



E

gd

Gabriele Dragotto
gabriele.dragotto@studenti.polito.it

Energia, progresso e sostenibilità

Energy

ENERGIA

"It is important to realise that in physics today we have no knowledge of what energy is [...]. It is an abstract thing in that it does not tell us the mechanism or the reasons"

PHYSICS TECHNOLOGY BIOLOGY ECONOMY SOCIETY BEHAVIOUR

"People use the word energy to indicate **changes** in the physical world and the immaterial dimensions of mind, emotions and feelings. "

$$[W] = \frac{[J]}{[s]}$$

$$1 \text{ W} \cdot \text{h} = 1[W] \cdot 3600 [s] = 3600 \left[\frac{J}{s} \right] [s] = 3600 \text{ J} = 3,6 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ TEP} = 4.2 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$7 \text{ Oil}_B = 1 \text{ TOE}$$

1. CAMBIAMENTO
2. TRASFERIMENTO
3. PROPRIETA'

SOSTENIBILITA'

Development which meets the **needs of current generations** without **compromising the ability of future generations** to meet their own needs
—Brundtland Commission

PROGRESSO

Spostamento nel tempo verso una situazione **ipotetica di perfezione**

SVILUPPO

Lo sviluppo è la conseguenza **diretta dell'accettazione del progresso, rendendolo possibile**

CRESCITA

Implica la **maggiorazione** di un entità

ENERGIA MONDIALE

$$E = 15 \text{ TW} = 0.5 \frac{J}{\text{Year}}$$

PRINCIPI TERMODINAMICA

PRIMO PRINCIPIO

La variazione dell'energia interna di un sistema termodinamico chiuso è uguale alla **differenza tra il calore** fornito al sistema e il **lavoro** compiuto dal sistema sull'ambiente

$$\Delta U = Q + L$$

SECONDO PRINCIPIO

In un sistema isolato **l'entropia** è una funzione **non decrescente** nel tempo

$$\frac{dS}{dt} \geq 0$$

Prefissi del Sistema Internazionale

10^n	Prefisso	Simbolo	Nome	Equivalente decimale
10^{24}	yotta	Y	Quadrillione	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10^{21}	zetta	Z	Triliardo	1 000 000 000 000 000 000 000
10^{18}	exa	E	Trilione	1 000 000 000 000 000 000
10^{15}	peta	P	Biliardo	1 000 000 000 000 000
10^{12}	tera	T	Bilione	1 000 000 000 000
10^9	giga	G	Miliardo	1 000 000 000
10^6	mega	M	Milione	1 000 000
10^3	chilo	k	Mille	1 000
10^2	hecto	h	Cento	100
10^1	deca	da	Dieci	10
10^0			Uno	1

CO₂

1. 44g/ mol
2. SUBLIMA -70°
3. SOLIDA > 5Pa
4. EMISSIONI 2012: 9.9Mld/Ton

$$CO_2 = 3.67C$$

Pre-industriale: 280 ± 10 ppm

Concentrazione: ≈ 395.17 ppm (29 Settembre 2014, Mauna Loa)

Concentrazione: ≈ 397.64 ppm (12 Ottobre 2015, Mauna Loa)

Concentrazione: ≈ 401.19 ppm (09 Ottobre 2016, Mauna Loa)

Concentrazione: ≈ 403.38 ppm (16 Ottobre 2017, Mauna Loa)

GAS IN ATMOSFERA

Gas	Concentrazione (dati al 2007)	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

PIANETA E VITA

1. **RADIAZIONE SOLARE**
Bilancio radiativo influenzato dai **gas**.
2. **ENERGIA GEOTERMICA**
3. **TETTONICA A PLACCHE**
4. **BIG SPLAT**
5. **CAMPO GRAVITAZIONALE**
6. **GREAT OXYGENATION**
Atmosfera terrestre come prodotto biologico
7. **VITA**
Energia **chimica e termica**.
(3) CARBON NITROGEN AND SULPHUR CYCLES

SOLE

1. He-H
2. 5800K SUPERFICIALI
3. 41% RADIAZIONE VISIBILE
4. CICLO P-P
Produce -per fusione- **4H->1He**:

COSTANTE SOLARE

La costante solare è la **quantità di energia radiante** che arriva sulla Terra dal Sole per unità di tempo e superfici. Include le **frequenze non visibili**

$$S_0 = \sigma T_s^4 \frac{R_s^2}{R_{ST}^2} = 1385 \frac{W}{m^2}$$

TERRA

1. ATMO - LITO - IDRO

2. ATMOSFERA RISULTATO

Processi energetici, chimici e biologici

3. FOTOSINTESI IN FITOMASSE

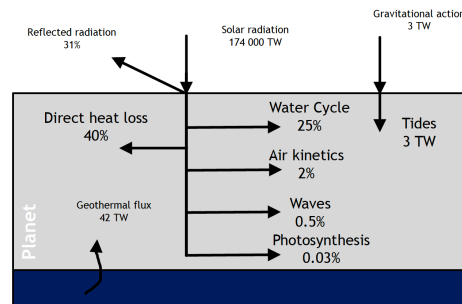
L'uomo consuma **1/4** di queste. **Riduzione del carbonio**

4. MOTI TETTONICI

5. METEO RIMODELLA SUPERFICIE

6. ALBEDO

Misura della **riflessione diffusiva** di diverse superfici. **40% radiazione riflessa**



EFFETTO SERRA

Fenomeno di regolazione della temperatura di un pianeta provvisto di atmosfera, che consiste in una serie di fenomeni che portano **all'accumulo** di **una parte dell'energia termica** proveniente dalla stella

DISSIPAZIONE INFRAROSSA

1. FOURIER

Lancia l'idea intorno al 1827

2. AHRRENIUS

Calcola l'innalzamento di 3°

3. GAS SERRA

Trasparenti alla radiazione solare, ma **assorbono il riflesso** della terra

CORPO NERO

In fisica un corpo nero è un oggetto ideale che **assorbe tutta la radiazione** elettromagnetica incidente **senza rifletterla**, ed è perciò detto "nero" secondo l'interpretazione classica del colore dei corpi.

ESERCITAZIONE CALCOLO 1

In fisica un corpo nero è un oggetto ideale che assorbe tutta la radiazione elettromagnetica incidente senza rifletterla, ma **irradiandola totalmente**

1. COSTANTE SOLARE

$$S_0 = \sigma T_s^4 \frac{R_s^2}{R_{ST}^2} = 1385 \frac{W}{m^2}$$

2. IRRADIANZA MEDIA

$$I_m = S_0 \cdot S_{trasv} = S_0 \cdot \frac{\pi r^2}{4\pi r^2} = \frac{S_0}{4} = 340 \frac{W}{m^2}$$

vs $0.035 \frac{W}{m^2}$ CONSUMPTION

3. T IN ASSENZA DI ATMOSFERA

Assumendo che la terra si comporti come **corpo nero** con un **albedo medio di 0,3**

$$T_e = \left[\frac{S_0(1 - A_p)}{4\sigma} \right]^{1/4} = 255K$$

FLUSSO ASSORBITO $\Phi_S = S_0(1 - A_p)\pi r^2$

FLUSSO RIFLESSO $\Phi_{LW} = 4\pi r^2 \sigma T_e^4$

4. FORZA RADIANTE

Measurement of the **capacity of a gas** or other forcing agents to **affect that energy balance**

POTENZIALE RINNOVABILI

1. FOTOVOLTAICO

Mediamente **efficienza [8%,44%]**

5000m² ad abitante in **Italia - 0.7% Copertura**

2. BIOMASSA

Mediamente **efficienza [0.1,1]. $\frac{W}{m^2}$**

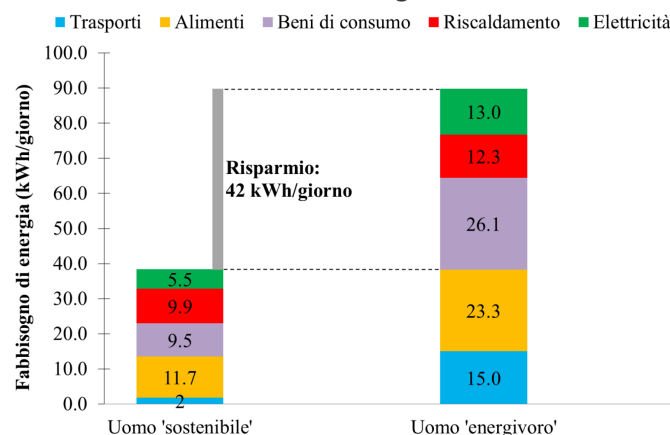
26% Copertura

3. EOLICO

POTENZA MEDIA $p = \frac{1}{2} \rho v^3 = 132 \frac{W}{m^2}$

UOMO SOSTENIBILE

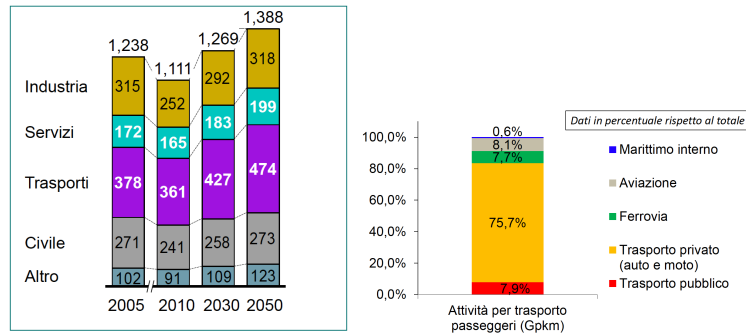
Sostenibile vs. Energivoro



1. LOGISTICA CIBO

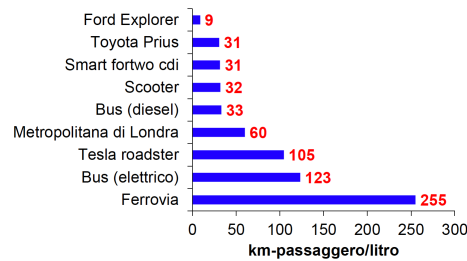
Da **5x a 10x** maggiore del contenuto energetico.

TRANSPORTATION 1. SETTORE PIU' ENERGIVORO EUROPA



2. 75% TRASPORTO AUTO-MOTO

3. EFFICIENZA FERROVIE



4. PARAMETRI

Mediamente un motore ha **efficienza 20-30%**

W2W: Dal pozzo alla ruota, filiera **totale**. $W2W = W2T \cdot W2W$

W2T: Dal pozzo a **serbatoio**.

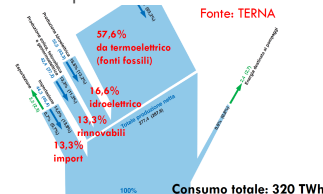
T2W: Perdita nella **trasmissione motore**.

GRID ITALIANA

1. INSEGUIMENTO DEL CARICO

2. ITALIA

Principalmente crescita di **fossile ed eolico**



3. FIXED COSTS

Alti per fonti d'energia rinnovabile.

4. 50% EFFICIENZA TERMOELETTRICO

5. IDROELETTRICI

(2) Fluenti - Accumulo

6. MARGINE DI RISERVA

Alto in Italia. Quantità **eccedente la richiesta nazionale**

$$M_r = \frac{C_{max} - P_{peak}}{C_{max}}$$

7. RAMPA 4GW/h

Dispacciamento delle fonti rinnovabili + minor costo operativo. + Diesel on-demand.

8. INTERMITTENZA + INCERTEZZA RINNOVABILI

9. 5% ACCUMULO

CAES: Aria compressa sotterranea

POMP: Pompaggio bacini

H₂: Ciclo a basso rendimento **30%**

ORGANISMI VIVENTI

Diciamo *viventi* le entità che pur con una grande varietà di modi controllano la propria esistenza, **amministrando i flussi di energia** scambiati con l'ambiente circostante

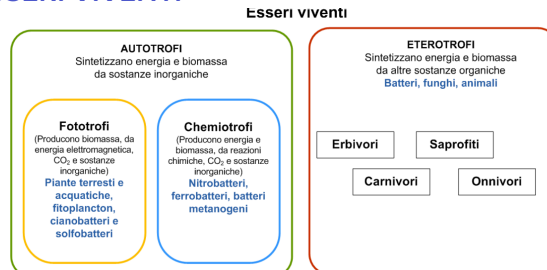
1. CATENA TROFICA

Una catena alimentare con **max 5 links**

FOTO-BIO 1-5%

BIO-BIO 1-15%

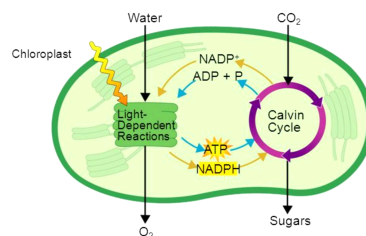
2. ESSERI VIVENTI



3. FOTOSINTESI

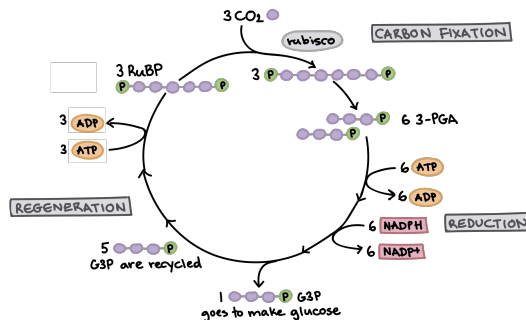


ENERGIA QUANTICA $8Q$, $Q = 3.61 \cdot 10^{-19} J$ **12% EFFICIENZA**



4. CICLO CALVIN

La fase di fissazione del carbonio o ciclo di Calvin comporta incorporazione di CO₂ in composti organici e la riduzione del composto ottenuto **grazie all'ATP ricavato dalla fase luminosa. 3xATP + 2xNADH**



5. METABOLISMO UMANO

Generalmente intorno ai **100W**. Varia in base a **sexso e livello di attività fisica. (80-60W)**

6. CRIPTOBIOSI

Echiniscus arctomys è in grado di **stoppare il proprio metabolismo** in condizioni ambientali avverse.

ENERGIA E SOCIETA' UMANE

1. PRE-INDUSTRIAL SOCIETIES

(3) Potenza muscolare, vento e acqua e biomasse (legno)

85% ANIMATE - 15% INANIMATE

2. TIPI DI UTILIZZO

DIRETTO

Da uomo (metabolismo) + strumenti

INDIRETTO

Uomo costruisce strumenti per **exploiting**

3. NEOLITICO

Cattività animali, rotazione di colture, fertilizzanti, animali da lavoro, irrigazione

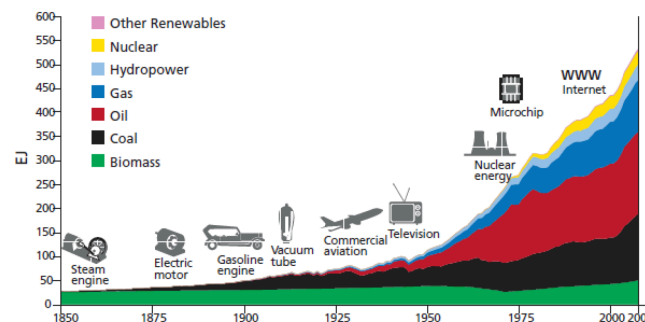
4. GROWING ENERGY INPUT

Da considerare acqua, lavoro umano e animale, irrigagiameto.

5. RIVOLUZIONE INDUSTRIALE - 1.8TOE

(3) Biomasse - Petrolio - Atomo

15% ANIMATE - 85% INANIMATE



CONSEGUENZE USI ENERGETICI

1. EFFETTI

(3) Ambiente - Società - Economia

ASSETS + LIABILITIES

2. SADI CARNOT

Irreversibilità **trasformazioni fisiche**

3. HANPP

HANPP, the Human Appropriation of Net Primary Production, is an aggregated indicator that reflects both the **amount of area** used by humans and the **intensity of land use**. HANPP measures to what extent **land conversion and biomass harvest** alter the availability of biomass energy in ecosystems.

50% Agricoltura - 30% Pascoli - 4% Infrastrutture

4. FONTI ENERGETICHE

3,8ZJ radiazione. 1,3ZJ Geotermica

5. CICLI BIOGEOCHIMICI

BIOTICO

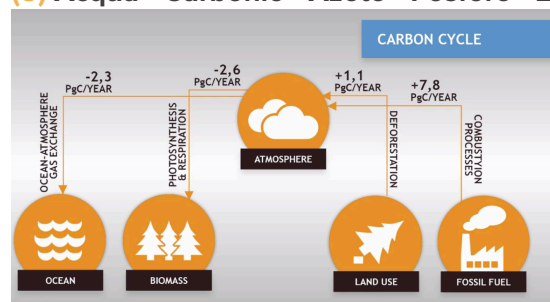
Involves life

ABIOTICO

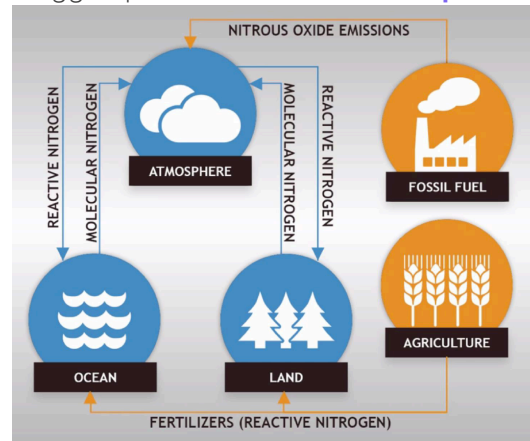
Doesn't involve life

CHIMICO

(5) **Acqua - Carbonio - Azoto - Fosforo - Zolfo**



Maggior parte del **carbonio in acqua**



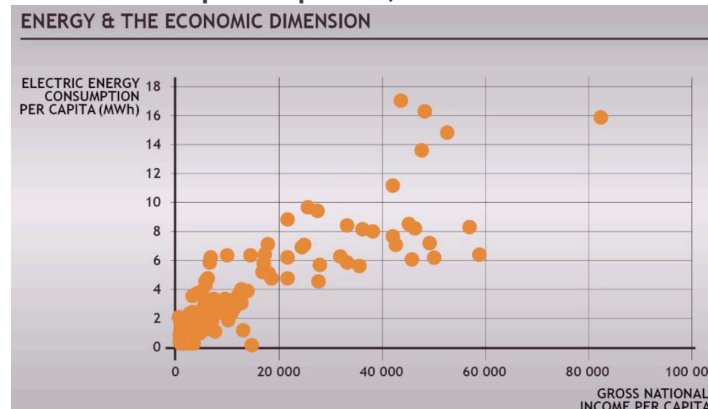
EFFETTI SOCIO ECONOMICI

1. DIRITTO STRUMENTALE

Non è un diritto fondamentale, ma **può ledere i diritti fondamentali**

2. ECONOMIA

Decrescita del **prezzo per mJ**, aumento tonnellate **C**



3. CORRELAZIONE EDUCAZIONE (HDI)

Aumento di **studenti universitari**. Correlazione implicita con **HDI**

4. AGENDA 2030

Plan of action for **people, planet and prosperity**.

Access to sustainable, reliable grid and fuels.



Fuel Poverty, Reliable grid, Electric access

5. IMPORTANZA ENERGIA

(5) Aumento educazione, riduzione fame - **Equalità di genere** - **Informazione** - **Mortalità infantile**

6. GEOPOLITICA

(3) **Avviabilità** - **Accessibilità** - **Convenienza**

UTILIZZO SUOLO

1. 1600 Mha - AGRICOLTURA
2. 600Mha - ARGICOLTURA FORESTALE
3. 400Mha - CITTA'
4. 100Mha - RISERVE IDRICHE
5. 50Mha - INFRASTRUTTURE ENERGETICHE

SVILUPPO SOSTENIBILE

Sustainable development has been defined as **development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It involves an inclusive, sustainable and resilient future for people and planet.**

INQUINAMENTO TERMICO

Per inquinamento termico si intende **un'anomalia, di causa antropica**, delle temperature registrate all'interno di un ecosistema.

DIRETTO INDIRETTO

CAMBIAMENTO CLIMATICO

Climate change is a change in the **statistical distribution of weather patterns** when that change lasts for an extended period of time

1. ARCHIVI

(2) Terra - Società

2. MISURE

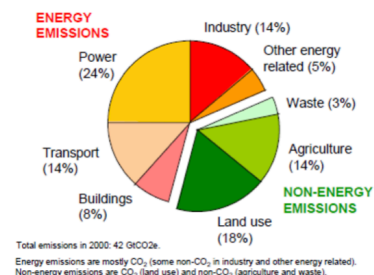
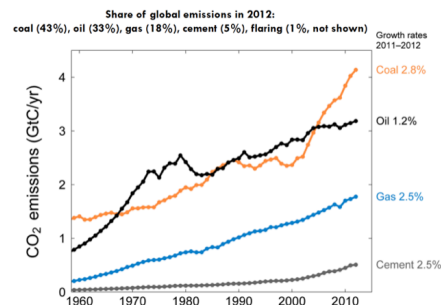
(4) ppm (CO_2) - MMT (Carbonio) - $\frac{KG_{CO_2}}{J}$

3. FATTORI

NATURALI Eruzioni, **costante solare**
ANTROPOG. Emissioni CO_2 CH_4 N_2O

4. CO_2

Depositati 15Ton. Rientrano 30 Ton. **Netto di +15**



GWP

Global Warming Potential (GWP) is defined as the **time-integrated radiative forcing due to a pulse emission** of a given component, relative to a pulse emission of an equal mass of CO₂

NPP E GPP

In ecology, primary production is the synthesis of organic compounds from atmospheric or aqueous carbon dioxide.

Global : TOTAL — Net: of respiration

$$\frac{NPP}{GPP} = 0.5$$

COMBUSTIBILI FOSSILI

1. RISORSE

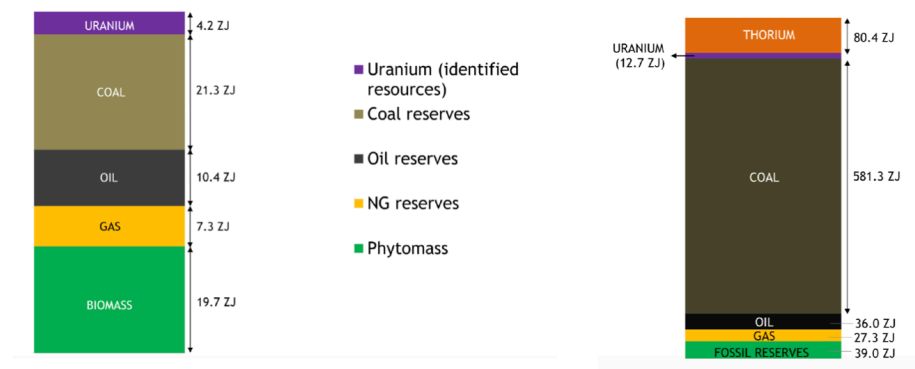
Disponibili per eventuale sfruttamento

2. RISERVE

Fattibilmente sfruttabili con la **tecnologia attuale**

3. RISERVE PROVATE

Esistenti ma non necessariamente sfruttabili



STATI ATTUALI FOSSILI

1. CARBONE

RISERVE 21ZJ — RISORSE 500ZJ

ANTRACITE E BITUMOSO - SUBBITUMOSO - LIGNITE

2. PETROLIO

RISERVE 10 ZJ — RISORSE 26 ZJ

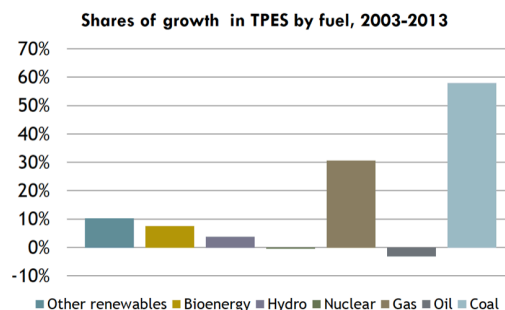
3. GAS

RISERVE 7 ZJ — RISORSE 27 ZJ

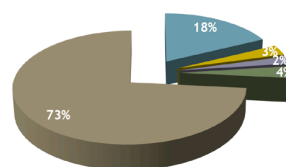
4. NUCLEARE

RISERVE 4 ZJ — RISORSE 88 ZJ

CRESCITA FONTI



Renewable sources share to total renewable primary energy



Hydro Wind Solar, Tide Geothermal Biofuels and wastes

Periodo: 2003-2013

Rateo di crescita medio annuale ~ 1.9% TPES

Rateo di crescita medio annuale ~ 2.5% Rinnovabili

Rateo di crescita medio annuale ~ 11% Rinnovabili 'moderne'

YEA WORLD ENERGY MODEL

The model is a large-scale simulation model, designed to replicate how energy markets function.

CONSUMPTION - SUPPLY - TRANSFORMATION

1. SCENARIOS

(3) **Current - Policy - 450**

2. ASSUMPTIONS

(5) Economic Growth - Demographic Growth - CO_2 Price - Technologies - Energy Prices

1. DECLINING PRICES

For **fossil fuels** in innovative scenarios

2. SLOWER ENERGY GROWTH

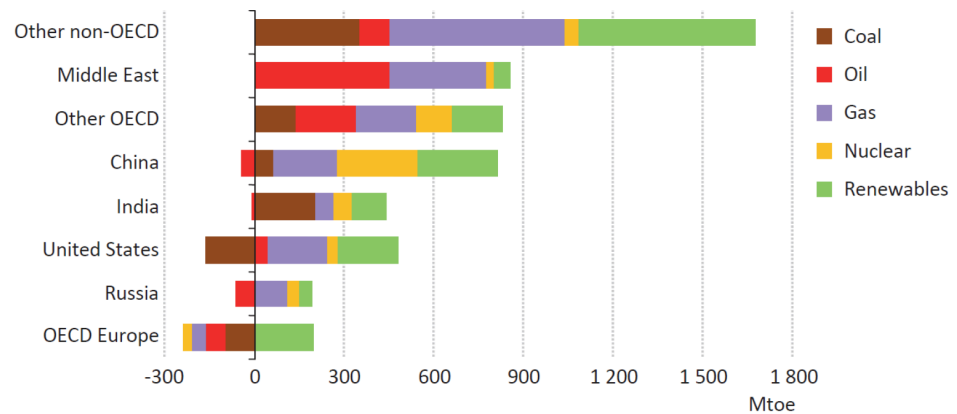
For **innovative scenarios**

3. PERVASIVE ELECTRIFICATION

4. CHANGES IN ENERGY PATTERNS

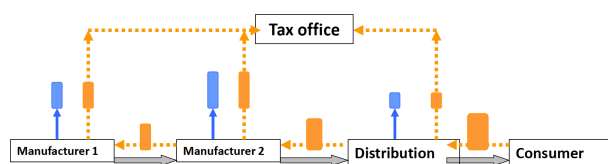
5. MORE TRADING FOR FOSSIL FUELS

6. STABILISING AND DECREASING EMISSIONS



CARBON PRICING

Carbon pricing — the method favored by many economists for reducing global-warming emissions — charges those who emit carbon dioxide

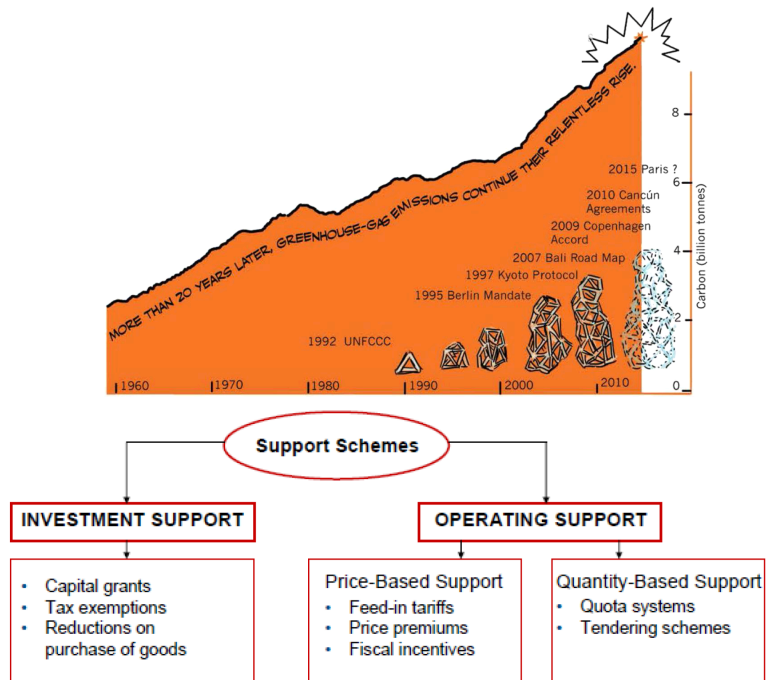


CARBON LEAKAGE

Carbon leakage occurs when there is an **increase** in carbon dioxide emissions in **one country** as a result of an emissions **reduction by a second country** with a strict climate policy.

TRANSIZIONI SOCIETA' UMANA

1. CIVILITA'
2. ORGANIZZAZIONE SOCIALE
3. CULTURA
4. TECNOLOGIA



1. SICUREZZA

Ridurre la dipendenza **dalle fossili, tensioni e fonti intermittenti**

2. PROTEZIONE AMBIENTALE

CFC, Carbon lock-in. **6% Environmental taxes**

3. TRANSIZIONE RINNOVABILI

4. REBOUND

Si realizza quando le politiche di efficienza energetica risultano in un incremento di consumo di beni e servizi.

TAKE-BACK. Aumento del consumo

SPENDING. Acquisto di beni energivori con il risparmiato

INVESTMENT. Aumento dell'attività economico finanziaria

ENERGY
TRANSITION

Diffusione di nuove forme tecnologiche che facilitano produzione e utilizzo dell'energia.

1. SOCIO ECONOMICA

2. AMBIENTALE

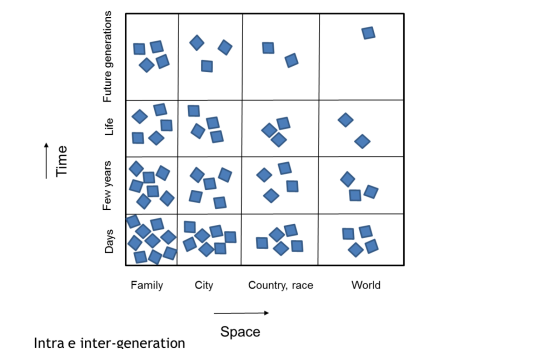
1. SFIDA GLOBALE

2. SFIDA INTER GENERAZIONALE

3. SFIDA INTRA GENERAZIONALE

4. PROCESSO LENTO

5. COMPLESSITA'



1. SVILUPPO GREEN SOURCES

Nonostante vi sia low-penetration and slow growth

2. SMART-GRID

3. CCS

4. EFFICIENZA ENERGETICA

(5) Sicurezza - Prosperità - Sostenibilità - S.Sociale - S.Economico

5. SICUREZZA (4)

Disponibilità — Geologia

Accessibilità — Geopolitica

Convenienza — Economia

Accettabilità — Socio-ambientale

6. ACCUMULO

7. CO-PROVISIONING

8. INFRASTRUTTURE

LIMITS TO GROWTH

Report and computer simulations on **growth of societies**.

1. OVERSHOOTING

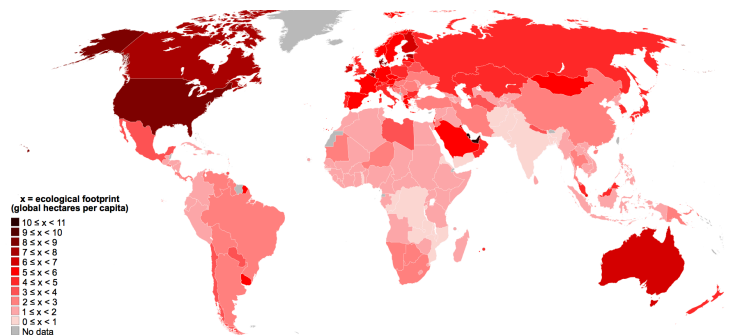
Utilizzo delle risorse oltre la capacità massima

2. NO CRESCITA ESPONENZIALE

3. LIMITE E COLLASSO

IMPRONTA ECOLOGICA

The ecological footprint measures human demand on nature, i.e., the quantity of nature it takes to support people or an economy.



We find ourselves in a vicious cycle of increasingly multidimensional problems, increasing incapacity to think multi-dimensionally; the crisis worsens as fast as the incapacity to reflect on the crisis increases;

Edgar Morin

Note finali

Alcuni dei contenuti presenti nelle seguenti dispense sono stati liberamente tratti dai materiali didattici disponibili al Politecnico di Torino.

Le dispense sono state elaborate dal sottoscritto come complemento allo studio e non intendono in alcun modo sostituire la completezza dei libri di testo e delle lezioni dalle quali sono state liberamente tratte.

Le dispense sono state scritte per l'esame di **Energia, Progresso e Sostenibilità dell'A.A. 2017-18, docente Pierluigi Leone**, corso di laurea in Ingegneria Gestionale L8.

E' doveroso quindi citare alcuni delle fonti da cui sono stati liberamente tratti alcune parti di esercizi e/o metodologie di soluzione:

- Pierluigi Leone, Whiteboard e appunti del corso di Energia, Progresso e Sostenibilità.
- [wikipedia.org](https://www.wikipedia.org)