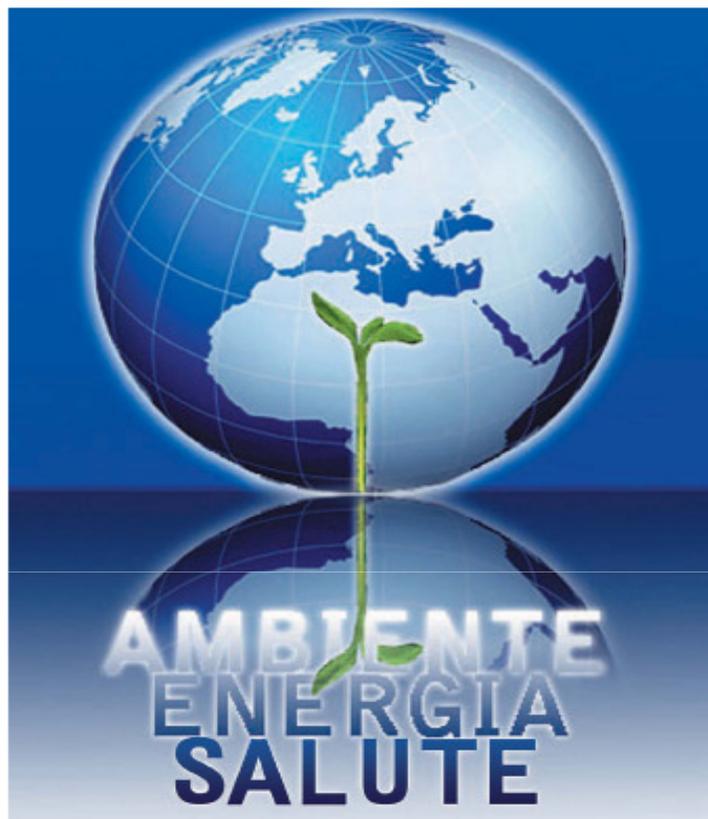


Convegno



Il ruolo della sanità

**Il confronto fra i principali
sistemi di produzione
dell'energia elettrica: strumenti
utilizzabili dai tecnici ambientali**

Comacchio - 16 settembre 2011

Intervento del
Prof. Ing. Alfonso Andretta
Direttore tecnico di SGM Ingegneria
Ferrara (aandretta@rifiutilab.it)

Obiettivi dell'intervento

- *Su cosa si basano le politiche energetiche dei paesi industrializzati? (Il concetto di mix energetico)*
- *Quali informazioni dovrebbero fornire i tecnici ambientali ai politici per decidere il futuro energetico di un paese?*
- *Quali strumenti possono utilizzare i tecnici ambientali per confrontare i diversi sistemi di produzione dell'energia elettrica e, dunque, per fornire indicazioni ai politici?*

Introduzione

“L’essere umano è irrazionale per natura: davanti al rischio per la salute, ascolta distrattamente la scienza e cerca risposte semplici a problemi che gli scienziati definiscono complessi e incerti.”

articolo pubblicato su internazione del 10 06 2011

Obiettivo primario dell’intervento è quello di illustrare in estrema sintesi con quali strumenti oggi lavorano i tecnici ambientali (gli scienziati) per confrontare, anche in prospettiva futura, i diversi sistemi di produzione dell’energia elettrica (problema complesso ed incerto)

Che cosa è il mix energetico

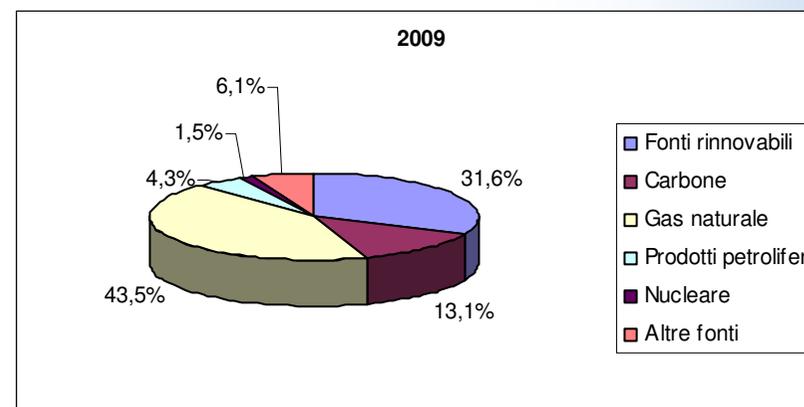
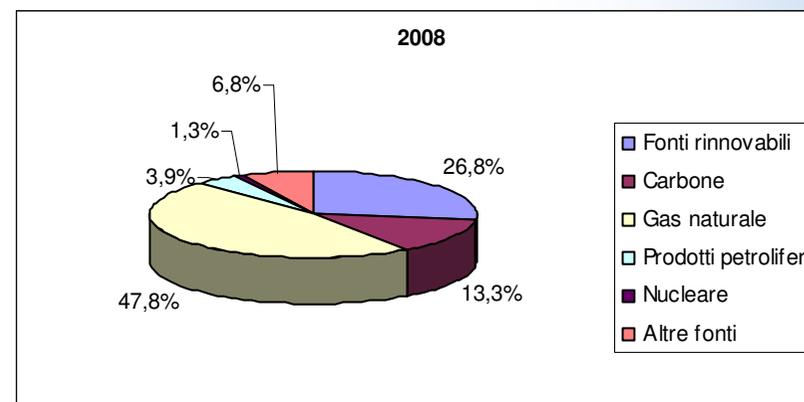
*L'espressione «**mix energetico**» è utilizzata per definire la combinazione delle fonti di energia primaria utilizzate per raggiungere l'obiettivo di approvvigionamento energetico di uno stato.*

Per raggiungere tale obiettivo è possibile utilizzare più fonti energetiche distinte: energia fotovoltaica, termica, idroelettrica, eolica etc. sia attraverso la produzione sul suolo nazionale sia mediante accordi commerciali di acquisto o scambio.”

Il mix energetico (per la produzione di energia elettrica) italiano nel 2008/2009

Composizione del Mix Medio Nazionale utilizzato per la produzione dell'energia elettrica immessa nel sistema elettrico nel 2008 e nel 2009

	Anno 2009	Anno 2008
Fonti primarie utilizzate	%	%
- Fonti rinnovabili	31,6%	26,8%
- Carbone	13,1%	13,3%
- Gas Naturale	43,5%	47,8%
- Prodotti petroliferi	4,3%	3,9%
- Nucleare	1,5%	1,3%
- Altre fonti	6,1%	6,8%



Fonte: <http://www.gse.it/GSE%20Informa/Pagine/FuelMix20082009.aspx>

Quale il mix energetico del futuro?

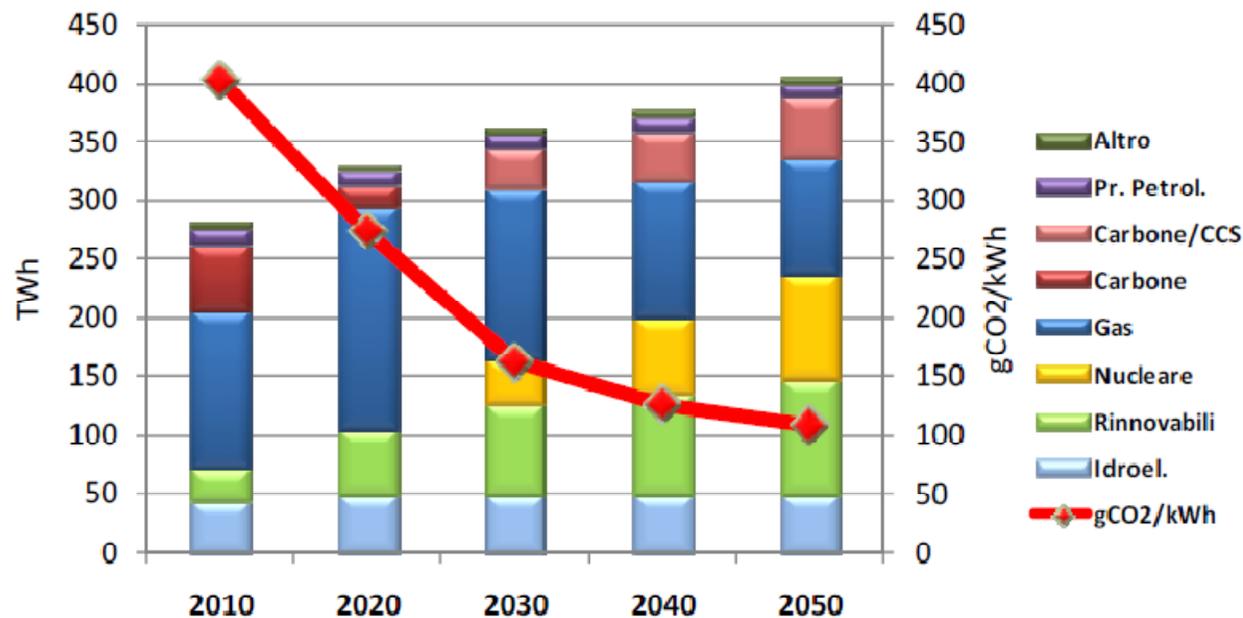
*Semplificando, potremmo affermare che il **compito** di stabilire attraverso quali fonti energetiche verrà soddisfatto il bisogno di uno stato è **dei governi**. Spetta ai politici definire le strategie future.*

*Questo compito, ovviamente, **comporta delle responsabilità elevate**, perchè dalla politica energetica può dipendere il futuro di un intero paese, la sua crescita economica, il raggiungimento e/o il mantenimento di elevati livelli di qualità della vita, la stabilità politica, la coesione sociale, la qualità dell'ambiente, etc.*

A questo punto viene da chiedersi, sulla base di quali informazioni tecniche i decisori politici assumono o assumeranno decisioni così impegnative? Come tecnico, la risposta non può che essere la seguente: sulla base di dati, il più possibile oggettivi, forniti da esperti del settore.

Esempio di previsioni relative a scenari energetici italiani

Figura 4.13: Produzione elettrica netta (TWh) e emissioni specifiche di anidride carbonica (g CO₂/kWh) nello scenario di intervento BLUE HG. Anni 2010-2050



Fonte: elaborazione ENEA

Lo scenario nell'esempio si basa sulle ipotesi di una riduzione della crescita dei consumi energetici (circa il 2% nel 2020 rispetto all'andamento tendenziale). Tale riduzione è più significativa nel lungo periodo (pari al 16% nel 2050). Per quanto riguarda i sistemi di produzione, si riduce, nell'ipotesi fatte, il consumo di prodotti petroliferi (nel 2050 circa il 21% in meno rispetto allo scenario di riferimento) e di gas naturale. Tali riduzioni sono compensate dall'utilizzo delle rinnovabili e del nucleare.

Fonte: ENEA 2009, Rapporto energia e ambiente analisi scenari

Il confronto fra i principali sistemi di produzione dell'energia elettrica: strumenti utilizzabili dai tecnici ambientali

Come si costruisce uno scenario energetico? Quali strumenti si utilizzano?

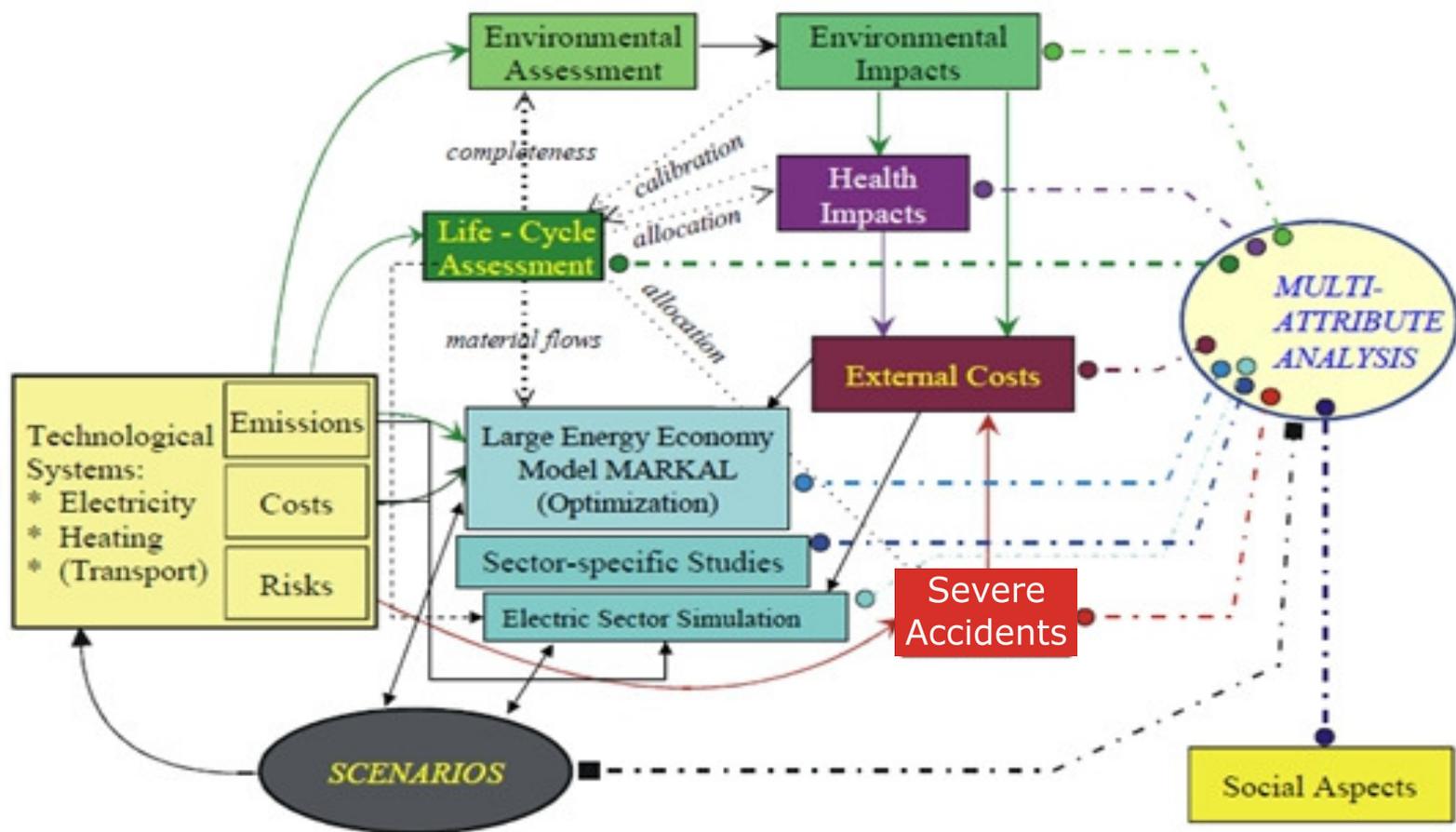
I tecnici ambientali hanno a disposizione strumenti di calcolo e metodi di confronto sempre più evoluti. I metodi di confronto (vedi figura successiva):

1. *sfruttano **l'analisi multi-criterio**;*
2. *dal punto di vista ambientale, si basano sull'utilizzo:*
 - 2.1. *degli studi di impatto ambientale (**SIA**) e del **life cycle assessment** per quantificare i possibili impatti ambientali connessi con la produzione di energia elettrica;*
 - 2.2. *di studi che consentono di valutare il **rischio** e le relative conseguenze di possibili incidenti rilevanti*
3. *dal punto di vista sanitario consentono di stimare - grazie alla quantificazione dei principali impatti ambientali ed adottando lo strumento **dell'analisi di rischio sanitaria** i conseguenti possibili danni alla salute dell'uomo;*
4. *dal punto di vista economico consentono:*
 - 4.1. *di stimare, sulla base degli impatti ambientali e dei danni sanitari prodotti, i **costi esterni** di ciascuna fonte energetica;*
 - 4.2. *di valutare, sulla base di modelli economici costruiti per valutare i **mercati energetici** o sulla base di specifici studi, possibili scenari economici futuri.*

Strumenti per la pianificazione energetica nazionale: considerazioni iniziali

PRO	CONTRO
<ol style="list-style-type: none">1. I tecnici ambientali hanno a disposizione strumenti di calcolo e metodi di confronto sempre più evoluti2. Metodi di confronto evoluti possono fornire indicatori, utilizzabili per le scelte finali, che sono oggettivi3. Le metodologie di confronto, sempre più evolute, consentono di considerare aspetti economici (compresi i costi esterni), aspetti ambientali ed aspetti sanitari	<ol style="list-style-type: none">1. La scelta tra fonti energetiche è un problema complesso ed incerto2. La messa punto di metodologie di confronto, per quanto basate su strumenti di calcolo evoluti, presentano livelli di incertezza3. L'incertezza su alcuni dati può portare a risposte incerte (risposte diverse)4. I risultati degli studi scientifici, basati su concetti e metodi di lavoro complessi, possono essere difficili da tradursi per il più vasto pubblico vasto dei "non tecnici"

Come si costruisce uno scenario energetico? Il quadro degli strumenti di valutazione e le loro interconnessioni



Fonte: Project GaBE (Hirschberg et al., 2000)

Severe accidents (incidenti rilevanti)

Esistono dei metodi per il monitoraggio degli incidenti rilevanti che hanno interessato il settore energetico?

Si, attualmente esistono diversi database in cui sono raccolti i dati storici sia a livello mondiale e sia per singolo Stato. I principali database sono:

- 1. il database **ENSAD** (Energy-related Severe Accident Database) banca dati PSI (Paul Scherred Institut);*
- 2. il database **WOAD** (World-wide Offshore Accident Database) della Norske Veritas che raccoglie le informazioni sugli incidenti nel settore energetico avvenuti in mare aperto;*
- 3. il database Europeo degli incidenti sviluppato nell'ambito del **REACCESS project** .*

*Ma anche banche dati di ampia portata con una copertura generale di incidenti dovuti anche a catastrofi naturali come **MHIDAS, FATTI, HSELINE / LLP, Svizzera Re (SIGMA) e EM-DAT.***

Fonte: NEEDS 2008, Final report on quantification of risk indicators for sustainability assessment of future electricity supply options

Incidenti rilevanti: confronto tra indicatori utilizzati prima dell'incidente di Fukushima

Number of severe accidents and aggregated rates (1969-1996)

Energy Chain	Number of severe accidents world-wide with fatalities # accidents / # fatalities	Number of fatalities per GW _e yr				
		Worldwide	No allocation		With allocation	
			OECD	Non-OECD	OECD	Non-OECD
Coal	187 / 8'272	$3.4 \cdot 10^{-1}$	$1.3 \cdot 10^{-1}$	$5.2 \cdot 10^{-1}$	$1.4 \cdot 10^{-1}$	$5.1 \cdot 10^{-1}$
Oil	334 / 15'623	$4.2 \cdot 10^{-1}$	$1.2 \cdot 10^{-1}$	$8.0 \cdot 10^{-1}$	$3.9 \cdot 10^{-1}$	$4.6 \cdot 10^{-1}$
Natural Gas	86 / 1'482	$8.5 \cdot 10^{-2}$	$5.5 \cdot 10^{-2}$	$1.2 \cdot 10^{-1}$	$6.6 \cdot 10^{-2}$	$1.1 \cdot 10^{-1}$
Hydro	9 / 5'140	$8.8 \cdot 10^{-1}$	$4.0 \cdot 10^{-3}$	2.2	$4.0 \cdot 10^{-3}$	2.2
Nuclear	1 / 31	$8.4 \cdot 10^{-3}$	0	$5.3 \cdot 10^{-2}$	0	$5.3 \cdot 10^{-2}$

Per il calcolo di questi indicatori sono stati considerati solo gli eventi mortali immediatamente conseguenti agli incidenti. Nel caso di Chernobyl, però, si stima che la mortalità latente sia compresa fra 9.000 e 33.000 persone, nei 70 anni successivi all'evento, per Russia, Bielorussia, Ucraina e parte del Nord Europa.

Fonte: Stefan Hirschberg and Roberto Dones Paul Scherrer Institut 1998, Evaluation of Sustainability of Electricity Supply Systems

Incidenti rilevanti: l'incidente di Fukushima

GENERAL DESCRIPTION OF INES LEVELS			
INES Level	People and Environment	Radiological Barriers and Control	Defence-in-Depth
Major Accident Level 7	<ul style="list-style-type: none"> Major release of radioactive material with widespread health and environmental effects requiring implementation of planned and extended countermeasures. 		
Serious Accident Level 6	<ul style="list-style-type: none"> Significant release of radioactive material likely to require implementation of planned countermeasures. 		
Accident with Wider Consequences Level 5	<ul style="list-style-type: none"> Limited release of radioactive material likely to require implementation of some planned countermeasures. Several deaths from radiation. 	<ul style="list-style-type: none"> Severe damage to reactor core. Release of large quantities of radioactive material within an installation with a high probability of significant public exposure. This could arise from a major criticality accident or fire. 	
Accident with Local Consequences Level 4	<ul style="list-style-type: none"> Minor release of radioactive material unlikely to result in implementation of planned countermeasures other than local food controls. At least one death from radiation. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuel melt or damage to fuel resulting in more than 0.1% release of core inventory. Release of significant quantities of radioactive material within an installation with a high probability of significant public exposure. 	
Serious Incident Level 3	<ul style="list-style-type: none"> Exposure in excess of ten times the statutory annual limit for workers. Non-lethal deterministic health effect (e.g., burns) from radiation. 	<ul style="list-style-type: none"> Exposure rates of more than 1 Sv/h in an operating area. Severe contamination in an area not expected by design, with a low probability of significant public exposure. 	<ul style="list-style-type: none"> Near accident at a nuclear power plant with no safety provisions remaining. Lost or stolen highly radioactive sealed source. Misdelivered highly radioactive sealed source without adequate procedures in place to handle it.
Incident Level 2	<ul style="list-style-type: none"> Exposure of a member of the public in excess of 10 mSv. Exposure of a worker in excess of the statutory annual limits. 	<ul style="list-style-type: none"> Radiation levels in an operating area of more than 50 mSv/h. Significant contamination within the facility into an area not expected by design. 	<ul style="list-style-type: none"> Significant failures in safety provisions but with no actual consequences. Found highly radioactive sealed orphan source, device or transport package with safety provisions intact. Inadequate packaging of a highly radioactive sealed source.
Anomaly Level 1			<ul style="list-style-type: none"> Overexposure of a member of the public in excess of statutory annual limits. Minor problems with safety components with significant defence-in-depth remaining. Low activity lost or stolen radioactive source, device or transport package.
NO SAFETY SIGNIFICANCE (Below Scale/Level 0)			

Fonte: INES, The international nuclear and radiological event scale

Incidenti rilevanti: l'incidente di Fukushima

EXAMPLES OF EVENTS AT NUCLEAR FACILITIES			
	People and Environment	Radiological Barriers and Control	Defence-in-Depth
7	<i>Chernobyl, 1986</i> — Widespread health and environmental effects. External release of a significant fraction of reactor core inventory.		
6	<i>Kyshtym, Russia, 1957</i> — Significant release of radioactive material to the environment from explosion of a high activity waste tank.		
5	<i>Windscale Pile, UK, 1957</i> — Release of radioactive material to the environment following a fire in a reactor core.	<i>Three Mile Island, USA, 1979</i> — Severe damage to the reactor core.	
4	<i>Tsushima, Japan, 1999</i> — Fatal overexposure of workers following a criticality event at a nuclear facility.	<i>Saint Laurent des Eaux, France, 1980</i> — Melting of one channel of fuel in the reactor with no release outside the site.	
3	<i>No example available</i>	<i>Sellafield, UK, 2005</i> — Release of large quantity of radioactive material, contained within the installation.	<i>Vandellós, Spain, 1989</i> — Near accident caused by fire resulting in loss of safety systems at the nuclear power station.
2	<i>Atucha, Argentina, 2005</i> — Overexposure of a worker at a power reactor exceeding the annual limit.	<i>Cadarache, France, 1993</i> — Spread of contamination to an area not expected by design.	<i>Forsmark, Sweden, 2006</i> — Degraded safety functions for common cause failure in the emergency power supply system at nuclear power plant.
1			Breach of operating limits at a nuclear facility.

Fonte: INES, The international nuclear and radiological event scale

Incidenti rilevanti: l'incidente di Fukushima principali dati

Fukushima: principali dati		
N	Parametro	Descrizione
1	Cos'è il disastro di Fukushima	Il disastro di Fukushima Dai-ichi è una serie di quattro distinti incidenti nucleari verificatisi presso la centrale nucleare omonima a seguito del terremoto e maremoto dell'11 marzo 2011.
2	Scala INES dell'incidente	Inizialmente fu classificato un incidente di livello 4 ma poi è stato portato a livello 7 (il massimo). Il livello massimo è dato considerando l'incidente nel suo complesso e non solo nei reattori presi singolarmente (livelli da 3 a 5).
3	Morti immediati	Per cause dovute alla radioattività: nessuno Per le operazioni di spegnimento e in seguito allo tsunami: 3
4	Popolazione contaminata	Non esistono dati certi ma si parla di 9 persone contaminate da forti dosi di radioattività e circa 170.000 persone esposte a dosi di radioattività superiori ai limiti consentiti (il livello di tali dosi è stato innalzato dal governo Giapponese a 250 $\mu\text{Sv/hr}$ dai 100 iniziali).
5	Stima costi di bonifica	Si stima una spesa di oltre 130 miliardi di dollari per dimezzare la radioattività presente nell'area interessata al disastro nucleare. Le operazioni di bonifica prevedono la rimozione degli alberi, dei terreni e la pulizia dei tetti contaminati

Popolazione evacuata a Fukushima		
N	Città	Popolazione evacuata
1	Hirono-cho	5.387
2	Naraha-cho	7.851
3	Tomioka-cho	15.786
4	Okuma-cho	11.186
5	Futaba-cho	6.936
6	Namie-cho	20.695
7	Tamura-shi	41.428
8	Minamisouma-shi	70.975
9	Kawauchi-mura	2.944
10	Kuzuo-mura	1.482
11	Totale	184.670

Fonte: <http://pontiniaecologia.blogspot.com/2011/08/nucleare-fukushima-bonifica-radiazioni.html>
<http://www.iaea.org/newscenter/news/2011/fukushima140311.html>

Incidenti rilevanti: come l'incidente di Fukushima ha influito fin da subito sulle politiche energetiche nel mondo (notizie da organi di stampa)

Tab. 1.4 – Fukushima conseguenze internazionali

N	Nazione	Prima di Fukushima	Dopo Fukushima
1	Giappone	Prevista la costruzione di 14 nuovi reattori nucleari	A metà maggio 2011 il primo ministro giapponese, ha deciso di abbandonare i piani per la costruzione dei 14 nuovi reattori previsti. Il 14 giugno 2011 il ministro dell'Industria nipponico, Banri Kaieda, commentando il risultato del referendum italiano ha ricordato che l'energia nucleare "continuerà a essere uno dei quattro importanti pilastri della politica energetica del Giappone".
2	Cina	Prevista la realizzazione di 26 nuovi reattori nucleari	Nei giorni immediatamente seguenti l'incidente di Fukushima, ha sospeso l'autorizzazione alla realizzazione dei 26 nuovi impianti nucleari previsti e ha deciso di effettuare una revisione straordinaria della sicurezza dei siti già esistenti e funzionanti. Le verifiche hanno dato esito positivo, e la Cina continuerà nella costruzione di centrali nucleari, e il programma nucleare non sarà abbandonato.
3	Francia	Politica energetica basata sul nucleare	Il presidente Nicolas Sarkozy ha dichiarato a marzo di non avere timori perché le centrali francesi sono le più sicure al mondo
4	Germania	Preso la decisione di prolungare la vita di alcune vecchie centrali nucleari e di costruire nuove centrali	Angela Merkel ha deciso di sospendere la decisione di prolungare la vita di alcune centrali. Inoltre, i sette reattori più vecchi, costruiti prima degli anni ottanta, sono stati fermati e sottoposti a una moratoria di tre mesi. Il 30 maggio 2011 il governo Merkel ha poi stabilito di uscire dal nucleare nel 2022, cominciando nel breve termine a chiudere gli otto reattori più vecchi (circa metà del parco centrali), altri sei entro fine 2011 ed i restanti tre entro il 2022.
5	Indonesia	Forte politica nucleare	Il governo ha annunciato che, nonostante un elevatissimo rischio sismico, non avrebbe modificato il suo programma nucleare.

Fonte: www.ansa.it, www.wikipedia.org, www.panorama.it, www.interno.it, www.agi.it, www3.lastampa.it, www.corriere.it, www.lemonde.fr, www.ilfattoquotidiano.it

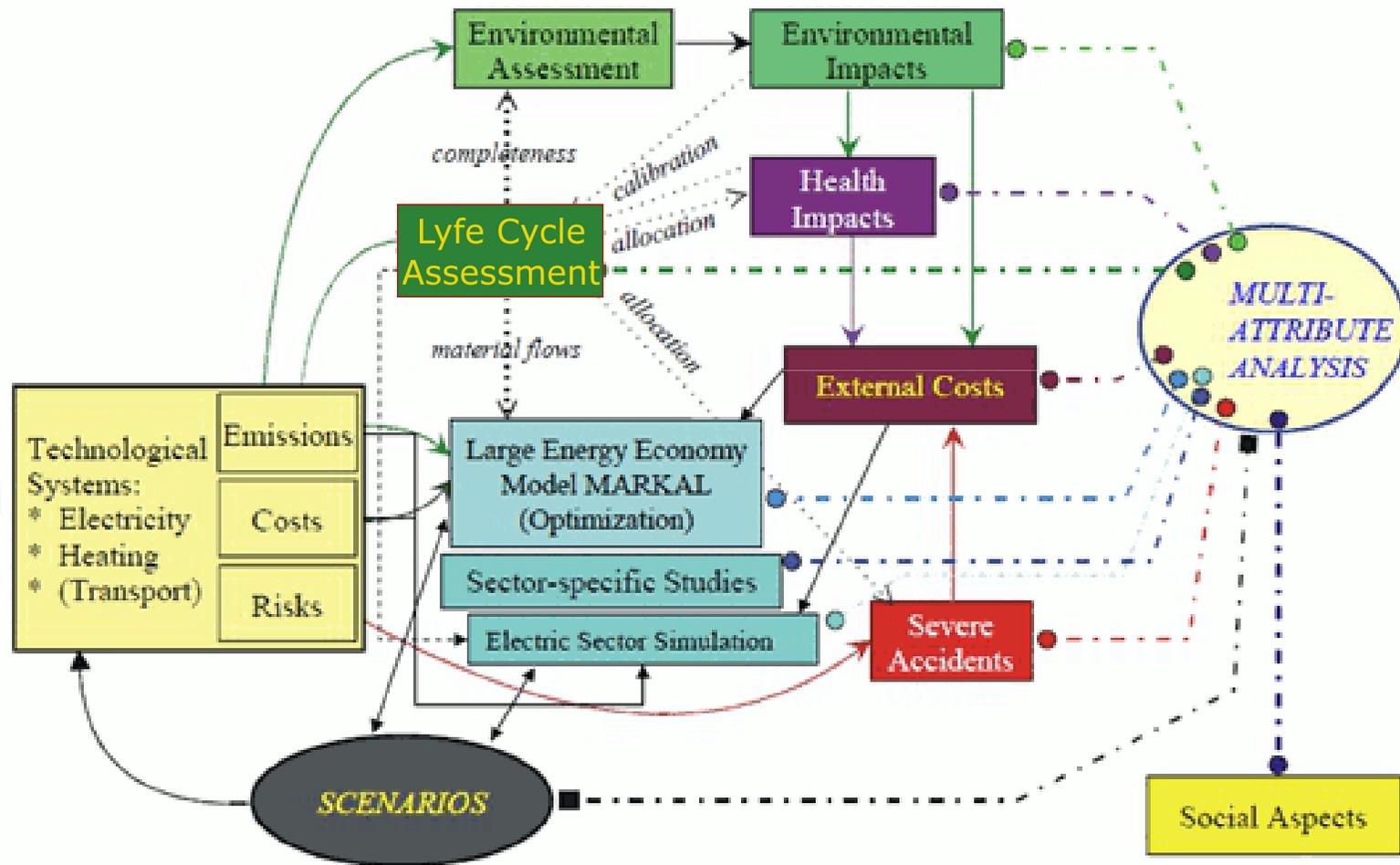
Incidenti rilevanti: come l'incidente di fukushima ha influito fin da subito sulle politiche energetiche nel mondo (notizie da organi di stampa)

Tab. 1.4 – Fukushima conseguenze internazionali

N	Nazione	Prima di Fukushima	Dopo Fukushima
1	Italia	Avviata la fase di riforma legislativa per la realizzazione di centrali nucleari e la scelta dei siti su cui ubicare gli impianti	<p>Inizialmente, il Ministro per l'Ambiente dichiara che «la linea del governo sul nucleare non cambia».</p> <p>Il 23 marzo però il consiglio dei ministri approva una moratoria di un anno sul programma nucleare italiano.</p> <p>Il 19 aprile 2011 il governo italiano decide di inserire nella moratoria l'abrogazione delle norme che avrebbero previsto la possibilità di realizzazione di centrali nucleari in Italia.</p> <p>Il 12 e 13 giugno 2011, con il referendum, viene abrogata la norma che prevede la possibilità, per il futuro, di realizzare nel territorio nazionale impianti di produzione di energia nucleare.</p>
2	Stati Uniti	Forte politica nucleare	Barack Obama ha negato che l'incidente giapponese rallenterà la ripresa nucleare americana, aggiungendo che le centrali americane sono sicure
3	Svizzera	Pianificazione della realizzazione di nuovi reattori nucleari sul territorio	<p>L'Ufficio Federale per l'Energia ha annunciato la sospensione del nuovo programma nucleare al fine di riesaminare e modificare gli standard di sicurezza.</p> <p>Il 22 marzo, il parlamento cantonale di Argovia ha bocciato la richiesta di socialisti e Verdi di sottoporre alle Camere federali un'iniziativa per l'uscita dal nucleare.</p> <p>il 25 maggio 2011, il Consiglio Federale svizzero ha deciso di fatto l'abbandono graduale della fonte nucleare, bloccando la costruzione dei nuovi reattori pianificati e confermando la chiusura delle centrali tra il 2019 e il 2034</p>

Fonte: www.ansa.it, www.wikipedia.org, www.panorama.it, www.interno.it, www.agi.it, www3.lastampa.it, www.corriere.it, www.lemonde.fr, www.ilfattoquotidiano.it

Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: il life cycle assessment



Fonte: Project GaBE (Hirschberg et al., 2000)

Il confronto fra i principali sistemi di produzione dell'energia elettrica: strumenti utilizzabili dai tecnici ambientali

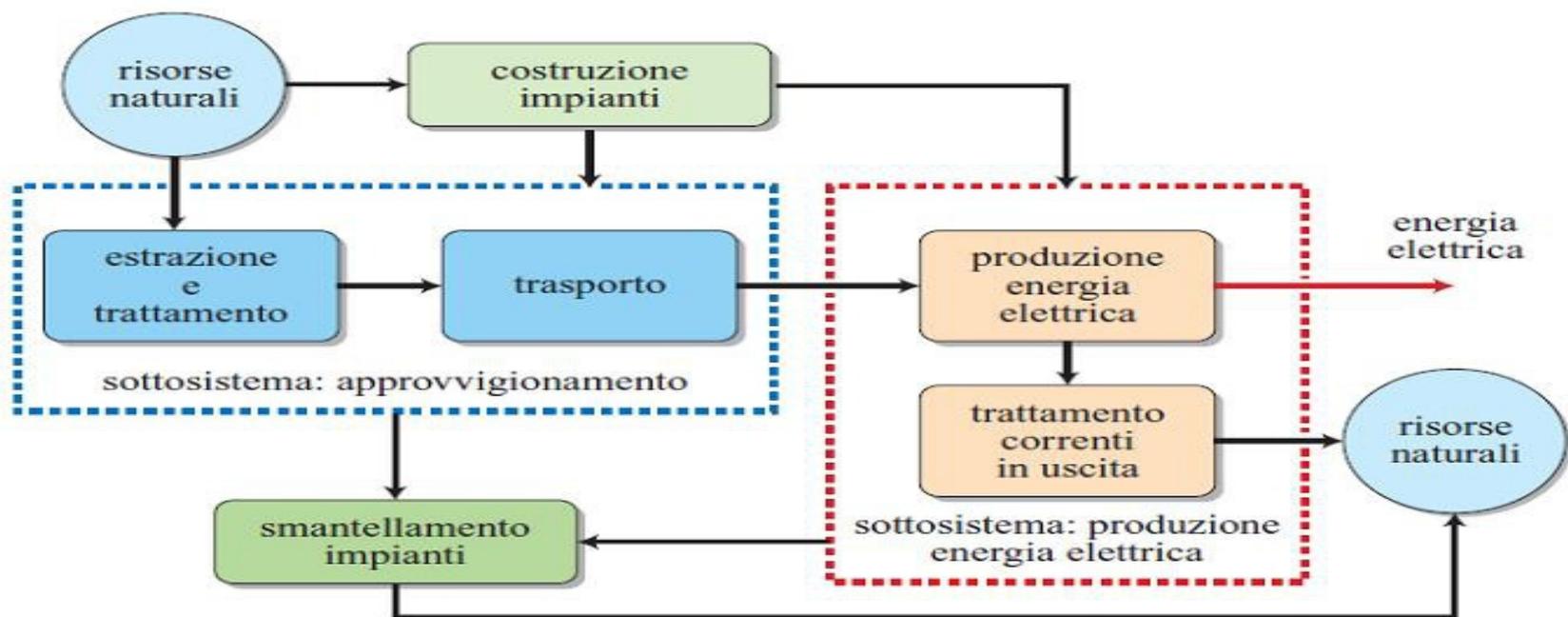
Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: il life cycle assessment

Definizione

Una ottima definizione della metodologia denominata “Life Cycle Assessment” (LCA) è quella proposta dalla SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) negli anni '90:

“un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La Valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione ed il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale”.

Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: il life cycle assessment Come si applica ai sistemi di produzione dell'energia: l'esempio del gas naturale



Configurazione generale della filiera del gas naturale per la produzione di energia elettrica, dal giacimento di gas all'ingresso nella rete elettrica. Il LCA esamina i carichi ambientali di ogni passaggio definito nel diagramma di flusso sopra riportato.

Fonte: Treccani, Confronto dei sistemi energetici e analisi del ciclo di vita dei sistemi energetici

Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: il life cycle assessment – Indicatori numerici e parametri di sintesi

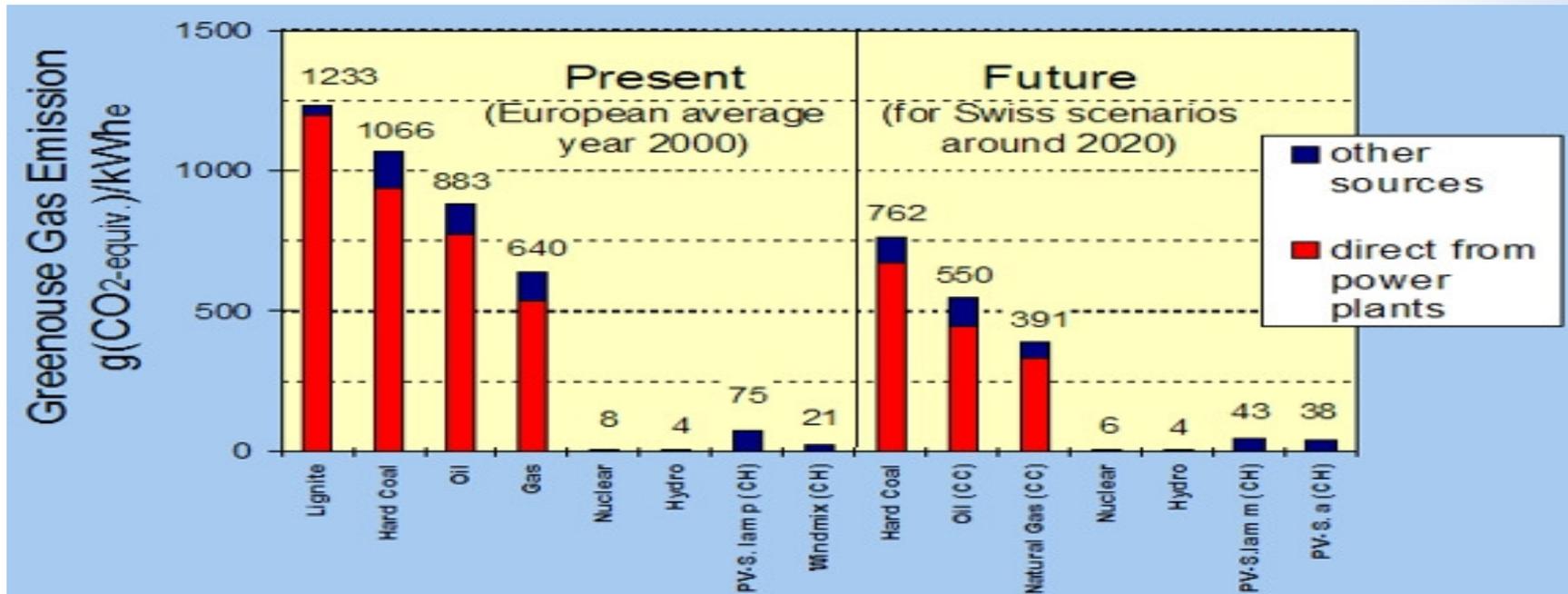
Table 3.1. Commonly used life cycle impact categories; adapted from US EPA guidelines and principles [Ref. 3.2]

Impact Category	Scale	Relevant LCI Data	Common Characterisation Factor	Description of Characterisation Factor
Global Warming	Global	Carbon Dioxide (CO ₂)	Global Warming Potential	Converts LCI data to carbon dioxide (CO ₂) equivalents Note: Global warming potentials can be 50, 100 or 500-year potentials
		Nitrous Oxide (N ₂ O)		
		Methane (CH ₄)		
		Chlorofluorocarbons (CFC ₂)		
		Hydrochlorofluorocarbons (HCFC ₂)		
Stratospheric Ozone Depletion	Global	Chlorofluorocarbons (CFC ₂)	Ozone Depleting Potential	Converts LCI data to trichlorofluoromethane (CFC-11) equivalents
		Hydrochlorofluorocarbons (HCFC ₂)		
		Halons		
		Methyl Bromide (CH ₃ Br)		
Acidification	Regional	Sulphur Oxides (SO _x)	Acidification Potential	Converts LCI data to hydrogen (H ⁺) ion equivalents
	Local	Nitrogen Oxides (NO _x)		
		Hydrochloric Acid (HCL)		
		Hydrofluoric Acid (HF)		
		Ammonia (NH ₃)		
Eutrophication	Local	Phosphate (PO ₄)	Eutrophication Potential	Converts LCI data to phosphate (PO ₄) equivalents
		Nitrogen Oxide (NO)		
		Nitrogen Dioxide (NO ₂)		
		Nitrates		
		Ammonia (NH ₃)		
Photochemical Smog	Local	Non-methane volatile organic compounds (NMVOC)	Photochemical Oxidant Creation Potential	Converts LCI data to ethane (C ₂ H ₆) equivalents.
Terrestrial Toxicity	Local	Toxic chemicals with a reported lethal concentration to rodents	LC ₅₀	Converts LC ₅₀ data to equivalents.
Aquatic Toxicity	Local	Toxic chemicals with a reported lethal concentration to fish	LC ₅₀	Converts LC ₅₀ data to equivalents
Human Health	Global	Total releases to air, water and soil.	LC ₅₀	Converts LC ₅₀ data to equivalents
	Regional			
Resource Depletion	Global	Quantity of minerals used	Resource Depletion Potential	Converts LCI data to a ratio of quantity of resource used versus quantity of resource left in reserve
	Regional	Quantity of fossil fuels used		
Land Use	Global	Quantity disposed of in a landfill	Solid Waste	Converts mass of solid waste into volume using an estimated density

I risultati di sintesi di un LCA possono essere espressi utilizzando un ristretto numero di indicatori numerici raggruppabili in differenti categorie di impatto come, ad esempio:

1. il riscaldamento globale;
2. l'assottigliamento dello strato di ozono;
3. l'acidificazione del terreno;
4. l'eutrofizzazione;
5. lo smog fotochimico;
6. gli impatti sanitari;
7. il consumo di risorse;
8. l'uso del suolo;
9. i danni agli ecosistemi.

Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: il life cycle assessment – emissioni di gas serra



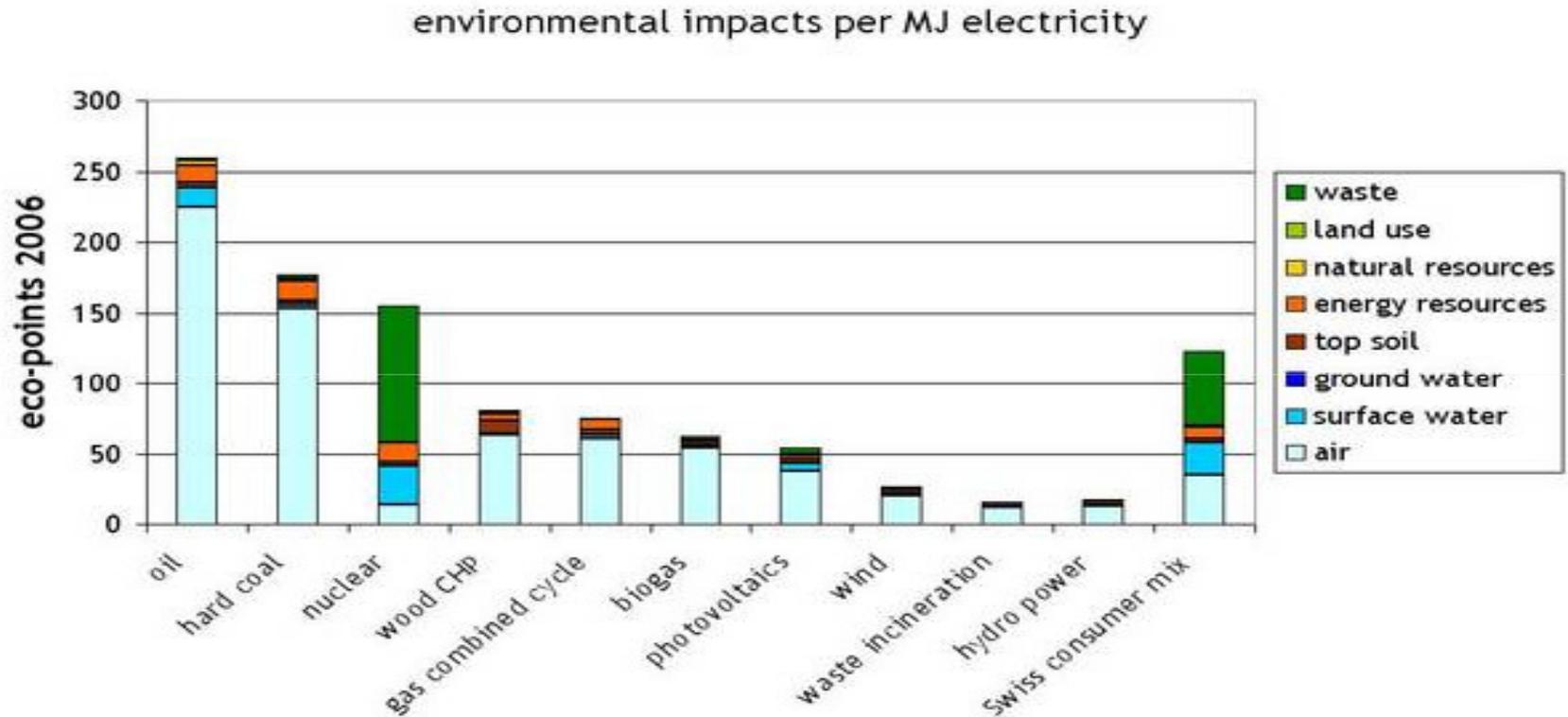
Emissioni di gas serra per kWh elettrico prodotto dalle varie fonti di energia primarie in:

1. Europa;
2. Svizzera.

Le emissioni computate comprendono le emissioni ascrivibili direttamente all'impianto di produzione di energia e le altre sorgenti emissive indotte dalla produzione energetica (ad esempio trasporto combustibile primario, produzione turbina etc.)

Fonte: gabe.web.psi.ch/research/lca/vse_res.html

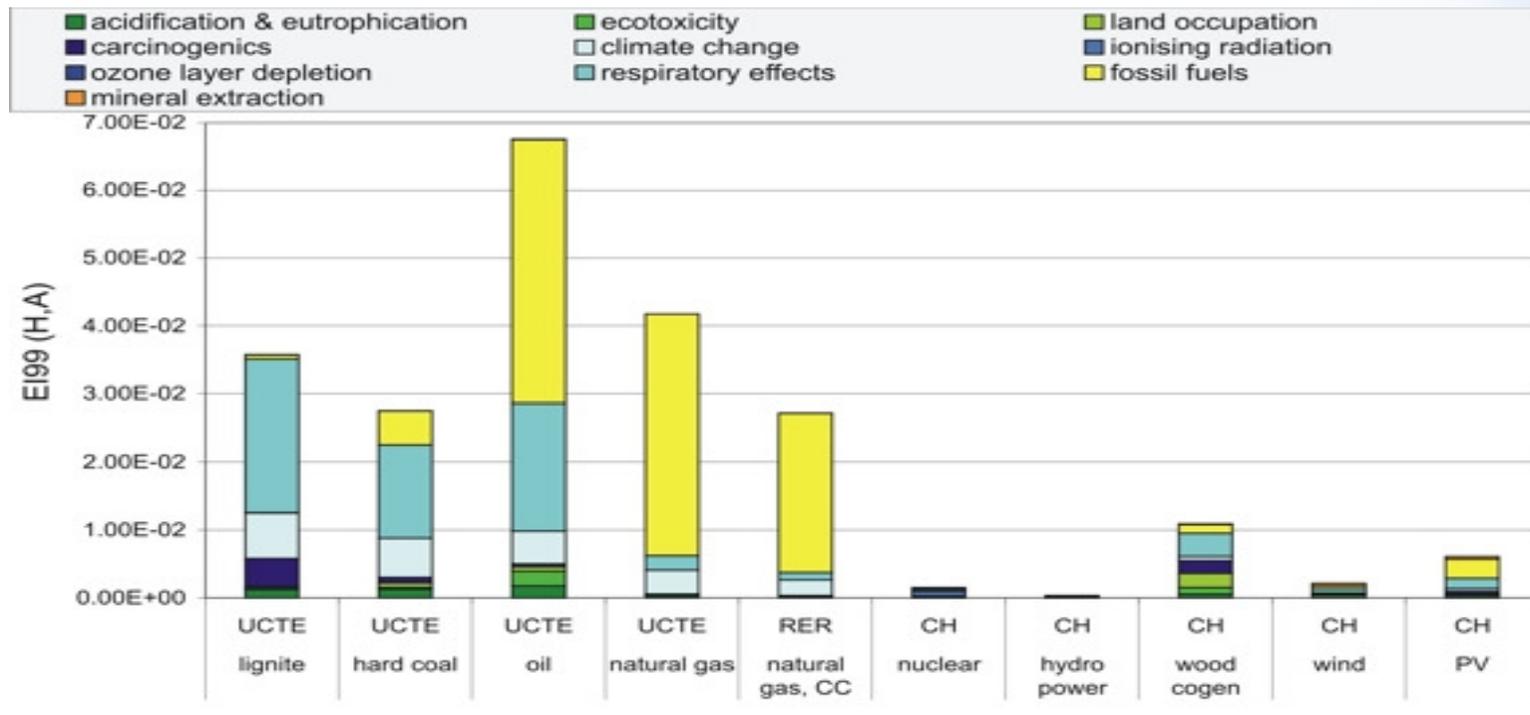
Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: il life cycle assessment – Modalità di presentazione dei risultati finali



Impatti ambientali associati alla produzione energetica.

Fonte: <http://www.esu-services.ch/de/projects/energiesysteme/>

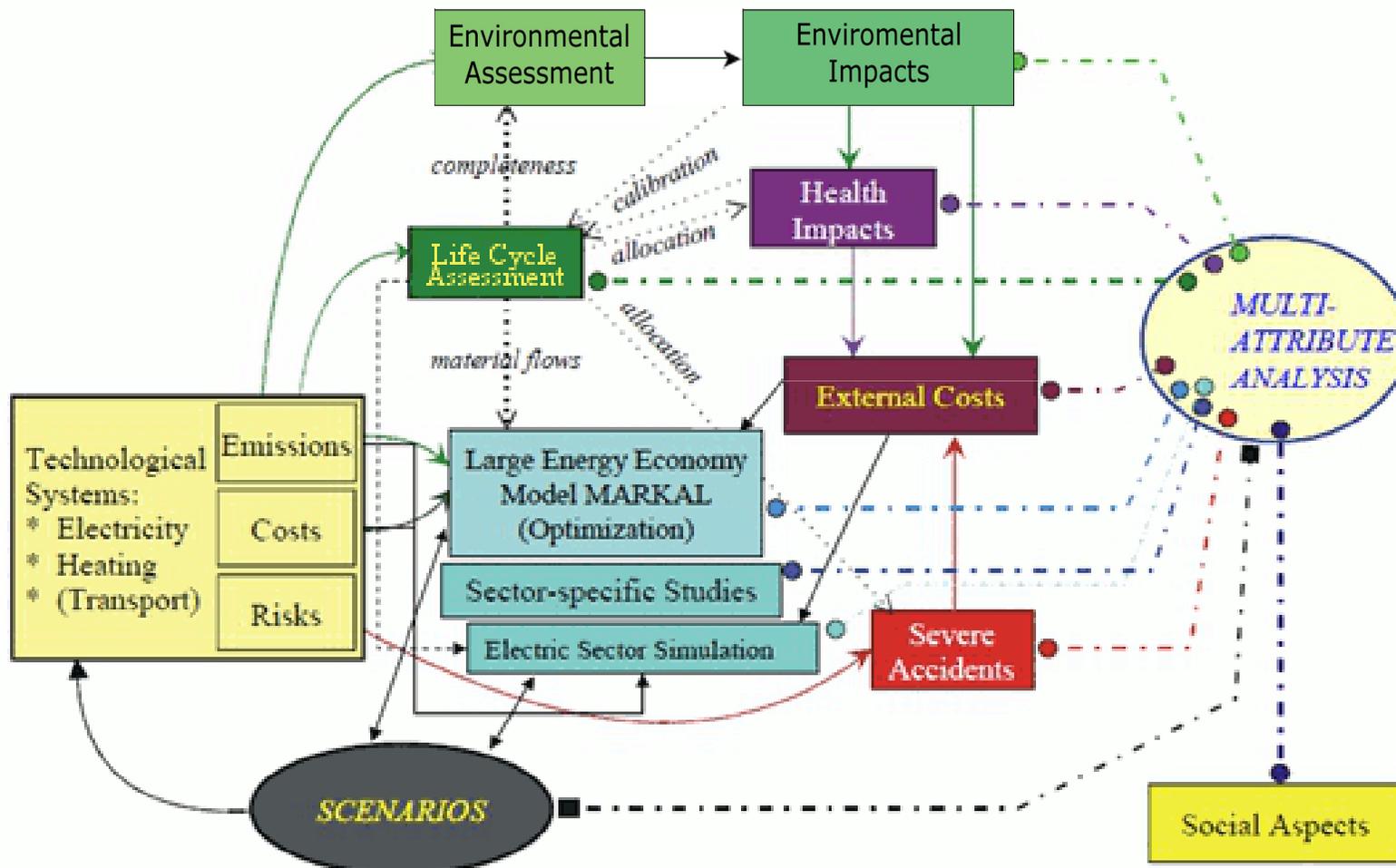
Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: il life cycle assessment – Come si applica ai sistemi di produzione dell'energia: valutazione finale



Confronto fra i sistemi per la produzione di corrente elettrica usando la metodologia *Hierarchist dell'Ecoindicator 99*. Il punteggio per le fonti rinnovabili e l'energia nucleare è sostanzialmente migliore rispetto alla produzione elettrica da fonte fossile. I contributi ambientali di maggior rilievo per la definizione del punteggio totale associato alla produzione energetica da fonte fossile sono i danni sull'apparato respiratorio, l'uso di risorse non rinnovabili e il cambiamento climatico.

Fonte: gabe.web.psi.ch/research/lca/vse_res.html#Icia

Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: gli studi di impatto ambientale



Fonte: Project GaBE (Hirschberg et al., 2000)

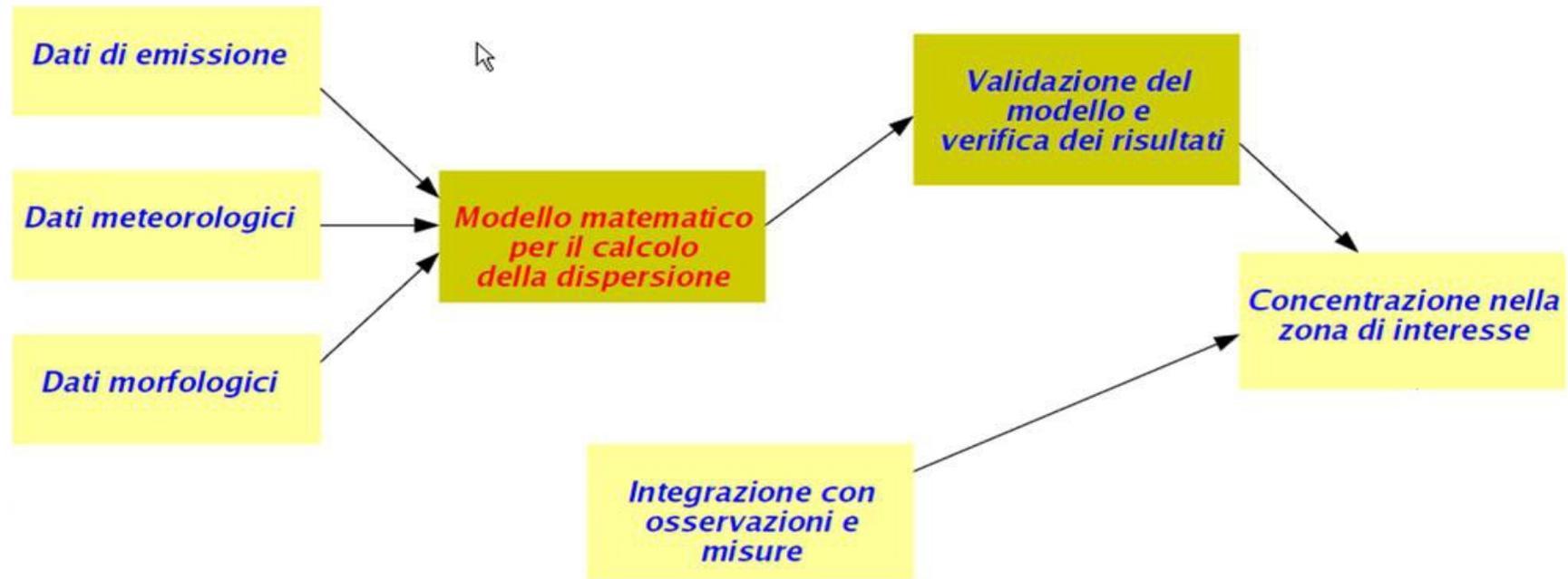
Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: gli studi di impatto ambientale

Gli Studi di impatto ambientale consentono di valutare e stimare i probabili impatti (diretti ed eventualmente indiretti, secondari, cumulativi, a breve, medio e lungo termine, permanenti e temporanei, positivi e negativi) connessi alla realizzazione ed al funzionamento di singoli impianti di produzione dell'energia.

In particolare sono di particolare interesse le valutazioni relative **alle emissioni in atmosfera**. A differenza degli LCA che consentono di fare valutazioni su scala globale, gli studi di impatto ambientale aggiungono ulteriori elementi di valutazione delle *performance* ambientali dei sistemi di produzione dell'energia: consentono di valutare su scala locale i possibili effetti ambientali.

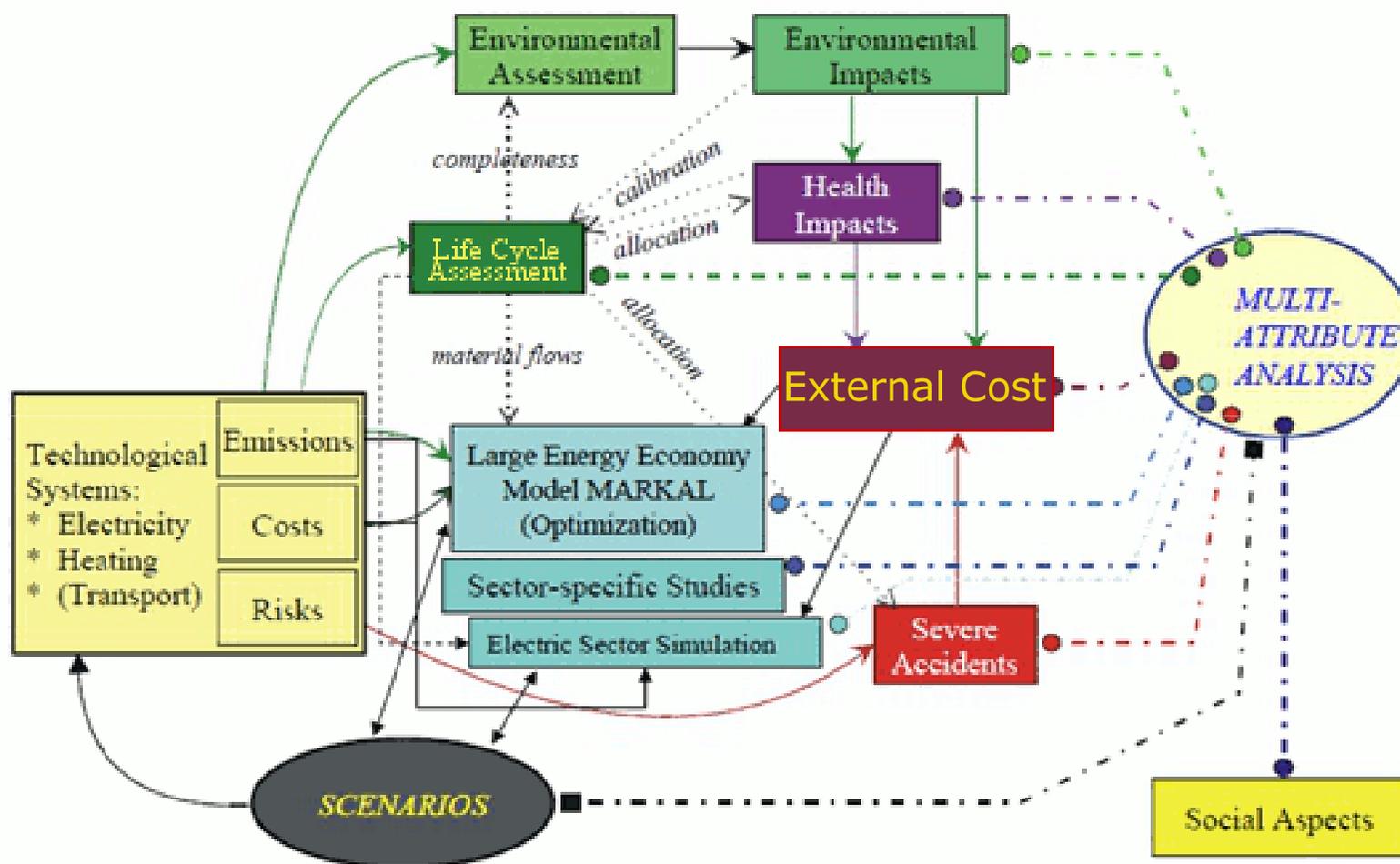
Ad esempio, se si punta a sviluppare l'utilizzo del carbone per la produzione di energia elettrica, potrebbe essere necessario realizzare nuove centrali di questo tipo, le informazioni che i SIA possono fornire possono essere, ad esempio, quelle relative al possibile peggioramento della qualità dell'aria per parametri come le PM10 nel territorio interessato dai fenomeni di diffusione di inquinanti provenienti dalle nuove centrali ipotizzate.

Gli strumenti per il confronto tra le *performance* ambientali dei vari sistemi di produzione di energia: gli studi di impatto ambientale – modelli di dispersione in atmosfera



I modelli di dispersione atmosferica stimano i fenomeni di trasporto dei principali inquinanti emessi in atmosfera da una sorgente inquinante. Utilizzano, generalmente, dati meteorologici e geomorfologici sito specifici per quantificare l'evoluzione dei fenomeni di diffusione in atmosfera degli inquinanti emessi.

I costi esterni nella produzione di energia elettrica



Fonte: Project GaBE (Hirschberg et al., 2000)

I costi esterni nella produzione di energia elettrica

Definizione

Al fine di definire i **costi esterni** può essere opportuno ricordare la differenza tra costi interni e costi esterni

I primi corrispondono ai costi sopportati direttamente dall'azienda e derivano dalle attività che l'azienda stessa svolge. I secondi, invece, corrispondono ai costi ambientali sopportati da altri soggetti (ad esempio la comunità, o la pubblica amministrazione) a seguito di azioni e/o attività svolte dall'azienda. Esemplicando, potremmo parlare di costi esterni quanto un'azienda provoca un inquinamento di una falda utilizzata per scopi idropotabili ed i relativi costi di bonifica sono sopportati dalla comunità che utilizza l'acqua di falda.

I costi esterni nella produzione di energia elettrica

La metodologia adottata nel progetto ExternE

Una metodologia per la quantificazione monetaria degli impatti connessi con la produzione di energia e con i trasporti è stata elaborata nell'ambito del progetto ExternE.

Il Progetto ExternE ha avuto inizio nel 1991 sotto forma di collaborazione dell'Europa con il "Settore dell'energia degli Stati Uniti" e per elaborare lo "Studio del Ciclo dei Combustibili nell'EC/Stati Uniti".

La collaborazione produsse una metodologia idonea alla quantificazione dei costi esterni nel ciclo dei combustibili (per la definizione dei costi esterni, v. più avanti). Una serie di elaborati scientifici furono pubblicati negli Stati Uniti ed in Europa fra il 1994 e 2004 riguardanti l'argomento di quantificazione dei costi esterni. In particolare in Europa lo studio coprì tutti gli Stati membri ad eccezione del Lussemburgo e la metodologia dei "*sentieri d'impatto*" fu estesa fino a coprire tutti i media ambientali:

- suolo;
- acqua;
- atmosfera.

fino ad includere nella monetizzazione degli impatti anche i fenomeni di Riscaldamento Globale.

I costi esterni nella produzione di energia elettrica

Il software EcoSense: danni stimati

Stima i costi esterni delle emissioni in atmosfera legate a danni:

1. per la salute umana (mortalità)
 1. da emissioni di PM10, PM2,5, metalli pesanti, SO2, NO2, CO2 e altri gas;
 2. rischi d'incidente.
2. per la salute umana (morbilità);
 1. da emissioni di PM10, PM2,5, metalli pesanti, SO2, NO2, CO2 e altri gas compresa la perdita di QI nei bambini da mercurio;
 2. rischi d'incidente;
 3. rumore.
3. materiali agli edifici (deposizioni acide e annerimenti);
4. materiali ai raccolti (perdita di raccolto);
5. riscaldamento globale;
6. utilizzo della terra;
7. perdite di amenità.

I costi esterni nella produzione di energia elettrica

Valutazioni monetarie del progetto ExternE e il software Ecosense

External costs for electricity production in the EU (in EUR-cent per kWh^{**})

Country	Coal & lignite	Peat	Oil	Gas	Nuclear	Biomass	Hydro	PV	Wind
AUT				1-3		2-3	0.1		
BE	4-15			1-2	0.5				
DE	3-6		5-8	1-2	0.2	3		0.6	0.05
DK	4-7			2-3		1			0.1
ES	5-8			1-2		3-5*			0.2
FI	2-4	2-5				1			
FR	7-10		8-11	2-4	0.3	1	1		
GR	5-8		3-5	1		0-0.8	1		0.25
IE	6-8	3-4							
IT			3-6	2-3			0.3		
NL	3-4			1-2	0.7	0.5			
NO				1-2		0.2	0.2		0-0.25
PT	4-7			1-2		1-2	0.03		
SE	2-4					0.3	0-0.7		
UK	4-7		3-5	1-2	0.25	1			0.15

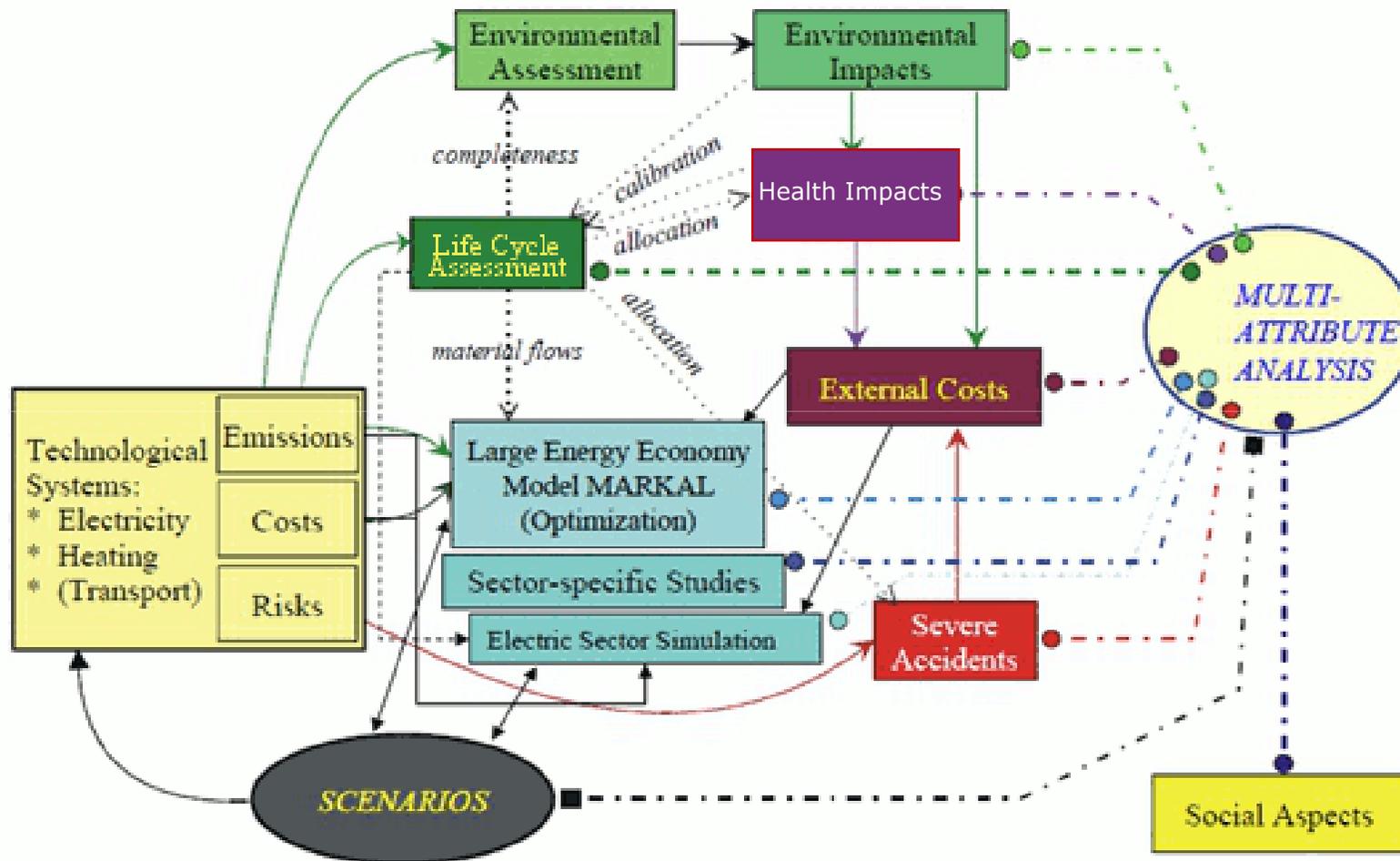
* : biomass co-fired with lignites
 ** : sub-total of quantifiable externalities
 (such as global warming, public health, occupational health, material damage)

Nella tabella sono riportati i costi esterni associati ai sistemi di produzione di energia elettrica in Europa. Tali valori sono stati ricavati tramite il software Ecosense sviluppato all'interno del progetto Europeo ExternE. Il software è dotato di un database di costi unitari, specifici per le diverse esternalità, causate dalle attività umane. Ad esempio se il sistema di produzione energetica è responsabile delle immissioni in aria di un determinato quantitativo di PM10 moltiplicando i valori di concentrazione nell'aria del PM10 immesso per il danno unitario alla salute umana (stimato all'interno del database) si ottengono i costi esterni associati a quell'esternalità.

Fonte: <http://www.externe.info/results.html>

Il confronto fra i principali sistemi di produzione dell'energia elettrica: strumenti utilizzabili dai tecnici ambientali

Health impacts: l'analisi di rischio sanitaria



Fonte: Project GaBE (Hirschberg et al., 2000)

Health impacts: l'analisi di rischio sanitaria

Scopi dell'analisi di rischio

La valutazione del rischio per la salute umana è il processo per stimare la probabilità del verificarsi di effetti avversi sulla salute umana che possono essere causati da contaminanti presenti nei vari comparti ambientali.

Più semplicemente, la valutazione del rischio sanitario ambientale permette di rispondere a domande come:

1. Quali tipologie di problemi sulla salute possono essere causati dalla presenza di contaminazioni dovute a prodotti chimici o a sostanze radioattive?
2. Quale è la probabilità che la popolazione esposta sia soggetta a problemi di salute dovuti a quel contaminante ambientale?
3. C'è un livello sopra il quale la specie chimica considerata causa un rischio per la salute umana?
4. A quale tipo di esposizione sono soggetti gli abitanti dell'area indagata?
5. E' più probabile che delle persone siano danneggiate dai fenomeni di contaminazione ambientale o da altri fattori come età, genetica, preesistenti condizioni di salute, ecc.?
6. È più probabile che le persone siano danneggiate dai fenomeni di contaminazione ambientale o da altri fattori connessi con gli stili di vita come: il luogo di lavoro, il luogo di divertimento, alimentazione, ecc.?

Le risposte a questi tipi di domande aiutano, nell'ambito di processi decisionali, a capire se la salute umana è messa in pericolo nei contesti in cui tale procedura è applicata.

Health impacts: l'analisi di rischio sanitaria costi esterni connessi con l'inquinamento atmosferico

La metodologia adottata nel progetto ExterneE per la stima dei costi sanitari

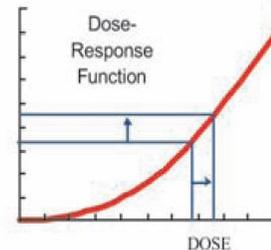
SOURCE
(specification of site and technology)
⇒ **emission**
(e.g., kg/yr of particulates)



DISPERSION
(e.g. atmospheric dispersion model)
⇒ **increase in concentration
at receptor sites**
(e.g., $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of particulates
in all affected regions)



DOSE-RESPONSE FUNCTION
(or concentration-response function)
⇒ **impact**
(e.g., cases of asthma due to ambient
concentration of particulates)



MONETARY VALUATION
⇒ **cost**
(e.g., cost of asthma)



Possibili applicazioni dei concetti base dell'AdR: costi esterni connessi con l'inquinamento atmosferico

Esempi di quantificazione monetaria degli impatti sanitari

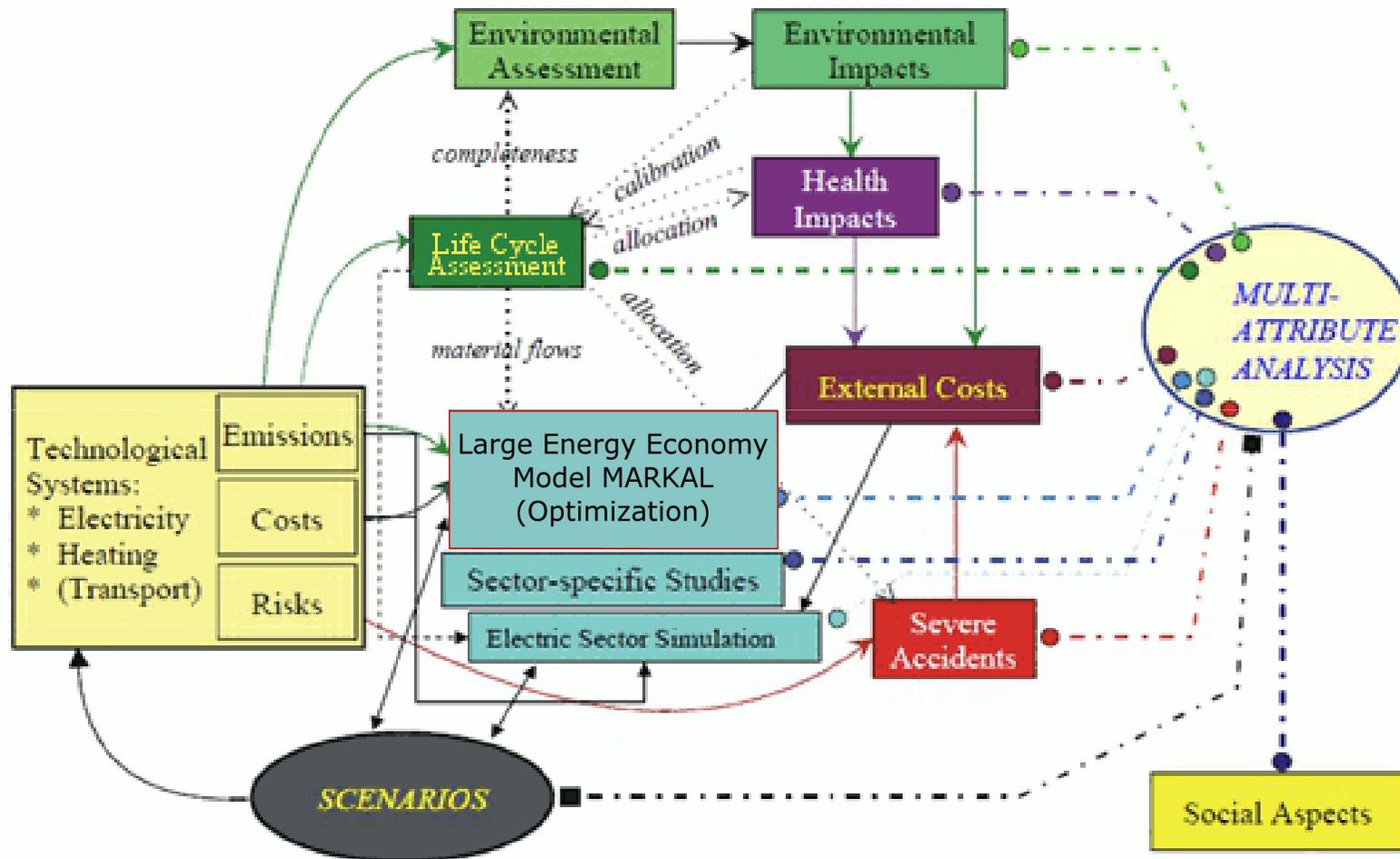
Table 7.5 Generic unit hospital health care costs (€ 2000 prices).

Country	Emergency room/outpatient: cost/visit	Hospitalisation: cost/inpatient day
Belgium	19	241
France	29	375
Germany	24	321
Italy	20	256
Netherlands	30	390
Spain	27	345
UK	96	330
Mean (EU)	35	323

Source: Netten and Curtis (2000), Ready *et al.* (2004)

Nella tabella sono riportati i costi unitari associati ai ricoveri ospedalieri nei principali Paesi Europei. Tali valori moltiplicati per il tempo medio di degenza dei pazienti associati ai vari danni sanitari (bronchiti, asma, etc.) causati dalle emissioni in atmosfera dovuti alle attività umane quantificano i relativi costi esterni.

La famiglia dei Modelli Markal



Fonte: Project GaBE (Hirschberg et al., 2000)

La famiglia dei Modelli Markal

Definizione

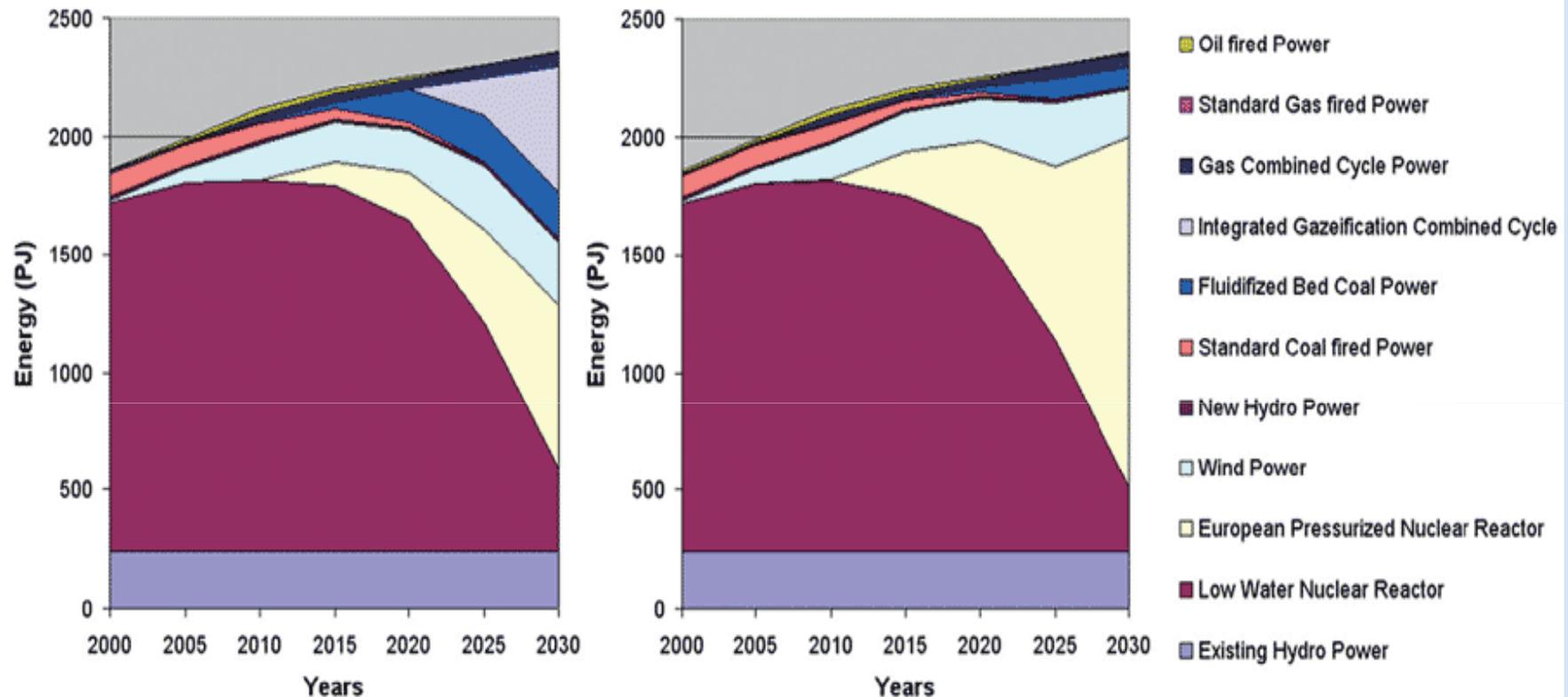
Con il termine **MarKal model** (acronimo di Market Allocation) si intendono una famiglia di modelli utilizzati per identificare lo schema ottimale di allocazione delle risorse energetiche considerando tutti gli aspetti che i cicli energetici coinvolgono, sia quelli tecnici sia quelli economici finanziari. I MarKal model permettono di prendere decisioni adottando un approccio sistemico, considerando cioè il sistema nella sua totalità invece che soffermandosi solo su aspetti settoriali, senza trascurare dunque le retroazioni che agiscono sul sistema. L'effetto delle retroazioni potrebbe essere anche significativo, portando in alcuni casi a sovrastimare, in altri a sottostimare, gli effetti delle politiche in esame.

I modelli rappresentano l'evoluzione dei sistemi energetici, in genere per un periodo di 40-50 anni, a livello nazionale, regionale o di comunità. Sono utilizzati, ad oggi, da 79 istituzioni in 38 paesi del mondo.

Fonte: 2002 Atti del Convegno della Società Italiana di Ecologia, I modelli per la valutazione delle politiche di riduzione delle emissioni di gas climalteranti: una rassegna preliminare;
<http://ita.arpalombardia.it>

La famiglia dei Modelli Markal

Esempio di studio

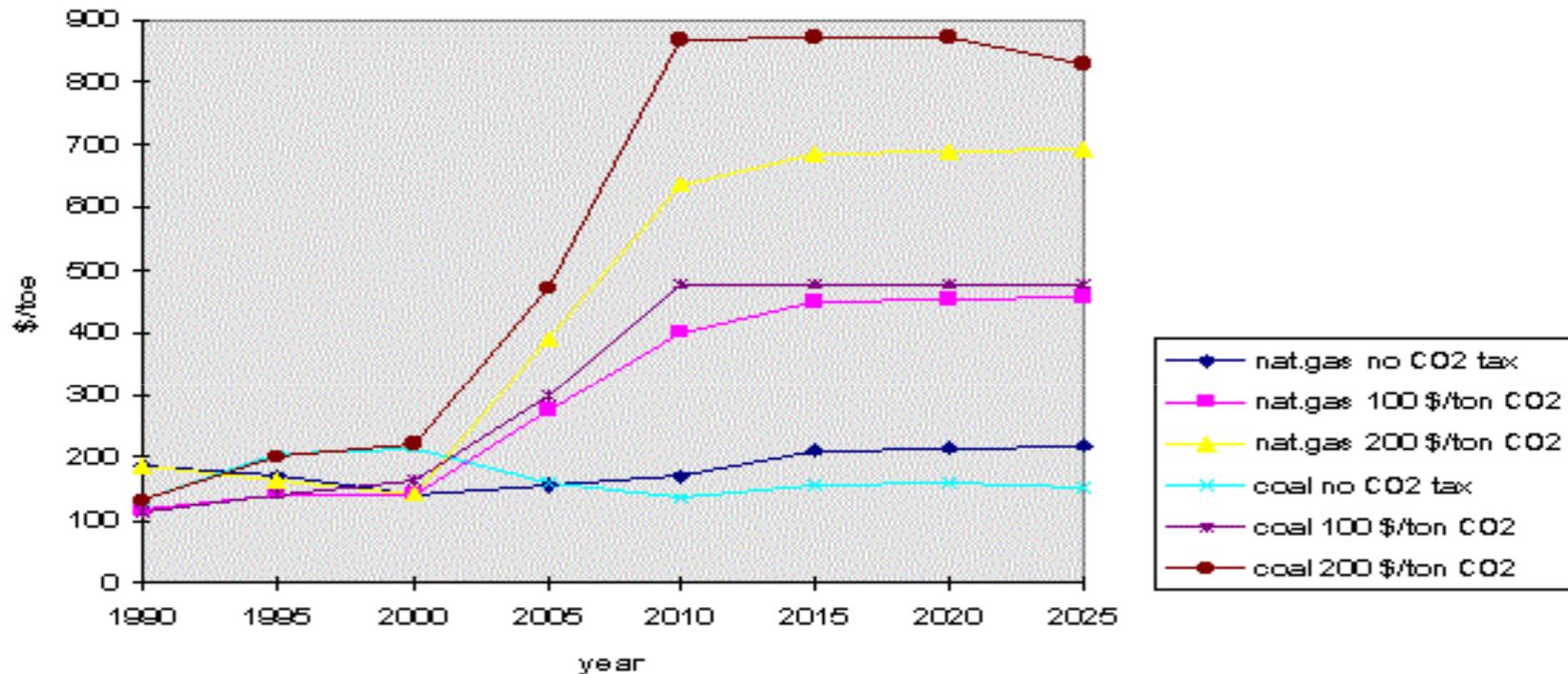


Mix energetico valutato utilizzando il modello MARKAL per soddisfare la richiesta francese di energia elettrica previsto per un periodo di 30 anni. I grafici mostrano le tecnologie selezionate per due politiche diverse: A destra, la politica di investimento non limita la crescita degli EPR (reattore nucleare ad acqua pressurizzata europeo). A sinistra, la politica di investimento limita la quantità di energia fornita dalle centrali EPR al 50% della domanda globale.

Fonte: http://www.rtcc.org/2007/html/soc_priv_sec_schneider.html

La famiglia dei Modelli Markal

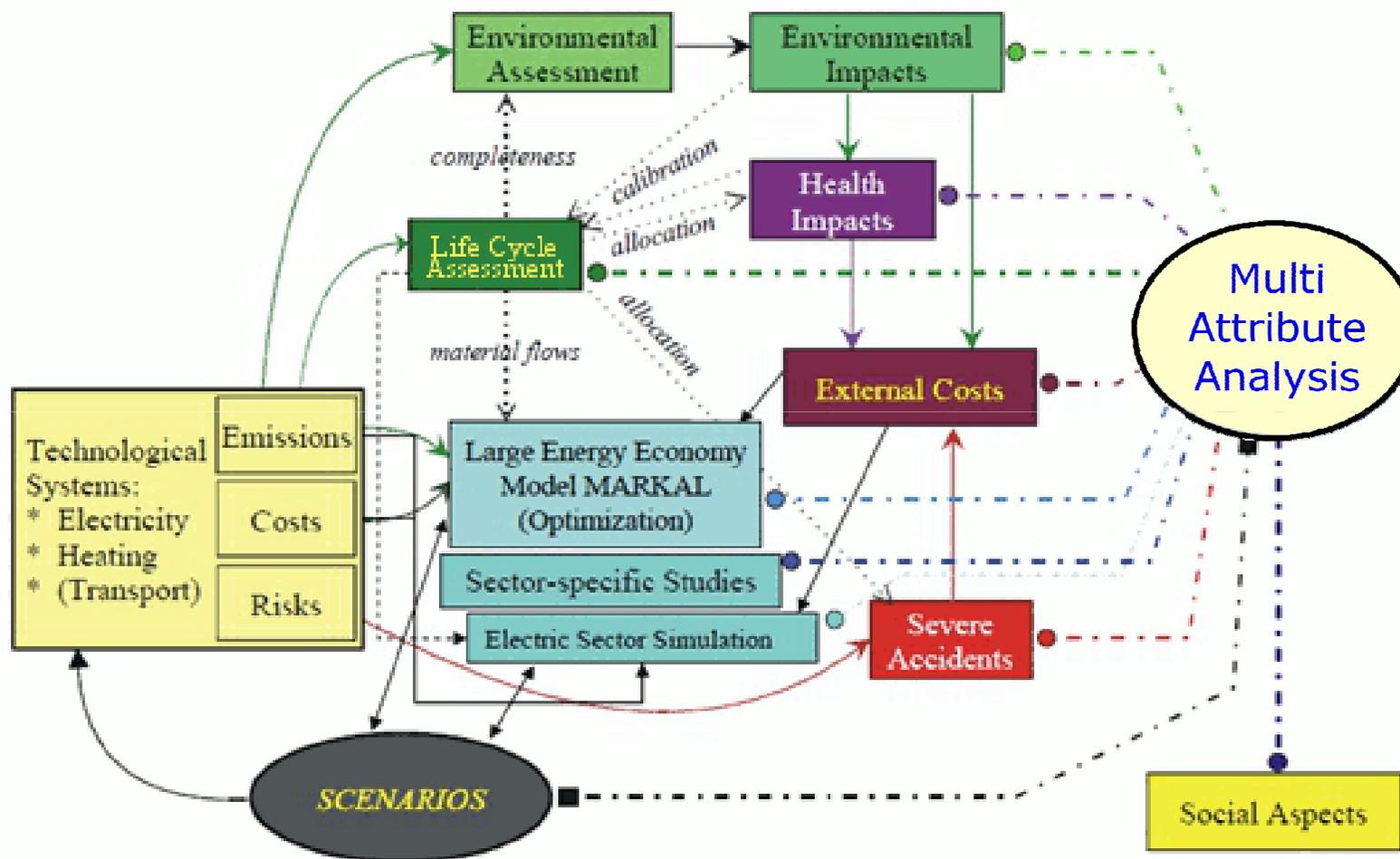
Esempio di studio



Andamento del prezzo del carbone e del gas naturale in funzione dell'introduzione di una carbon tax per le emissioni di CO₂ in atmosfera nel tempo.

Fonte: http://87.224.35.44/tech_papers/17th_congress/4_2_20.asp

L'analisi multi criteri



Fonte: Project GaBE (Hirschberg et al., 2000)

L'analisi multicriteri

Definizione

In generale, i metodi multicriterio (MCA) sono strumenti quantitativi per la valutazione di alternative caratterizzate da criteri multipli e conflittuali.

L'Analisi Multicriteri è una metodologia di studio che consente di fare scelte, tra diverse possibili alternative, fondate su basi numeriche ed oggettive. In particolare, tale metodologia:

1. utilizza diversi criteri di giudizio e per ciascun criterio di giudizio definisce:
 1. un indicatore;
 2. una scala di valutazione;
 3. una funzione che permette di associare, ad ognuna delle alternative di scelta considerate, una posizione sulla scala di valutazione di cui al punto precedente;
2. accorpa i risultati delle valutazioni, sviluppate attraverso i vari criteri utilizzati ed i sistemi di calcolo scelti, permettendo di fornire elementi utili alla scelta tra le alternative considerate.

L'analisi multi criteri

Concetti generali

Gli elementi di base che entrano in gioco nell'analisi multicriterio sono:

1. la **finalità** o l'insieme di finalità da perseguire;
2. i **decisori**: soggetti interessati alla valutazione delle azioni alternative e alla scelta;
3. le **alternative**: oggetti della valutazione e della scelta;
4. i **criteri**: elementi di giudizio che concorrono alla formazione della valutazione delle alternative;
5. le **preferenze**: il sistema di pesi che misurano l'importanza dei differenti criteri.

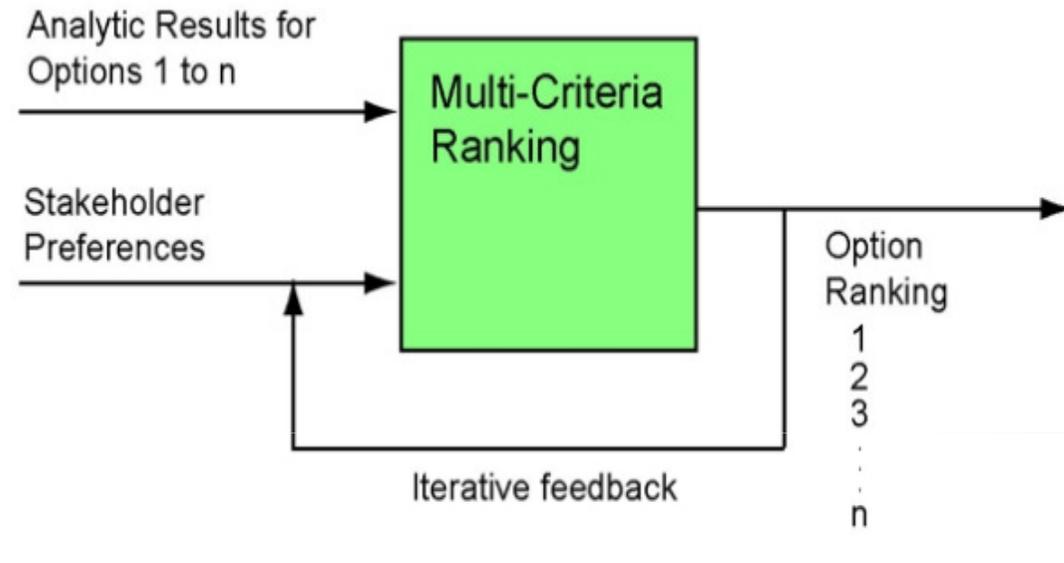
I criteri di valutazione, in un'analisi multicriteri, possono essere:

1. di tipo quantitativo (misurabili);
2. di tipo qualitativo (non misurabili).

Fonte: Laura Fontanella 2008, Metodi Statistici per la valutazione delle politiche sociali

L'analisi multicriteri I portatori d'interesse

In un'analisi multicriteri, quando il numero dei criteri è ampio e su livelli diversi di importanza nell'ambito della valutazione finale, il processo decisionale ha bisogno di associare dei "pesi" ai diversi criteri per stabilire la classificazione conclusiva (*Multi-Criteria Ranking*).



L'importanza relativa dei criteri valutati può essere definita dalle preferenze dei portatori d'interesse (*Stakeholder*) e direttamente proporzionale al "peso" da attribuire al criterio (più importante sarà il criterio maggiore sarà il peso nella valutazione finale). Il peso è parte integrante della "funzione obiettivo" che associa al criterio l'indice assegnato dall'analisi multicriteri. La funzione obiettivo definita:

1. è il più possibile oggettiva nella valutazione;
2. quantifica anche i criteri di tipo qualitativo in una scala numerica;
3. trasforma tutti i criteri in una scala comune (1 a 10; 1 a 100; etc.);
4. considera il peso del criterio nella valutazione finale e i pesi devono essere normalizzati (a somma uguale a 1) .

Fonte: <http://gabe.web.psi.ch/>

un festival su rifiuti, acqua, energia; tre giorni di incontri di tipo informativo - formativo dedicati alle tematiche tecnico-economiche; è previsto un ricco programma di eventi culturali.

Ravenna 2011
Rifiuti, acqua, energia. Fare i conti con l'ambiente.
Ravenna
28/29/30 settembre

ISCRIZIONI! **PROGRAMMA/INFO** **L'EVENTO** **PRESS** **OSPITALITA'** **CONTATTI**

- ☑ Conference
- ☑ Workshop
- ☑ Lab Meeting
- ☑ Eventi culturali

Leggi i nuovi programmi!

- [Brochure Percorso1 Normativa Rifiuti](#)
- [Brochure Percorso2 Focus Rifiuti Urbani](#)
- [Brochure Percorso3 Focus Bonifiche](#)
- [Brochure Percorso4 Biomassa, Agroenergie](#)

Partecipa alle 60 iniziative
in 10 sale attrezzate nel Centro Storico per un evento a km 0

- 4 **Conferenze**
- 18 **Workshop**
- 14 **Labmeeting**
- 12 **Eventi Culturali** (realizzati col contributo di Labelab)

IN EVIDENZA

Patrocinati: Regione Emilia-Romagna

Con il contributo di...: studio uacuo

Partner: ALTHESYS Strategic Consultants

Collaborazione Scientifica: Ravenna 2011

Supporto: i-dea Illuminazione - Design - Energia - Ambiente

Media: eco

Con la collaborazione: Comune di Ravenna

Nel ringraziare per l'attenzione, invito tutti a partecipare all'iniziativa di www.ravenna2011.it dove i temi trattati saranno approfonditi