqua

- uccelli acquatici che nuotano muovendo le zampe ~ 10 W/kgpeso
- pinguini quando si muovono a 2.5 km/h in superficie e quasi a 3 km/h in immersione (in questo caso con un costo energetico dimezzato) ~ 7 W/kgpeso
- calamari (eiettando acqua possono arrivare a velocità tali da fare lunghi salti in aria) ~ 1.5 W/kgpeso

Ci sono specie che investono molta energia metabolica nella riproduzione, per cui hanno alta prolificità ma pagano queste caratteristiche con mortalità elevata e vita breve dei genitori. Altre specie invece hanno bassa fertilità ma anche bassa mortalità.

L'uomo

Gli uomini sono **eterotrofi** e per garantire le funzioni vitali essenziali e un'esistenza equilibrata, hanno bisogno di poche sostanze basse. Le più importanti **macronutrienti** sono: **carboidrati, grassi e proteine**, e una trentina di **micronutrienti**.

Il fabbisogno medio giornaliero di un adulto è di:

- **100 g di carboidrati - 1 700 kJ - 99%**
- **10 g di grassi - 390 kJ - 95%**
- **10 g di proteine - 170 kJ - 92%**

Questa energia a sua volta si trasforma in biomassa cellulare con un'**efficienza complessiva di circa il 50%** negli infanti e del **30% negli adulti**. L'energia non utilizzata deve essere smaltita all'esterno per evitare pericolosi surriscaldamenti.

L'energia immagazzinata nei corpi dei 7 miliardi di individui è di **2EJ** (1 EJ = 1 miliardo di miliardi di J)

BMR: il suo valore cambia da individuo a individuo e dipende dall'età e dal genere

Ragionevoli valori medi calcolati con una precisione del 20% ÷ 30%, sono

- 80 W (6.9 MJ/giorno) per un uomo adulto di 65 kg
- 60 W (5.2 MJ/giorno) per una donna adulta di 50 kg.

- Persone normali corrono a 10 - 15 km/h con un'erogazione di potenza da 700 W a 1400 W, da 10 a 20 volte il BMR, simile a quella di tanti animali
- Ciò che distingue l'uomo nella corsa è che riesce ad aumentare la velocità passando da 7 a 25 km/h senza aumentare la potenza, grazie all'andatura bipede e alla grande capacità di raffreddamento che deriva da una respirazione efficace
- Se si raddoppia la velocità della camminata da 3.5 km/h a 7 km/h il costo energetico COT passa da 1 a 2 J/(kg m) mentre il COT della corsa rimane costante a 4 J/(kg m) anche raddoppiando la velocità

E' stato provato che il metodo più efficace per spostarsi velocemente utilizzando solo la forza muscolare è la bicicletta
Un adulto sano può resistere fino a 8 ore di fatica erogando una potenza metabolica di 350 W e un'energia di poco più di 10 MJ (che si otterrebbe bruciando mezzo chilo di carbone o 250 g di petrolio)

- (ii) irrigazione artificiale: la conquista riguarda più che altro l'acquisizione della consapevolezza che i campi coltivati dovevano essere irrigati poiché per la fotosintesi delle piante coltivate ha bisogno di molta acqua. I costi energetici dell'irrigazione erano relativamente bassi nei terreni in pendio poiché sfruttando la gravità, bacini posti in cima ai campi facevano sì che l'acqua irrigasse tutto senza troppi sforzi. Diversa è la situazione per i terreni in piano poiché lì è necessario attingere l'acqua dai corsi d'acqua o dalle falde sotterranee e distribuirla nei campi con una rete di canali.

Per raccolti di frumento di 1-2 tonnellate all'ettaro, c'era bisogno di 15-30 centimetri d'acqua per i quattro mesi della stagione di maturazione della pianta.

La sensibilità all'acqua delle diverse piante varia talmente da rendere praticamente impossibile qualsiasi forma di generalizzazione sui ritorni energetici dei sistemi di irrigazione tradizionale. Alcune piante (le arachidi ad esempio) sono sostanzialmente indifferenti all'acqua- Il granturco è estremamente vulnerabile.

Per qualsiasi pianta, comunque, le rese dipendono dal tempo di esposizione all'acqua. Nella maggior parte dei casi, la finalizzazione del controllo delle risorse idriche all'incremento dei rendimenti agricoli implicava l'irrigazione sistematica dei campi; alcune agricolture, però, intensificarono le coltivazioni tramite un procedimento opposto.

Prodotto	t_{H_2O}/t_{prod}
Grano	1500
Riso	900
Mais	600

- (iii) fertilizzazione: i terreni molto sfruttati con l'agricoltura si impoveriscono di azoto che bisogna reintegrare. Nell'agricoltura tradizionale si provvedeva interrando nei solchi residui organici di recupero, sempre con molta fatica e spesso con risultati inadeguati.

Per la crescita delle piante il **biossido di carbonio** presente nell'atmosfera e l'acqua forniscono il carbonio e l'idrogeno fondamentali per i generare i tessuti vegetali come carboidrati. Per la fotosintesi sono assolutamente necessari anche **macronutrienti** (azoto, fosforo e potassio) e **micronutrienti** (ferro, rame, zolfo silicio, calcio).

L'**azoto** è essenziale per la sua indispensabilità biochimica (è presente in tutti gli enzimi e in tutte le proteine) e perché è l'elemento di cui è più facile vi sia carenza nei terreni sfruttati a lungo in modo costante .

Nella maggior parte dei casi, la pioggia, la polvere, l'aerazione, il riciclaggio dei residui delle coltivazioni consentono di ricostituire le scorte di **fosforo**, di **potassio** e degli altri **micronutrienti**, ma la coltivazione continuata del terreno genera spesso carenze di azoto. I **cereali** dipendono molto da questo nutriente: la sua carenza provoca rachitismo, raccolti scarsi e una bassa qualità nutrizionale delle piante

Nell'agricoltura tradizionale l'azoto veniva rimpiazzato inserendo nei solchi arati paglia o gambi di piante, riciclando escrementi umani e animali, e con la coltivazione di piante leguminose.

La paglia ricavata dai cereali era una fonte primaria di azoto, ma le sue possibilità di riciclo diretto erano piuttosto limitate: a differenza delle piante moderne a gambo corto, le varietà coltivate nell'antichità producevano molto più fieno che non grano. I contadini riutilizzavano perciò in modo diretto solo una frazione relativamente bassa dei residui agricoli; per lo più se ne servivano come faggio o lettiera per il bestiame (il riciclo avveniva indirettamente, come concime), come combustibile domestico, e come materia prima per costruzioni e diverse forme di manifattura. Nelle regioni ricche di legno, la paglia e il fieno spesso venivano semplicemente bruciati nei campi, con una perdita pressoché assoluta di tutte le loro riserve di azoto

Riciclando l'urina e gli escrementi solidi come fertilizzanti, i contadini potevano incrementare il rendimento delle coltivazioni. Questa pratica è condizionata dalla scarsa disponibilità di questi materiali e richiede comunque sforzi pesanti e ripetitivi. Maneggiare e trattare i residui organici sono lavori spiacevoli e molto impegnativi in termini di tempo. Inoltre, dato che la maggior parte dei concimi hanno solo una ridotta percentuale di azoto, per soddisfare l'esigenza di azoto della coltivazione erano necessarie massicce e ripetute applicazioni di questi. Il fertilizzante organico che presenta il più elevato contenuto di azoto è il guano, prodotto dagli escrementi degli uccelli marini conservati dal clima secco delle isole lungo la costa peruviana.

Il ricorso a queste tecniche di concimazione dipendeva da

- La reperibilità del concime
- Gli atteggiamenti culturali nei confronti della manipolazione degli escrementi umani
- I livelli di intensità dei processi di coltivazione
- Molto dell'azoto presente nei rifiuti così riciclati si perdeva durante la loro raccolta, nella lavorazione dei residui e nel processo di applicazione e l'assunzione di azoto da parte delle piante era molto bassa
- A causa di queste perdite (che comportavano uno spreco pari ai due terzi dei quantitativi iniziali di azoto) i contadini dovevano applicare quantitativi enormi di rifiuti organici
- Grandi quote di lavoro agricolo dovevano quindi essere dedicate all'incombenza sgradevole e molto faticosa di raccogliere, far fermentare,

L'energia delle acque fluenti e dei venti

Ruote idrauliche ed eoliche. Si basano sull'evidenza fisica secondo cui una superficie solidale con un asse e immersa in acqua o aria in moto, ne riceve una spinta che a sua volta genera una coppia torcente sull'asse facendolo ruotare. Sulla circonferenza dell'asse si collegarono più superfici uniformemente distribuite, dette palette nelle ruote idrauliche e pale in quelle eoliche.

L'energia cinetica della rotazione è trasferita con leve e ingranaggi ai dispositivi utilizzatori ricavandone energia meccanica per gli usi più disparati.

≈ Le **ruote idrauliche** convertono l'energia potenziale dell'acqua che scorre in un alveo naturale o in un canale artificiale in energia rotatoria di un asse opportunamente fissato.

✗ Le **ruote eoliche** funzionano come quelle idrauliche se non che al posto dell'acqua vi è il vento.

Le ruote idrauliche ed eoliche inizialmente furono utilizzate per macinare il grano e poi si diffusero in altri settori (pompe, sollevatori ...).

I **rendimenti energetici** di queste macchine si mantennero molto bassi per le tante perdite, soprattutto per gli enormi attriti.

≈ Per le ruote idrauliche si passa dal **20%** per quelle più antiche fino a un **60-80%** per le moderne.

✗ Quelle eoliche non si discostano particolarmente, arrivano ad un massimo di 50-60%.

Anche le **potenze media** erano basse.

≈ Nelle ruote idrauliche dipendevano da forza motrice ed energia potenziale dell'acqua e dall'estensione delle superfici resistenti all'acqua.

✗ Per le ruote eoliche contavano l'intensità del vento e l'area del cerchio percorsa dalle pale che delimitava la superficie trasversale opposta dalla ruota al vento.

≈ ≈ ≈ RUOTE IDRAULICHE

(a) Le ruote a impatto inferiore

Potevano essere utilizzate solo con prevalenze tra **0,5 e 3 metri**. La macchina più efficiente è stata la ruota di Poncelet, che aveva pale ricurve. Erano macchine a testata bassa e a rotazione lenta con efficienza di **20%**. Potevano essere installate direttamente all'interno del corso d'acqua, anche se in questo modo crescevano ovviamente i rischi di danneggiamento legati a eventuali piene o ad altri eventi simili

(b) Le ruote a impatto laterale

Giravano per l'effetto combinato della corrente dell'acqua e della forza di gravità e potevano essere utilizzate con prevalenze tra i 2 e i 5 metri.

- Nei modelli a **ruota bassa**, l'acqua entrava al di sotto del punto di elevazione dell'albero centrale. Non erano molto più efficienti delle migliori ruote a impatto inferiore
- I modelli a **ruota alta**, invece, dove l'acqua colpiva la ruota sopra il punto di elevazione dell'albero centrale, potevano avvicinare le prestazioni delle ruote a impatto superiore.

(c) Le ruote a impatto superiore

Operavano con prevalenze superiori ai **3 metri** con un diametro era di norma pari ai tre quarti della testata

L'acqua era incanalata in piccoli compartimenti a forma di secchio a velocità oscillanti tra i 100 e i 1.000 litri al secondo

Gran parte della potenza rotatoria (le velocità comuni prevedevano dalle 4 alle 12 rivoluzioni al minuto) era generata dal peso dell'acqua che cadeva e potevano sfruttare anche correnti di acqua abbastanza lente. L'efficienza poteva arrivare sino all'85 per cento e prestazioni attorno al 60 per cento erano abbastanza usuali .

L'energia potenziale dell'acqua è: $E_p = M g AH$

Un ruota a impatto superiore azionata da una portata di 0,2 m³ di acqua (200 kg) e posta a 3 metri di altezza rispetto al canale di scarico ha un'energia potenziale di circa 6 kJ

Con un flusso idrico di 400 kg/s la ruota potrebbe avere in linea teorica una potenza di quasi 12 kW

La potenza meccanica utile di una simile macchina oscillava presumibilmente tra meno di 4 kW per le antiche ruote pesanti in legno a più di 9 kW per una ruota metallica del XIX secolo, ben costruita ben lubrificata

Trasporto

Per trasportare un corpo fisico da un posto all'altro è necessario impiegare energia meccanica, vincendo attriti e inerzie.

Trasporti terrestri

I modi naturali di muoversi sono il cammino e la corsa.

Cammino = non si superano i 5-6 km/h con un costo energetico di **150-200 W**

Corsa = non si superano i 38 km/h con un costo energetico di **1 kW**

Innovazione per quanto riguarda spostamenti con animali. Nuovi sistemi per un miglior controllo e un maggior carico.

Invenzione della ruota.

La corsa richiede output di potenza tra i **700 e 1.400 watt**, pari a **10-20** volte il tasso di metabolismo basale, ma nonostante questo costo energetico relativamente elevato, la struttura degli esseri umani sembra particolarmente adatta alla corsa

In termini relativi, gli uomini hanno una capacità di trasportare pesi del 35% - 65% del loro peso a velocità medie fino a 5 km/h mentre gli animali arrivano solo al 30% e al 25% nei percorsi in salita.

I trasferimenti a lunga distanza, specialmente su terreni difficili, sono favoriti dall'uso di zaini o sacchi a spalla assicurati da buone cinghie legate alle spalle o al capo del trasportatore

Navigazione

Esempio 1: piroghe polinesiane, integrata la propulsione a remi con quella a vela

Esempio 2: triremi, mosse da 170 navigatori

Esempio 3: quinquiremi romane con 300 rematori

La propulsione si deve all'aerodinamica del vento sulle vele purchè di forma e posizione opportuna.

Edilizia e costruzioni

Sequenza storica:

- Mattoni utilizzati nel Medio Oriente. Grossolani parallelepipedi di terra o argilla mescolati con acqua, paglia--
- Mattoni di argilla essiccati (Mesopotamia)

Esempi di due grandi infrastrutture:

- Grande Muraglia cinese
- Acquedotti romani

Usi militari

Sequenza storica:

- lotta corpo a corpo
- lotta con uso di animali (cavalli in p!)
- fuoco greco: miscela di pece, saònitro, zolfo e calce viva
- polvere da sparo miscela di salnitro, zolfo e carbone
- cannone

Le scorie sono classificate in a bassa e media radioattività (sistemate in depositi superficiali o interrati) e ad alta radioattività e lunghissima durata (stoccaggio in bunker sotterranei profondi e schermati).

Una frontiera scientifico-tecnologica dell'energia nucleare è la fusione nucleare: è difficile da ottenere perché i nuclei, carichi positivamente, si respingono. reattori prodotti non prima del 2050.

Disponibilità e utilizzo delle risorse

Il quadro energetico mondiale sta cambiando, con conseguenze per i mercati e i flussi energetici. **I combustibili fossili rappresentano oltre l'80%** delle risorse complessivamente usate. **Dati 2010:**

- 32,4% petrolio
- 27,3% carbone
- 21,4% gas
- 10% combustibili, rinnovabili e biomasse
- 5,7% nucleare
- 2,3% idroelettrica
- 0,9% altre (geotermico, solare, eolico)

6.3 FONTI RINNOVABILI DI ENERGIA

Le fonti rinnovabili di energia sono utilizzate dall'uomo praticamente da sempre: l'energia del vento e delle acque ha consentito di viaggiare per i mari, di alimentare mulini e frantoi e di estrarre l'acqua dai pozzi. Progressivamente esse sono state affiancate e superate dalle fonti fossili e nucleare, svincolate da alcuni limiti pratici, e con l'automobile diede una spinta a questo progresso. Negli ultimi decenni è tornato l'interesse per le fonti rinnovabili e vi sono numerosi studi per migliorare le prestazioni di tutte le tecnologie basate sulle fonti rinnovabili.

Le ore equivalenti e il fattore di capacità

Ogni impianto energetico è caratterizzato da:

- **potenza nominale installata**, cioè la potenza che in condizioni nominali di funzionamento che l'impianto è in grado di generare. In nessuna località le condizioni nominali si mantengono costanti durante l'anno e per questo gli impianti non saranno mai in grado di erogare una potenza pari a quella nominale per ogni ora dell'anno
- **numero di ore equivalenti** = rapporto fra energia prodotta ed energia nominale; dipende solo dalle condizioni meteo della località e può variare da anno in anno.
- **fattore di capacità**: rapporto tra le ore equivalenti e il numero di ore di un anno.

Vantaggi e limiti delle rinnovabili

Vantaggi:

- sono perenni;
- non generano gas serra dette *energie verdi*;
- non sono concentrate in poche aree privilegiate della Terra.

Svantaggi:

- elevati costi (dovuti al costo degli impianti e della loro manutenzione) in molti Paesi si sono avviate politiche di incentivi;
- non programmabilità, salvo per alcune come la geotermica, le biomasse e l'idroelettrica;
- modesta densità di potenza costruzione di tanti piccoli impianti che rendono gli utenti "produttori e consumatori" rete "smart grid" (vedi più avanti).

Le energie rinnovabili e l'Europa

Direttiva del 2009 nota come "**20-20-20**", l'Unione Europea si è impegnata a:

- Ridurre le proprie emissioni di gas serra de 20%;
- Ridurre del 20% i propri consumi di energia primaria¹;
- Coprire il 20% del fabbisogno energetico globale con fonti rinnovabili di energia.

Gli impegni che si è assunto l'Italia sono piuttosto gravosi, tra cui il raddoppiamento dell'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile e una crescita delle rinnovabili nei trasporti.

¹ Energia primaria = in energetica una fonte di energia viene definita primaria quando è presente in natura e quindi non deriva dalla trasformazione di nessuna altra forma di energia

◆ **L'energia solare: usi termici**

Tipologie di impianti:

- Collettori solari (termici) = produzione di calore
- Sistemi a concentrazione = produzione di calore a temperature molto alte, vapore turbina en. Elettrica
- Pannelli fotovoltaici = produzione di en. elettrica sfruttando l'effetto fotovoltaico

Impianti solari termici (collettori solari)

Tre tipi di collettori solari:

- 1) Collettori piani non vetrati
- 2) Collettori piani vetrati
- 3) Tubi sottovuoto con o senza concentrazione

La principale caratteristica dei collettori solari termici è il loro **rendimento** (rapporto tra en. utile prodotta e l'en. solare disponibile sui collettori). L'**energia utile** è pari al prodotto della quantità di fluido scaldato (detto termovettore) per il suo calore specifico e per il salto di temperatura che subisce.

Perdite:

- **ottiche**: dovute alle riflessioni della copertura vetrata, se presente, o della piastra captante, che impediscono il totale assorbimento ➡ uso di vetri speciali antiriflettenti e piastre rivestite di vernici nere.
- **termiche**: dovute alla differenza di temperatura tra collettore e ambiente esterno ➡ spesso strato di isolante termico sulla parte posteriore e laterale e uso di vernici dette selettive per le perdite frontali.

Nei collettori a tubi sottovuoto si pratica il vuoto intorno alla piastra captante —> meno perdite.

Tutti i collettori al crescere della temperatura del fluido riscaldato hanno un rendimento minore. Per questo si prestano soprattutto per impieghi in cui il calore richiesto sia a temperatura modesta (*acqua calda sanitaria*). È importante che l'utenza sia continua nel tempo perché lo sfruttamento sia ottimale.

Un'interessante prospettiva è l'utilizzo dell'energia solare per la produzione di freddo, in particolare per l'acqua refrigerata per gli impianti di condizionamento in estate.

➔ Vantaggi: maggiore richiesta nei momenti in cui l'irraggiamento è max e meno carico sulla rete elettrica. Per trasformare il calore solare in freddo si utilizzano macchine frigorifere ad assorbimento, che hanno però costi elevati e rendimenti modesti alle temperature raggiungibili dai collettori solari.

L'energia termica generata per via solare può essere utilizzata anche in alcuni tipi di industria.

Impianti solari a concentrazione

Sistemi utilizzati solo in regioni caratterizzate da elevati livelli di irraggiamento e i quali concentrano la radiazione solare, mediante sistemi ottici, su piccole superfici in modo da ottenere superfici elevate.

Tre tipologie:

- 1) sistemi a riflettore parabolico: hanno potenze limitate, un'area di captazione di qualche centinaio di metri quadri e affinché i raggi vengano centrati esattamente nel fuoco del paraboloide è necessario che il suo asse sia sempre parallelo ai raggi solari;
- 2) sistemi a torre: hanno potenze maggiori, sono costituiti da grandi campi di specchi piani orientabili detti *eliostati*, i quali riflettono i raggi del sole sulla sommità di una torre (h può superare i 100 m) dove vi è una caldaia che produce vapore in pressione, che viene poi inviato a una turbina (anch'essa sulla sommità) o a un serbatoio di accumulo;
- 3) sistemi a parabole lineari: importante è la centrale Enel-Enea a Siracusa, per la concezione e l'uso di materiali innovativi.

Energia solare fotovoltaica

Inizialmente utilizzati solo per le utenze lontane dalle reti elettriche, i pannelli fotovoltaici si sono largamente diffusi grazie alla diminuzione dei costi e all'aumento della loro efficienza (sistemi connessi in rete).

I principali produttori sono Cina, Giappone, Stati Uniti ed Europa (la quale continua ad essere il principale mercato).

Il principio su cui si basano i pannelli è il seguente: i fotoni, ovvero i quanti di energia emessi dal Sole, quando raggiungono un materiale semiconduttore sono in grado, se possiedono sufficiente energia, di creare una coppia "elettrone-lacuna". Gli elettroni, se adeguatamente orientati da un campo elettrico, vanno a formare una corrente elettrica

Due famiglie di turbine:

1) **Ad asse verticale:**

- vantaggi = non necessitano né di una torre né di un sistema di controllo dell'*imbardata*.
- svantaggi = bassa efficienza.

2) **Ad asse orizzontale:** numero variabile di pale, torri più diffuse sono in acciaio tubolare a sezione conica, per aumentare la robustezza e l'aerodinamicità. al crescere dell'altezza si ha un aumento di costo ma anche di potenza prodotta.

Le turbine possono essere anche suddivise per taglia in piccola, media e grande.

I *parchi eolici*, detti *wind farms*, sono costituiti da grandi insiemi di turbine in località particolarmente ventose e poco abitate, oppure **offshore**, al largo della costa marina in zone di bassi fondali. Essi minimizzano i costi di manutenzione e permettono di sfruttare al meglio le potenzialità eoliche di un'area (pur mantenendo una distanza minima longitudinale tra le pale).

Problemi ambientali:

- Estetici: sono ingombranti, rovinano la bellezza dei paesaggi naturali;
- Acustici: eccessiva rumorosità -> studi sull'aerodinamicità delle pale;
- Ecologici: distruzione dell'avifauna.

Per ovviare a queste obiezioni e aumentare la producibilità, sono aumentate il numero delle turbine offshore, la cui collocazione riduce l'impatto visivo e il disturbo acustico, anche se sembra avere effetti dannosi sulla fauna ittica.

Offshore realizzate in fondali poco profondi studio di strutture galleggianti.

◆ **Le biomasse**

Si definiscono biomassa **tutti i materiali organici prodotti dalle piante o da ogni processo che riguarda la vita**.

Essa è considerata una fonte di energia "carbon-neutral" perché nella sua combustione produce tanta CO₂ quanta ne assorbe per costituirsi.

È possibile classificare le biomasse in base a:

- Natura del materiale;
- Uso finale (calore, elettricità, trasporti);
- Stato fisico (solida, liquida o gassosa).

Le biomasse costituiscono una delle più importanti fonti energetiche rinnovabili.

Vantaggi:

- prezzo non legato a quello del petrolio
- contenuto minimo di zolfo nelle emissioni
- miglioramento delle condizioni idrogeologiche del territorio.

Di fatto le biomasse CO₂ non hanno emissioni di CO₂ nulle, in quanto nelle fasi di coltivazione e soprattutto di trasporto richiedono energia devono essere utilizzate nei pressi delle località di produzione per ridurre contributo su emissione di CO₂. La combustione della maggior parte delle biomasse prevede la produzione di agenti inquinanti a livello locale
 → vantaggi ambientali a livello mondiale ma non a livello locale. Le biomasse vegetali hanno un'efficienza produttiva diversa, legata alla modalità con cui realizzano la fotosintesi.

Sistemi di conversione delle biomasse:

- **Termochimici:** richiedono biomassa secca e con basso contenuto di azoto; combustione, carbonatazione, gassificazione e pirolisi sono le principali tecnologie. I dispositivi sono simili alle normali caldaie, con opportune modifiche per il funzionamento ed il mantenimento;
- **Biochimici:** fanno ricorso all'attività di batteri e microrganismi;
 - esempio 1: digestione anaerobica permette di produrre biogas utilizzati lì sul posto da motori per la produzione di elettricità e calore
 - esempio 2: fermentazione alcolica e di esterificazione degli oli vegetali si producono il bioetanolo e il biodiesel (entrambi biocarburanti).

Queste fasi non si realizzano necessariamente tutte. Inoltre la relazione risorsa energetica – uso finale non è sempre del tipo uno a uno ma può essere del tipo uno a molti, realizzando la cosiddetta *catena energetica*. Molte delle strategie di ottimizzazione dello sfruttamento di fonti di energia trovano limite nelle difficoltà di accumulo di energia.

Uno strumento interessante nell'analisi energetica è il *diagramma di Sankey*, un diagramma di flusso che consente di seguire il flusso di una certa grandezza, in questo caso il flusso di energia dalle risorse all'utilizzazione, in cui la larghezza della freccia è proporzionale al flusso energetico. Le frecce inoltre possono indicare i processi che vengono attuati e le eventuali perdite.

I dati riportano come fonte più utilizzata quella dei fossili, e i maggiori utilizzatori sono gli edifici seguiti dall'industria e dai trasporti.

◆ **Settore civile**

Ogni persona e ogni sistema produttivo o sociale è un utilizzatore dell'energia, detto **utente finale**. Utilizzano sia direttamente l'elettricità o i vettori energetici, sia convertendo quest'ultimi in energia meccanica o calore.

Vi sono grandi perdite energetiche: circa **75-80%**.

Il settore civile viene suddiviso a sua volta in:

- residenziale: riferito agli immobili adibiti all'abitazione delle persone
- terziario: riferito a tutti gli edifici che forniscono un servizio alle persone o alle imprese

Occorre tenere sempre presente che è fondamentale l'utilizzo a necessità, ovvero che l'utente ha necessità di una comodità d'uso e della disponibilità al bisogno.

L'andamento dei consumi a livello mondiale ha registrato un considerevole aumento dovuto ai paesi in via di sviluppo ed al mutamento del loro stile di vita; dai dati inoltre emerge che l'uso energetico su cui occorre operare interventi di risparmio con miglioramenti tecnologici o di isolamento è quello termico (elettrodomestici e lampade di classe energetica a basso consumo, elementi di isolamento termico degli edifici..).

◆ **Industriali**

I consumi del settore industriale sono cresciuti negli ultimi vent'anni a causa della forte espansione in ambito industriale dei paesi in via di sviluppo, soprattutto la Cina. Solo dopo il 2009 si è registrata una fase di stazionarietà a causa della recessione che ha investito i paesi occidentali e in particolare gli USA.

◆ **Trasporti**

Il trasporto è il modo con cui si realizza la mobilità, ovvero la capacità di un sistema sociale di organizzare flussi di persone, merci, animai e informazioni. Il modo con cui si realizza la mobilità può essere classificata in diversi modi. Il consumo energetico mondiale in questo settore è aumentato incremento della mobilità.

L'approccio si divide in due analisi: una riguarda i processi energetici sul veicolo e l'altra considera i processi energetici riguardanti il carburante fino alla sua introduzione nel veicolo. L'effetto del trasporto è la combinazione tra i due. Al fine di ridurre le emissioni, bisognerebbe introdurre nuove tecnologie o incentivare l'uso di tecnologie già esistenti.

◆ **Militari**

Il settore militare impiega l'energia per:

- gli uffici e le caserme;
- trasportare mezzi, armi e militari;
- svolgere addestramenti;
- svolgere attività di controllo territoriale;
- sperimentare, produrre e utilizzare armi;
- realizzazione delle strutture logistiche necessarie;
- svolgere azioni di guerra.

La trazione elettrica ferroviaria

Si poneva il problema di alimentare i due poli del motore: uno venne collegato alla rotaia, utilizzata come conduttore, e uno a un contatto mobile che si spostava lungo la rete elettrica disposta sopraelevata sulla rotaia (linea aerea realizzata con un solo conduttore). La prima vera locomotiva elettrica fu presentata da **Siemens** all'esposizione di Berlino (1879).

Visti i vantaggi, iniziò subito la rapida diffusione della trazione elettrica sia per il trasporto in superficie (treni, tram, filobus) che interrato (metro). Vi furono poi numerosi studi e cambiamenti dovuti alla scelta di alimentazione in corrente continua piuttosto che alternata e la scelta del motore per l'opportuna alimentazione. La soluzione fu la linea aerea in corrente continua, e con lo sviluppo dell'elettronica di potenza si crearono motori capaci di adattarsi all'alimentazione scelta.

I motori elettrici hanno rendimenti elevati; la trazione elettrica consente la *frenatura elettrica*, che consiste nello sfruttare le caratteristiche del motore per ridurre la velocità senza utilizzare i freni. La *frenatura elettrica rigenerativa* consiste nell'utilizzare il motore elettrico come generatore, il quale sottrae en cinetica al convoglio e la riversa in rete come elettrica.

Per i trasporti cittadini: *metropolitane* (minimo impatto sull'estetica ambientale ma costose), *tram* (alimentati da linee aeree), *tram intermodali* (tram che viaggiano sia su percorsi tranviari che ferroviari) e *filobus* (senza rotaie, si alimentano da una linea aerea. Ultimamente si sta pensando alla realizzazione di autobus elettrici.

Rete elettrica ferroviaria

Per i **trasporti extraurbani** le soluzioni attualmente in pratica sono a corrente continua o alternata, a seconda dello Stato, e in alcuni vi sono entrambe in quanto uno è un sistema già esistente (costoso da modificare).

Alta velocità e treni del futuro

Lo sviluppo sociale ed economico dei Paesi si basa anche sulla possibilità di trasportare velocemente persone e cose **Treni ad Alta Velocità (TAV)** per il trasporto esclusivo di persone, **Treni ad Alta Capacità (TAC)** per il trasporto di persone e merci. L'esigenza dell'alta velocità iniziò a sentirsi negli anni '60 in Giappone; essa è oggi ritenuta un mezzo di integrazione dei popoli sul continente e di creazione di mercati competitivi più ampi. I progetti europei prevedono di completare una rete europea nel 2050 problemi di interoperabilità convergenza sugli standard, soprattutto per la sicurezza.

Una soluzione interessante è costituita dai *treni a levitazione magnetica* basati sull'uso di un motore lineare, che sfrutta l'attrazione/repulsione fra conduttori fissi e conduttori liberi di muoversi.

Rete elettrificata in c.c.

La tensione continua della linea aerea viene ottenuta utilizzando un convertitore statico che preleva la corrente alternata dalla rete di trasmissione. Ogni stazione di trasformazione/conversione alimenta un tratto della rete ferroviaria; i tratti alimentati da stazioni diverse sono tra loro isolati da un tratto neutro. Il circuito di ritorno è costituito dai binari collegati a terra; se questo non è perfettamente isolato, parte della corrente di ritorno può interessare il terreno —> fenomeno delle **correnti vaganti** corrosione delle strutture metalliche nel terreno (pericolosa come nel caso dei ferri del c.a.)

Rete elettrificata in c.a.

Due varianti: a *frequenza ferroviaria* e a *frequenza industriale*. Il ricorso a tensioni più alte riduce le correnti e quindi concede conduttori di sezione ridotta strutture più leggere e meno costose.

I trasporti

La maggior parte dei trasporti utilizza come energia primaria i fossili liquidi; più dei due terzi dell'energia va dispersa in perdite ampi margini di miglioramento. Previsioni: la mobilità è destinata ad aumentare, viaggeremo di più e più velocemente. Sia ha la necessità di un sistema globale di trasporti in grado di sostenere uno sviluppo economico e sociale equo e sostenibile, che rispetti la sicurezza delle persone e l'ambiente.

Si possono ipotizzare due tipi di sviluppo: **sviluppo libertario** (affidato alle logiche competitive di mercato e più aperto agli interessi individuali) e uno **sviluppo regolato** (soggetto a maggiori controlli governativi, che privilegino gli interessi collettivi) lo sviluppo reale sarà una via intermedia tra i due.

Il progresso e l'espansione del benessere sono accompagnati dall'acquisto di auto espansione della mobilità privata. Ciò ci riconduce a uno dei problemi più rilevanti: l'emissione di CO₂.

Le emissioni di gas serra delle fonti naturali sono quasi completamente assorbite da elementi della natura quali le piante la natura è tale da rendere le sue emissioni nulle. A scombinare l'equilibrio sono le emissioni dovute alle attività umane,

Climatizzazione: condizionamento

I quattro fattori si equivalgono per importanza; vi sono accorgimenti per ridurre o evitare il ricorso al condizionamento, quali l'aerazione notturna per abbassare di qualche °C la temperatura dell'aria e di assorbire i carichi termici del giorno successivo, o l'uso di schermi per evitare l'ingresso di grandi quantità di energia attraverso le finestre.

Usi elettrici

È una questione di stile di vita; nel caso degli apparecchi elettrici, la loro crescente diffusione ha determinato un crescente consumo di elettricità. Alcune regole: non collocare frigoriferi vicino fonti di calore e controllare guarnizioni, non inserire cibi caldi in frigo, non regolare su temperature troppo basse il frigo e il freezer, utilizzare sistemi di illuminazione locale piuttosto che centralizzato e ricordarsi di spegnere le luci.

Acqua calda sanitaria

L'uso dell'acqua calda sanitaria è legato alle abitudini di vita degli utenti; l'uso diffuso dell'acqua calda per l'igiene personale è uno dei grandi e recenti progressi dei popoli "ricchi" che ha portato a un miglioramento delle condizioni di salute e all'allungamento della vita media. Occorre limitare lo spreco.

Cottura dei cibi

Non è necessario modificare le proprie abitudini culinarie, basta seguire alcune regole come: non usare quantità eccessive d'acqua per far bollire i cibi, non usare pentole troppo grandi e pesanti dove non necessario, usare fornelli con dimensioni coerenti con quelle della pentola, coprire sempre le pentole col coperchio (salvo quando viene richiesto altrimenti), non aprire il forno durante la cottura, scongelare i prodotti congelati nel frigo prima della cottura.

Tecnologie consolidate e innovativeAzioni sulla domanda

- 1) riscaldamento: adeguato spessore di isolante (tanto maggiore quanto più freddo è il clima della località), finestre ad alta efficienza (dotate di doppio vetro, ad elevata tenuta all'aria e all'acqua) e riduzione del cambio d'aria (governato dalle persone, pochi minuti un paio di volte al giorno);
- 2) condizionamento: dipende dai carichi solari che penetrano attraverso le finestre e da quelli generati all'interno dell'edificio dall'uso di luci e apparecchiature → sistemi di schermatura (interni o esterni) per le finestre. Una nuova tecnica è l'uso dei materiali detti *a cambiamento di fase*, appartenenti alla famiglia delle paraffine, i quali assorbono calore fondendosi per poi rilasciarlo a temperature più basse → cercano di mantenere la temperatura ambiente;
- 3) illuminazione: vetrate di dimensioni adeguate (minimo = un ottavo della superficie del pavimento).

Azioni sulla produzione di energia

- 1) cottura dei cibi: i più comuni sono i fornelli che rilasciano calore al cibo contenuto nelle pentole attraverso la combustione del gas in un dispositivo detto bruciatore; la scelta del bruciatore dipende dalla forma e dalle dimensioni della pentola (evitare spreco di combustibile e rischio danneggiamento della pentola). Vi sono inoltre i piani di cottura elettrici che sono dotati di un piano in vetroceramica al di sotto del quale c'è un sistema a induzione alimentato elettricamente.
- 2) Acqua calda: scaldacqua più diffusi sono quelli a gas, poi ci sono quelli dotati di resistenza elettrica che usano un'en pregiata come quella elettrica; e infine sono particolarmente inefficienti gli impianti centralizzati. Tutt'altro sono gli scaldacqua solari o a pompa di calore.
- 3) Apparecchi elettrici e di illuminazione: diffusione di elettrodomestici ad alta efficienza, così come le lampadine; inoltre sempre più diffusi i sistemi di accensione/spegnimento automatici;
- 4) Riscaldamento: impianti convenzionali come caldaie, impianti più complessi come le pompe di calore, fino a impianti molto efficienti come i pavimenti radianti; bisogna controllare adeguatamente la ventilazione;
- 5) Condizionamento: solitamente impianti autonomi alimentati da corrente elettrica, di basso costo ed efficienza; interessanti e poco utilizzati sono gli impianti frigoriferi ad assorbimento.

La liberalizzazione elettrica

Sistema di generazione: da monopolio a *sistemi privati di produzione* (IP o GenCo) mercato concorrenziale, gli utenti scelgono da chi acquistare energia.

Sistema di trasmissione: monopolio naturale (tralicci appartenenti a una sola impresa), è affidato a una società concessionaria (TSO), che deve garantire neutralità tra produttori e consumatori.

Sistema di distribuzione: monopolio naturale, assegnati in concessione a società diverse (DSO), evitando conflitti tra produttori e consumatori.

Broker: intermediari tra produttori e consumatori.

Prosumatore: soggetto in grado di consumare e produrre in elettrica sia per se che per la rete.

I consumatori possono acquistare energia elettrica dai produttori o con accordi diretti o con transazioni sul mercato della borsa elettrica (funziona come un normale mercato per azioni). La borsa si basa su previsioni di carico, che poi possono differire dalla realtà *congestione*: a una linea si chiede di trasportare più della corrente possibile aggravi di costi e opportunità di mercato per chi deve sopperire all'en mancante.

Servizi ancillari: riguardano l'ammissibilità, la sicurezza, il controllo, etc.

Blackout: guasto sicurezza non è garantita, i produttori hanno intervallo di tempo per ripristinare la sicurezza altrimenti vi sono altri guasti e quindi il blackout.

È aumentata la richiesta di sfruttare le fonti rinnovabili cambia l'uso della rete di distribuzione, che deve veicolare anche l'en proveniente dai consumatori aumentano i rischi di guasto per le centrali elettriche non opportunatamente modificate (utilizzate in modo imprevisto).

Verso le smartgrid

Nuova rivoluzione industriale, la *smart grids* (reti elettriche intelligenti) differisce dalle reti precedenti perché affianca all'infrastruttura elettrica per l'energia una capillare infrastruttura informatica per l'energia, in grado di ricevere segnali e trasmettere comandi alla maggior parte dei componenti. liberalizzazione dell'energia, che vede il consumatore trasformato in un gestore responsabile delle proprie necessità energetiche; problema di affidabilità e sicurezza. Agli stessi utenti va riconosciuta la libertà di trasformarsi in produttori.

Per iniziare questa rivoluzione, è necessario partire dallo *smart prosumer*, mettendo l'utente e i suoi interessi economici e sociali al centro del processo di cambiamento vantaggi economici per l'utente = creazione di *microreti*: le microreti sono l'insieme aggregato di utenti con capacità di generazione e con domanda flessibile, in grado di operare collegata alla rete, ma anche di separarsi e sopravvivere in caso di bisogno e di convenienza.

- Emissioni Italia di CO₂ nel 2012: 0.46 Gt CO₂

Emissioni pro-capite in Italia nel 2012*: 7.6 tCO₂

Emissioni pro-capite in USA nel 2007**: 20 tCO₂

Emissioni di CO₂ nei processi energetici
Fattori di emissione di diversi combustibili
(tCO₂/TJ), IPCC 2006

Combustibile	Fattore di emissione (tCO ₂ /TJ)
Carbone	101
GPL	63.1
Gas naturale	56.1
Benzina	69.3

Emissioni di altre sostanze che contribuiscono all'effetto serra

- Metano CH₄
- Ossido di azoto N₂O
- Clorofluorocarburi

Gas	Concentrazione	GWP (100 anni)	Tempo di permanenza in atmosfera (anni)	Radiative forcing (W/m ²)
CO ₂	383 ppm	1	Variabile (5-200)	1.66
CH ₄	≈1800 ppb	21	12	0.5
N ₂ O	≈319 ppb	310	114	0.16
CFC	≈1 ppb	140-10000	5-250	0.34

Global warming potential - GWP- di un gas rispetto all'anidride carbonica. Si valuta in un intervallo di tempo ben preciso (es. 100 anni) e si riferisce all'efficienza radiativa di ciascun gas, ovvero all'effetto incrementale sul RF della CO₂ dovuto ad perturbazione di un 1 kg di CO₂ rispetto al valore di riferimento (378 ppm nell'ultimo report di IPCC).

Radiative forcing –RF – è la variazione netta dell'irradianza alla tropopausa mantenendo invariate le temperature della superficie terrestre e della troposfera (condizione di disequilibrio radiativo) (TAR-AR4/IPCC)

Interferenze con la diversità biologica

La biodiversità rischia di essere ridotta e danneggiata dallo sviluppo tumultuoso delle attività umane; essa produce molti benefici la sua riduzione è dannosa.

Usi energetici e altre attività intaccano la biodiversità, quali la pesca indiscriminata o la scomparsa di molti habitat.

Le conseguenze immateriali

L'uso esteso dell'energia influenza anche aspetti immateriali delle attività umane.

L'economia

Non tutti possono accedere alle risorse energetiche, a causa della loro distribuzione disuniforme sul pianeta le risorse energetiche diventano anche risorse economiche. 4 aspetti:

- Legame fra Fabbisogno Totale di Energia (TPES) e PIL: poiché l'energia alimenta ogni attività economica di trasformazione e distribuzione;
- L'intensità energetica, intesa come misura dell'efficienza con cui si usa l'energia, tanto più bassa tanto è minore l'energia necessaria a produrre un'unità di ricchezza poiché la si è impiegata con un rendimento più alto;
- Prezzi delle risorse energetiche: le loro vistose oscillazioni dipendono da cause fisiche, tecnologiche, geopolitiche (regionali e mondiali) e i funzionamenti dei mercati finanziari. Un altro fattore che rende i prezzi slegati dalla realtà dei fenomeni è che tengono poco conto delle conseguenze dell'uso di energia sull'ambiente e sulla salute (dette *esternalità*).
- Il valore dell'energia: ci si chiede se è correttamente misurata attraverso il denaro; Georgescu-Roegen propose di passare a scale di valore che tenessero conto della produzione di entropia e quindi legate alle conseguenze fisico-ambientali che derivano dal suo uso.

La qualità di vita

Quantità maggiori di energia disponibile miglioramento condizioni di vita individuale e sociale maggiore disuguaglianza tra i ricchi e i poveri del pianeta.