

# 10 anni di liberalizzazione del mercato elettrico : stato e prospettive



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



## Vulnerabilità delle Infrastrutture elettriche

*Roberto Napoli*  
*Ordinario di Sistemi Elettrici*  
*Politecnico di Torino*  
*Dipartimento di Ingegneria Elettrica*



# Rete elettrica: infrastruttura critica



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



*Organizzazione della presentazione:*

- tipi vulnerabilità
- cause
- prospettive

Per anni il sistema elettrico ha goduto di un'immagine di affidabilità e di sicurezza.

Oggi avvertiamo tutti il disagio di una incombente **vulnerabilità**.

La rete elettrica è divenuta ed è percepita come una **infrastruttura critica**, in conseguenza di diversi aspetti (tecnici, geopolitici, economici, etc..).

# Rete elettrica: infrastruttura critica (Definizione )

*Direttiva europea 2008/114/CE del CONSIGLIO dell' 8.12.08, G.U. del 23.12.08*

## **Art. 2a: INFRASTRUTTURA CRITICA**

un elemento, un sistema o parte di questo ubicato negli Stati membri che è **essenziale** per il mantenimento delle funzioni vitali della società, della salute, della sicurezza e del benessere economico e sociale dei cittadini ed il cui danneggiamento o la cui distruzione avrebbe un **impatto significativo in uno Stato membro** a causa dell'impossibilità di mantenere tali funzioni

## **Art. 2b: INFRASTRUTTURA CRITICA EUROPEA (ECI)**

un'infrastruttura critica ubicata negli Stati membri il cui danneggiamento o la cui distruzione avrebbe un **significativo impatto su almeno due Stati membri**.

La rilevanza dell'impatto è valutata in termini intersettoriali. Sono compresi gli effetti derivanti da dipendenze intersettoriali in relazione ad altri tipi di infrastrutture



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Rete elettrica: infrastruttura critica europea ?

*Direttiva europea 2008/114/CE del CONSIGLIO dell' 8.12.08, G.U. del 23.12.08*

*Art. 3: Ciascuno Stato membro individua ... potenziali **infrastrutture critiche europee (ECI)** che soddisfano i criteri sia settoriali sia intersettoriali e rispondono alle definizioni degli articoli 2a, 2b*

*Il sistema elettrico è indubbiamente una **infrastruttura critica**. Definirlo **infrastruttura critica europea** comporta obblighi nei confronti degli altri Stati Membri , inclusi risarcimenti in caso di disservizi.*

*E' logico quindi che gli Stati Membri abbiano molte reticenze nell'usare l'aggettivo europeo ... !*

*Al di là di questi aspetti economici-legali, cosa è successo ?*



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Cause dell'aumentata criticità elettrica



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



- Aumento dei carichi**
- Invecchiamento della rete**
- Frammentazione dei sistemi di controllo**
- Aumento degli scambi internazionali**
- Accresciuta complessità tecnica e organizzativa**
- Divaricazione** fra interessi tecnici e economico-finanziari e prevalenza di questi ultimi
- Incertezze** sugli scenari e sugli investimenti
- Pervasività** di comunicazioni e digitalizzazioni (ICT)
- Interdipendenze** fra infrastrutture diverse (acqua, gas, etc..)

# Cause dell'aumentata criticità elettrica

- ❑ Sostanziale **stasi** nello sviluppo delle tecnologie elettriche
- ❑ Aumento delle cause di **guasti e irregolarità interna** (generazioni intermittenti)
- ❑ Aumento delle potenziali cause di vulnerabilità esterna (**attacchi intenzionali**)

*Una caratteristica distintiva delle infrastrutture elettriche:*

E' necessario garantire istante per istante, l'**equilibrio** fra:



Purtroppo non disponiamo di accumuli adeguati !!!

# Classi di vulnerabilità



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



- ❑ Vulnerabilità energetica
- ❑ Vulnerabilità strutturale
- ❑ Vulnerabilità funzionale
- ❑ Vulnerabilità metodologica
- ❑ Vulnerabilità organizzativa



## Vulnerabilità energetica

In Italia le anomalie del mix energetico ci espongono a:

- rischi di approvvigionamento
- alti costi
- inferiorità tecnologica nel preparare i cambiamenti

Nel seguito consideriamo:

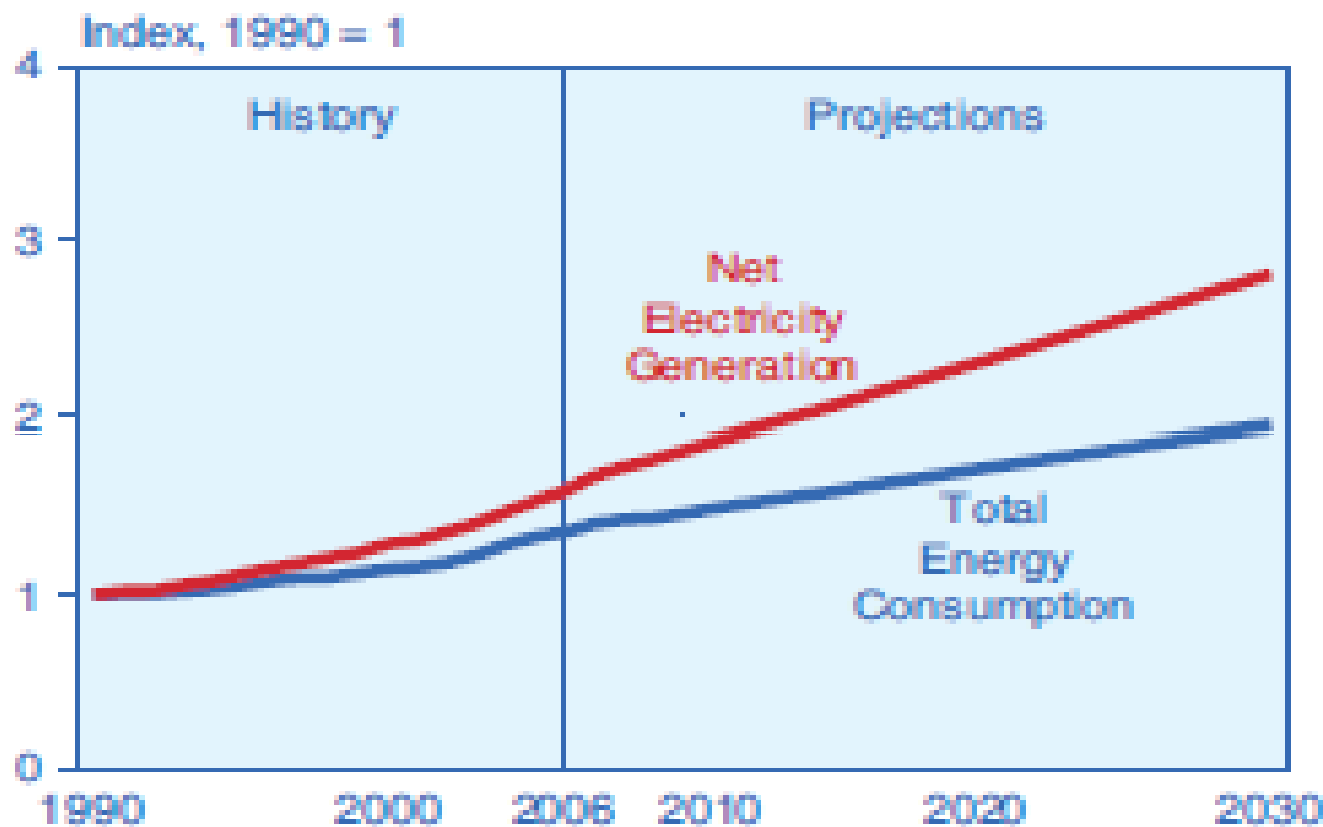
- previsioni sui consumi
- mix energetico attuale e costi
- prospettive (nucleare, carbone, fonti rinnovabili)



# Crescita dei consumi

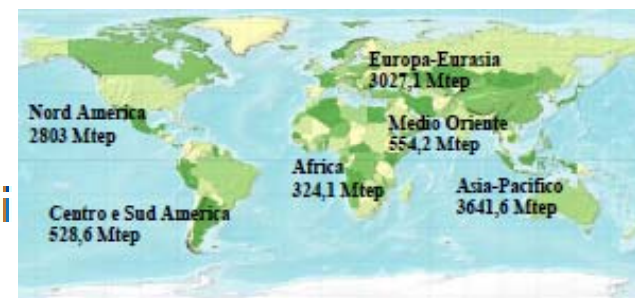
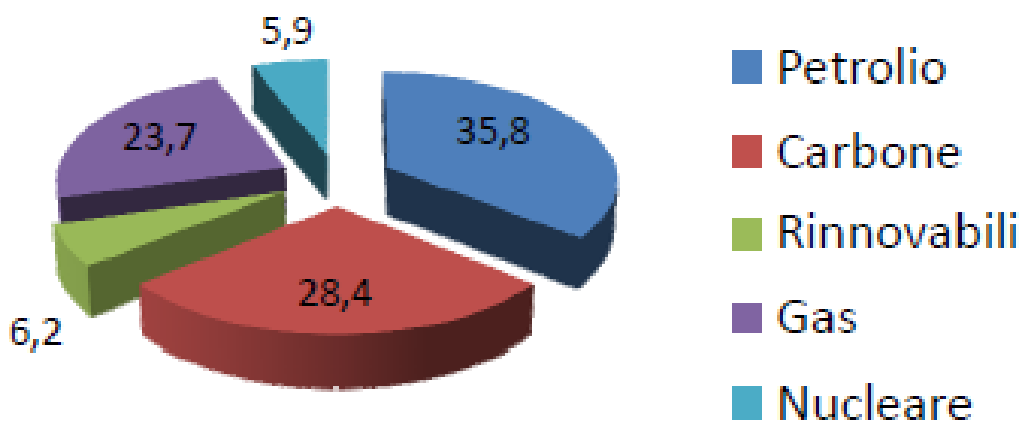
Crisi a parte, il fabbisogno elettrico crescerà mediamente del 2,4 % all'anno, con una crescita totale del 77 % dal 2006 al 2030.

La generazione dovrà accompagnare questo sviluppo. Come ?

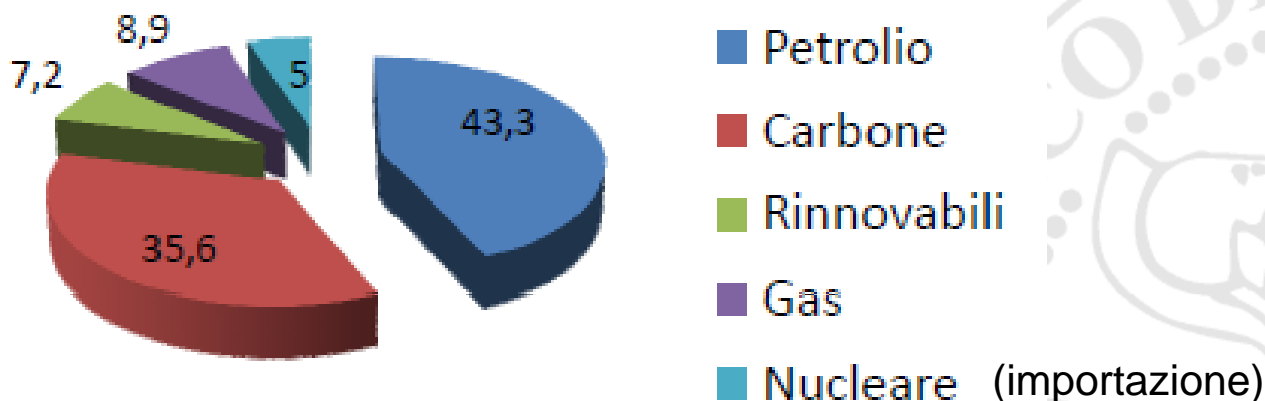


# Ripartizione dei Consumi elettrici per fonti [Mtep, 2006]

Da dove partiamo ... nel mondo : **10 878 Mtep**

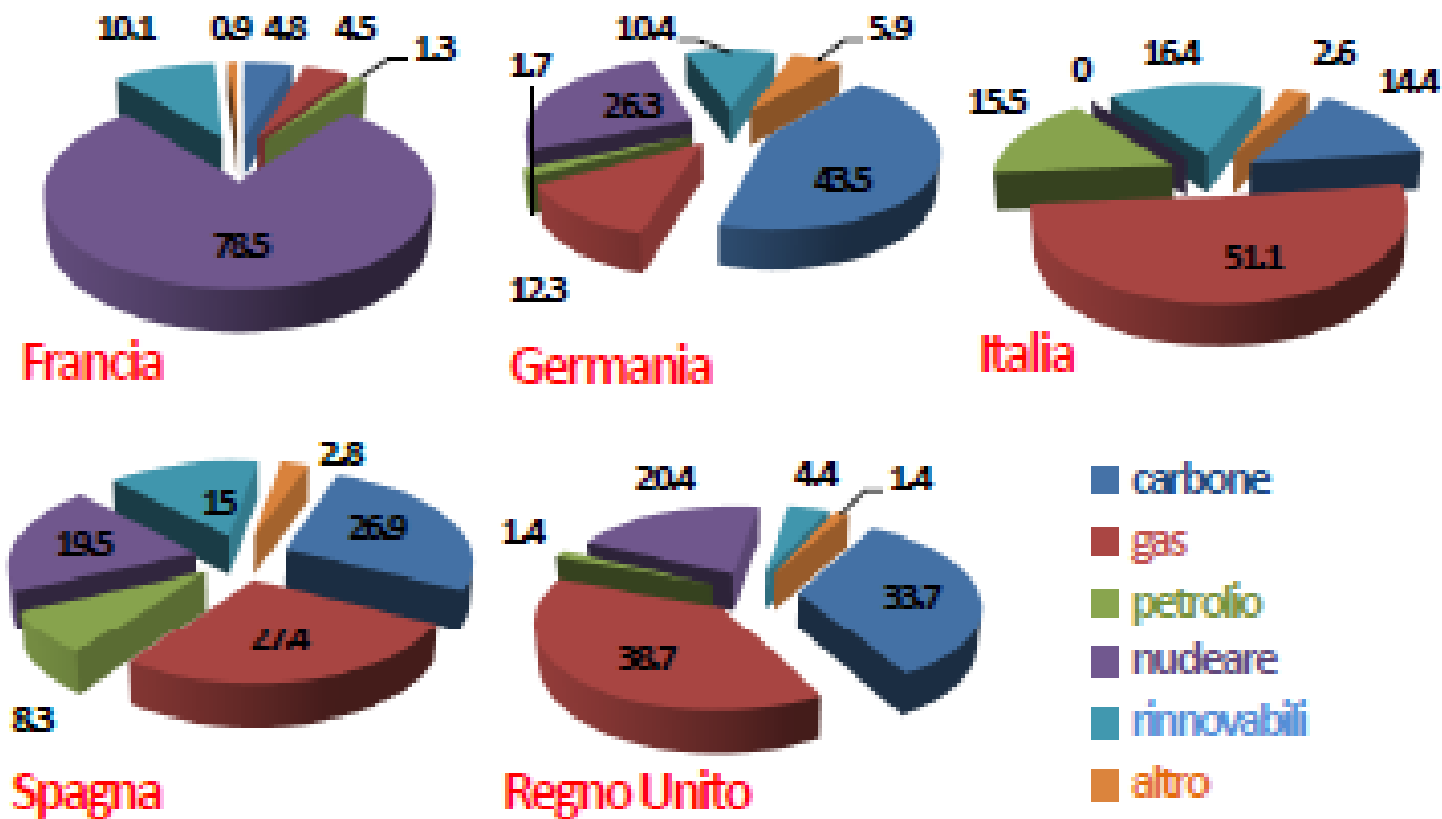


... e in Italia: **195 Mtep**, corrispondente al 2 % del totale



Fonte: EIA Annual Report 2008

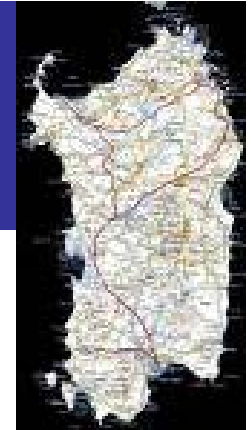
# Produzione elettrica europea per fonti [MTep] (2005)



Lo sviluppo sarà condizionato dai costi *interni* ed *esterni*

# Produzione elettrica sarda

[GWh] (2006)



Roberto NAPOLI  
 AEIT – Cagliari, 27.11.09  
 10 anni di liberalizzazione del mercato  
 elettrico : stato e prospettive



## Produzione netta

Idroelettrica	684	-	694
<b>Termoelettrica tradiz.</b>	11.579	1.236 →	<b>12.815</b>
Geotermoelettrica	-	-	-
<b>Eolica</b>	574	-	574
Fotovoltaica	0	-	0
<b>Totale</b>	<b>12.837</b>	<b>1.236</b>	<b>14.073</b>

Pompaggi

---

515

Consumi

**13.558**

Fonte: Enel 2006

# Costi Interni di Impianto e di Gestione



	<i>Impianto</i> [€/kWh]	<i>Combustibile</i> [m\$/kWh]	<i>Manutenzione</i> [m\$/kWh]	<i>Disponibilità</i> [%]	<i>Incidenza combust.</i> [%]
<b>Nucleare</b>	2.250	8	7	90	20
<b>Carbone</b>	2.300	14	6	90	40
<b>Olio Combustibile</b>	2.300	52	5	90	70
<b>Gas (ciclo combinato)</b>	2.300	40	5	90	70
<b>Eolico</b>	2.500	0	10	30	0
<b>Fotovoltaico</b>	6.300	0	10	15	0

# Costi Esterni



Roberto NAPOLI  
AETIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



I costi **esterni**, più difficili da valutare, riguardano fra l'altro:

- Rischi geopolitici
- Emissioni inquinanti (CO2, NOX, ...)
- Impatto estetico
- Impatto sonoro
- Occupazione di spazi
- Diminuzione del consenso sociale



# Prezzi medi d'acquisto



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive

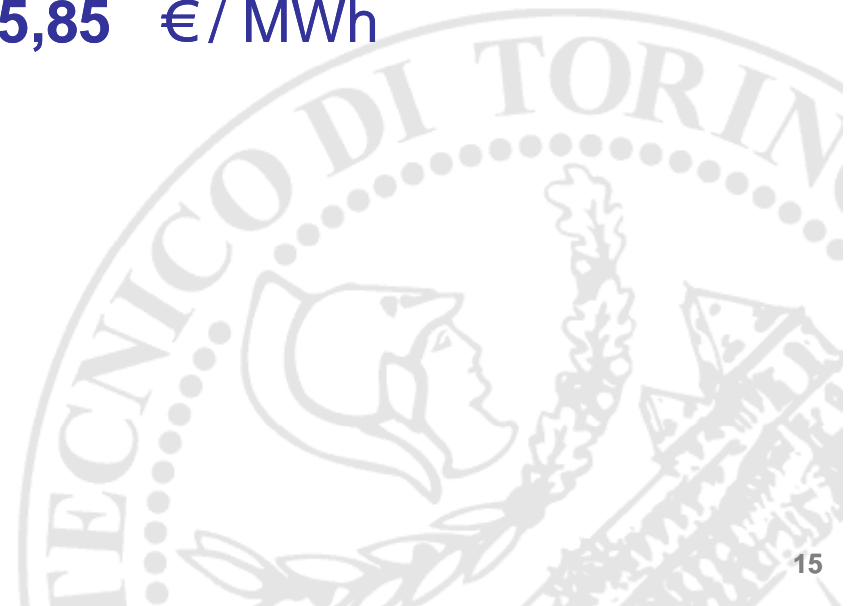


**Sardegna**

**93,55 € /MWh**

**Resto d'Italia**

**55,85 € / MWh**



# Mix energetico: obiettivi



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Pur nella difficoltà dei confronti, in sede europea si è formalizzato un consenso sui principi per un corretto sviluppo della composizione del **mix energetico**.

## Obiettivi europei:

- **diversificare** le fonti di energia e garantire la sicurezza negli approvvigionamenti;
- contribuire alla **crescita sostenibile** dell'economia mondiale e dei Paesi in via di sviluppo;
- sviluppare una forte **industria high-tech** europea nel campo delle **rinnovabili** ed assicurarne un ruolo preponderante a livello mondiale



# Mix energetico: punto di partenza italiano



Roberto NAPOLI  
AETIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Il caso italiano è più complesso, perché il punto di partenza si caratterizza per alcune rilevanti anomalie:

- Non usa le due tipologie di centrali elettriche a più basso costo (centrali a **carbone**, centrali **nucleari**)
- Per la maggior parte della produzione usa i combustibili con prezzi più cari e più volatili (**gas**, **petrolio**)
- Ha una forte dipendenza da forniture di gas via **gasdotto** con conseguenti **rischi** di natura strategica ed economica
- Ha una industria e una società penalizzate da **costi** dell'energia elettrica molto più elevati che nei Paesi competitori
- Ha un fabbisogno soddisfatto solo grazie a irrinunciabili **importazioni elettriche** dall'estero (Francia, ..)

# Vulnerabilità energetica italiana



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Conseguenza:



**assoluta necessità per il sistema elettrico Italiano di rivedere e riequilibrare il mix energetico**

In questi anni, l'Italia ha profondamente rinnovato il parco di generazione elettrica, grazie al più corposo piano di investimenti prodotto in sede europea.

Abbiamo adesso un parco di generazione in parte molto moderno (cicli combinati).

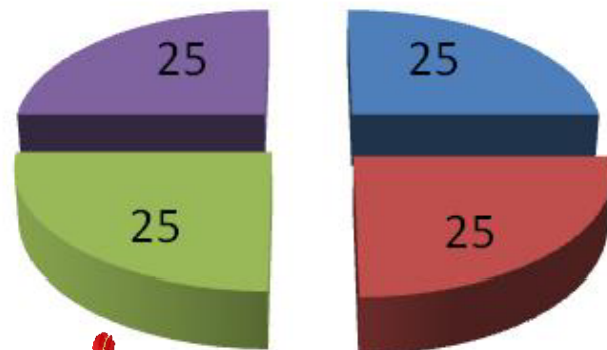
Però gli investimenti sono stati fatti senza variare il mix energetico, anzi peggiorandolo, con maggior ricorso al gas naturale.



# Quale mix energetico virtuoso ?

La diversificazione deve tendere a diminuire la dipendenza dagli idrocarburi gassosi e liquidi. Ciò comporta di fatto:

- Via libera al ritorno del nucleare
- Espansione del carbone (pulito)
- Potenziamento delle fonti rinnovabili non convenzionali (eolico, geotermico, fotovoltaico)



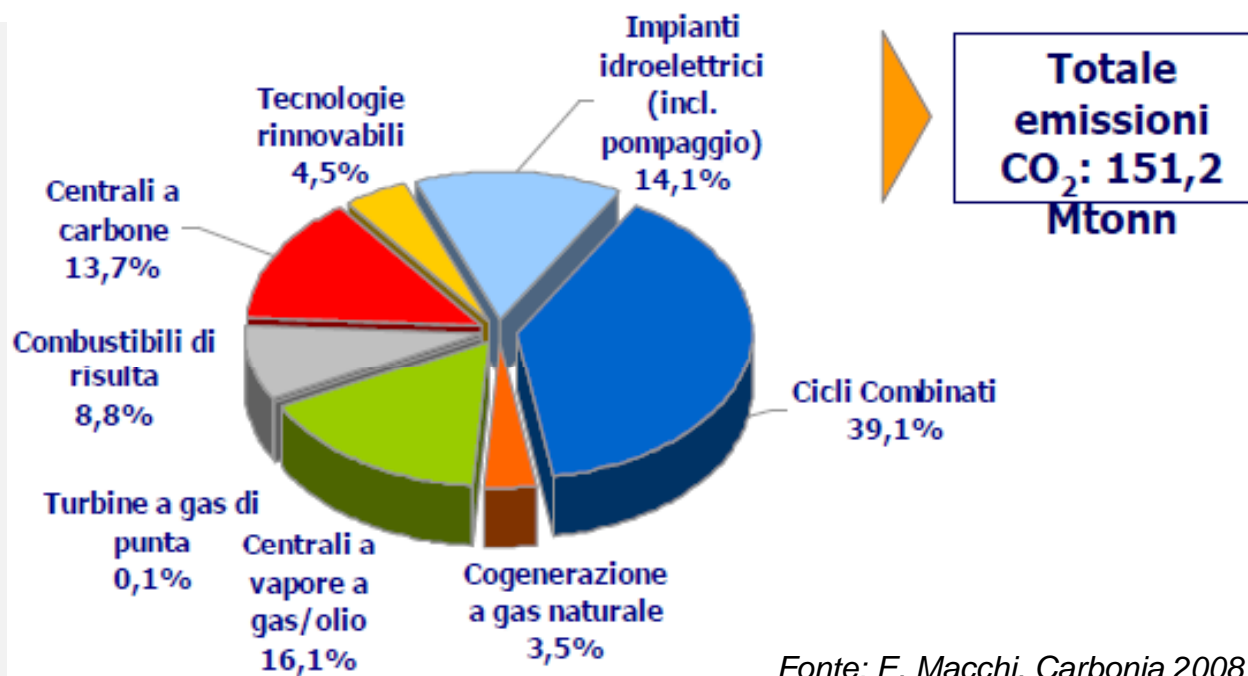
- Idrocarburi (Gas + petrolio)
- Carbone (... pulito)
- Nucleare
- Rinnovabili (Idraulico + non convenzionali)



Esempio (soggettivo) di ripartizione virtuosa

# Produzione elettrica italiana per fonti (2005)

Il mix ipotizzato come obiettivo è molto diverso da quello attuale !



Fonte: E. Macchi, Carbonia 2008

Il cambiamento è necessario ! Come ? Purtroppo il dibattito non è solo tecnico-economico, ma anche di fede sociale e politica.  
Ineliminabile l'opzione nucleare ! Meno attraente il carbone pulito.  
Importanti, ma non risolutive, le fonti rinnovabili non convenzionali.!

# Opzione nucleare ?

Parliamo di nucleare di generazione III e III+ (non IV) !

Il governo ha previsto:

- costruzione di centrali di **generazione III+**
- partecipazione a programmi di ricerca per **generazione IV**.

Perché ciò diventi reale:

- La scelta nucleare deve essere **politicamente condivisa e duratura**
- Le resistenze locali devono essere superate attraverso adeguata **legislazione** e **volontà** politica
- Devono essere predisposte le opportune **infrastrutture**
- Deve essere creato e mantenuto adeguato **personale** gestionale e di ricerca



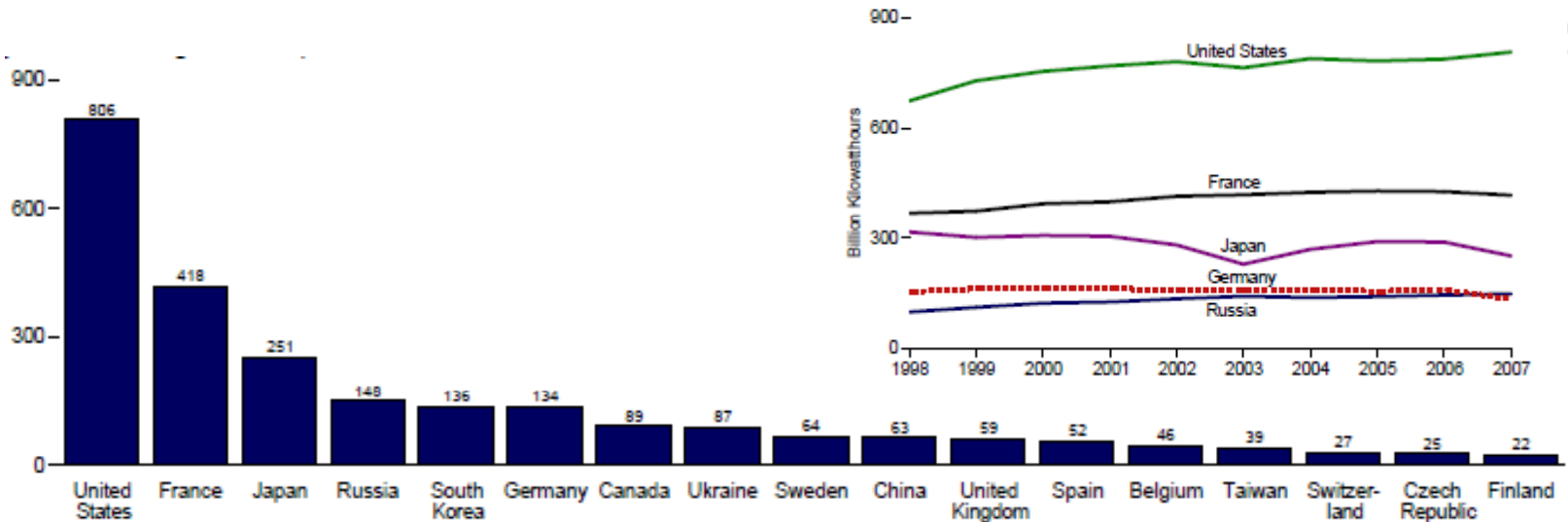
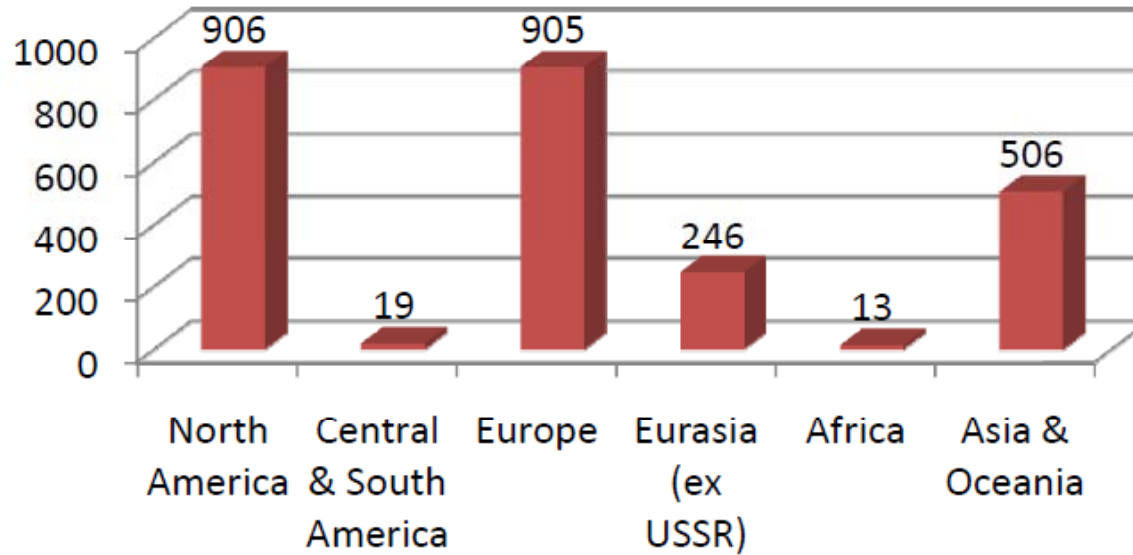
Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Nucleare nel mondo (2007) [Billions of kWh]



Roberto NAPOLI  
 AEIT – Cagliari, 27.11.09  
 10 anni di liberalizzazione del mercato  
 elettrico : stato e prospettive



# Il nucleare attuale (2007)

Fonte: Libro Bianco Energia [3]

## Reattori nucleari:

in esercizio	439	371 GWe
in costruzione	33	27 GWe
in progetto	94	102 GWe
pianificati	223	223 Gwe

## Contributo alla produzione (2007)

nel Mondo	16 %
in UE	33 %

## Italia:

Accordo Francia-Italia per la costruzione di 4 centrali nucleari di III generazione. Orizzonte minimo: 2018



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Il nucleare attuale (2007)

Fonte: Libro Bianco Energia [3]

Il Mondo dunque procede sulla strada del nucleare, che in realtà non ha mai avuto una vera sosta.

E' vero che per un certo periodo non sono state costruite centrali nucleari, ma è anche vero che ciò è avvenuto non solo per il basso costo dei fossili, ma anche per l'imprevisto prolungamento della durata tecnica delle centrali costruite (viaggiamo sui 40-50 anni contro i previsti 20-30).

## Italia:

Accordo Francia-Italia per la costruzione di 4 centrali nucleari di III generazione. Orizzonte minimo: 2018



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive





# Il carbone pulito



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Il carbone (pulito) svolgerà certamente un ruolo importante in sede mondiale.

In Italia, si può pensare alla riconversione delle centrali di Civitavecchia e di Porto Tolle, portando l'incidenza del carbone sino al 18 %, con una producibilità che potrebbe arrivare a 72 TWh

C'è il problema delle **emissioni inquinanti**.

Contro l'enigmatico effetto serra, la comunità internazionale richiede di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> nell'ambiente.

Altri inquinanti (come NO<sub>x</sub> o SO) hanno un tempo di residenza in atmosfera di ore o giorni.

Per la CO<sub>2</sub> è diverso. C'è un effetto cumulativo. Una volta emesso, la CO<sub>2</sub> rimane nell'atmosfera anche per 100 anni.

La tecnologia del carbone pulito è andata molto avanti, ma il processo di *decarbonizzazione* è però complesso e oltremodo costoso.

# Il carbone pulito



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Il carbone è molto utilizzato negli USA, dove è stata svolta una ricerca interessante:

## La domanda:

se gli USA decidessero di decarbonizzare totalmente e la capacità industriale di realizzare centrali fosse doppia dell'attuale, quanto tempo ci vorrebbe per de-carbonizzare il sistema elettrico statunitense ?

## La risposta:

**50** anni

## Con quali costi ?

Dipende da come si procede. Certamente enormi. Improporzionabili se venisse la voglia di accelerare.



# Il processo di decarbonizzazione



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Non abbiamo ancora tecnologie molto economiche per la  
**Carbon Capture and Storage CCS**

## Alternative per la CCS:

- Ossicombustione (combustione in atmosfera di ossigeno e CO<sub>2</sub>, promettente ma ancora non matura)
- Chemical looping (ossigeno trasportato in camera di combustione da un ossido intermedio)

## E torniamo al punto di partenza:

per abbattere le emissioni, bisogna produrre meno CO<sub>2</sub>. Se non si vuole rimanere legati agli idrocarburi, l'**opzione nucleare** rimane ferma.

Il resto è contorno: importantissimo, ma contorno.

# Fonti rinnovabili: 20-20-20 entro il 2020 ?



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



L'Europa ha approvato il pacchetto energia. Entro il 2020:

- Ridurre del 20 % le emissioni di gas serra
- Ridurre i consumi energetici del 20 %
- Portare al 20 % il consumo da fonti rinnovabili.

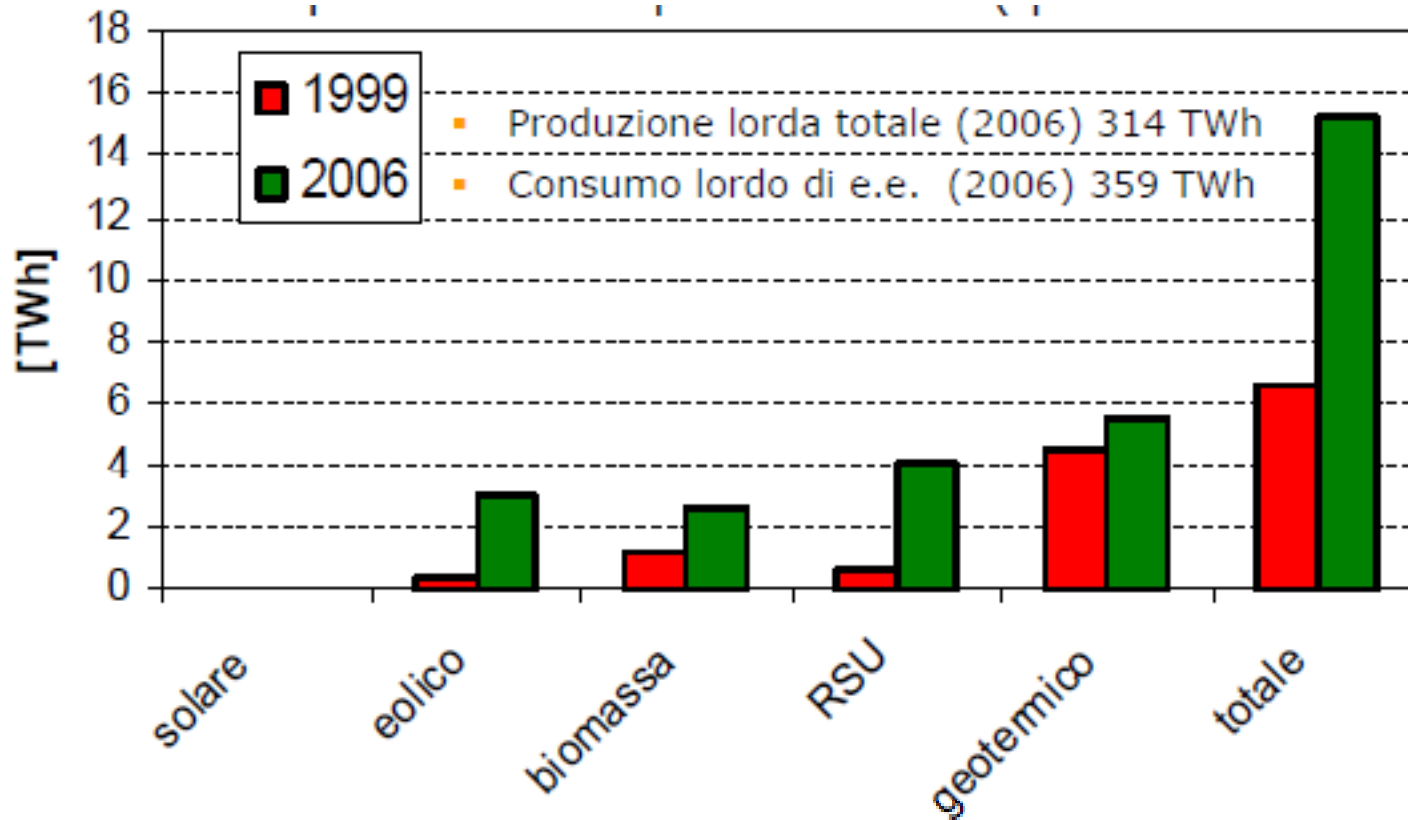
Il 20% di rinnovabili non si riferisce più alla domanda totale di energia, bensì agli **impieghi finali**, per venire incontro alle riserve espresse da diversi paesi (Francia e Germania in testa) sulla supportabilità economica dell'obiettivo.

All'Italia tocca portare al 17% la quota di consumi da rinnovabili, il che richiederà un riassetto strutturale del sistema elettrico e una riduzione di quasi due punti percentuali rispetto a quanto previsto dal governo.

E' una sfida non da poco (comporta la gestione di circa 100 TWh di rinnovabili). Da dove partiamo ?

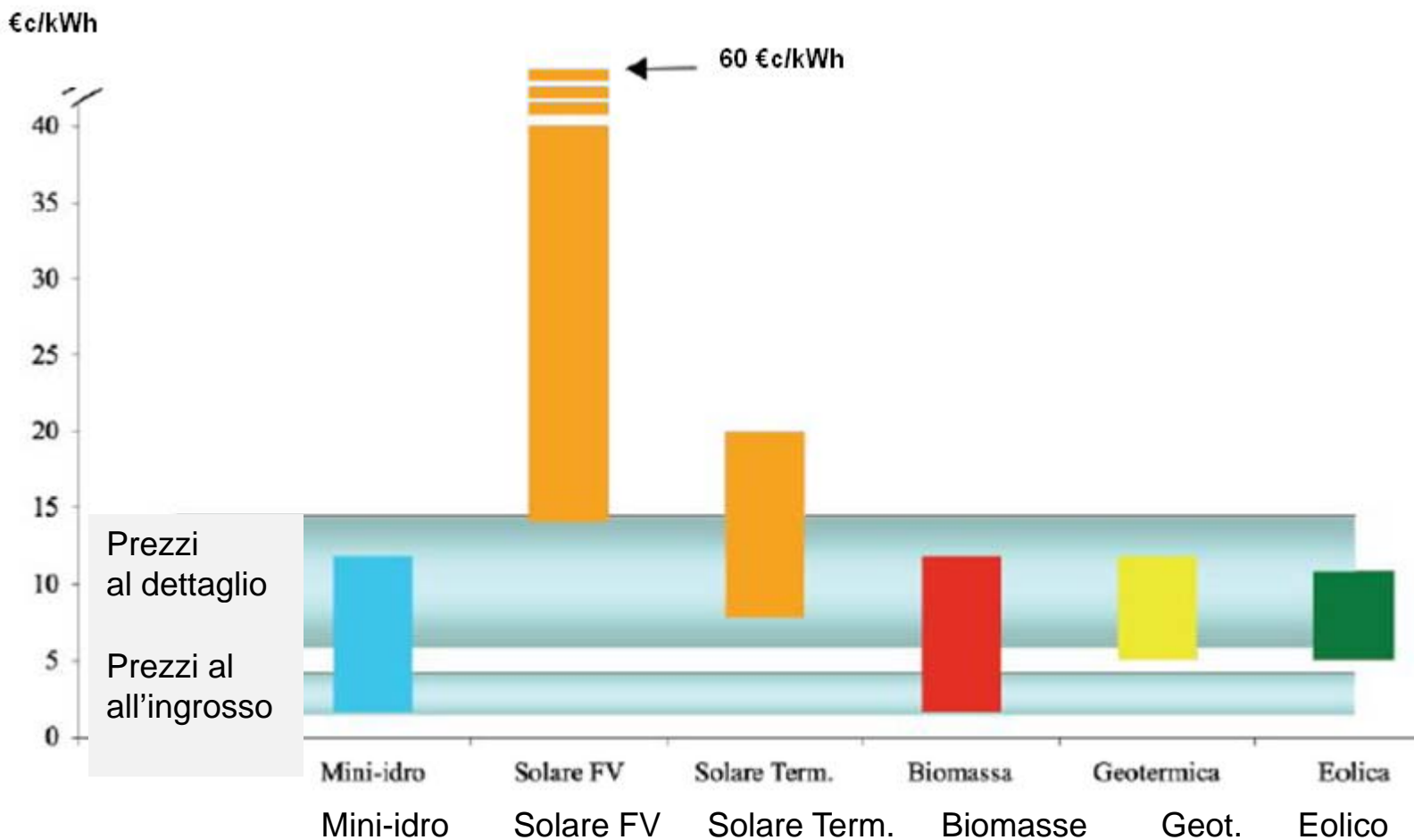
# Crescita italiana delle rinnovabili non convenzionali (1999-2006)

Crescita dello 0,3 % anno (1 TWh / anno), grazie alle incentivazioni. Contributi maggiori dall'eolico e dai rifiuti solidi



# Fonti rinnovabili: costi stimati

Il prospetto dei costi genera qualche perplessità ....



Fonte Nomisma Energia 2008 [5]

# Opportunità per le rinnovabili



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Mettendo insieme:

- alto **prezzo dei fossili**
- alti **prezzi per i consumi elettrici**
- corposi **incentivi**
- **normativa ambientale**

è legittimo ritenere che il momento è **straordinariamente favorevole per investimenti** nelle rinnovabili e nelle iniziative per la **riduzione dei consumi** energetici, purchè tutto ciò sia accompagnato e favorito dai decisori (Stato, Regioni, Comuni) con una **forte volontà politica** (= incentivi + controllo del dissenso)

# Come investire?



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Predomina l'esigenza di investire sulla base di accurate analisi economiche ed ingegneristiche !

Occorre distinguere fra:

- tecnologie che necessitano di **supporto iniziale** per raggiungere la massa critica necessaria a raggiungere la convenienza economica

→ Investimenti nel **supportare**

- tecnologie per le quali nelle condizioni attuali un'applicazione estensiva non porterebbe comunque alla convenienza

→ investimenti nella **ricerca e sviluppo**



# Trappole ...



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Bisogna assolutamente evitare scelte ideologiche aprioristiche, non supportate da una razionale e completa analisi economico-ingegneristica.

Esempi nel passato di di costose *decisioni avventate* non mancano:

- (anni '80) i carburanti sintetici (Synfuel), intempestivi e fuori mercato
- (anni '90) l'etanolo dal grano, senza prevedere il drammatico impatto sui prezzi alimentari e sull'uso delle risorse agricole
- (anni 90) il milione di tetti fotovoltaici, lanciati quando la tecnologia non era ancora pronta
- ..... (interrogativo amletico soggettivo) .....
- (1987) referendum italiano sul nucleare ?



# Fonti rinnovabili



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Le fonti rinnovabili (es. il **fotovoltaico**, l'**eolico**, le **biomasse**) hanno grandi possibilità di sviluppo, ma non costituiscono certo la soluzione ai problemi energetici.

Presentano indubbi vantaggi:

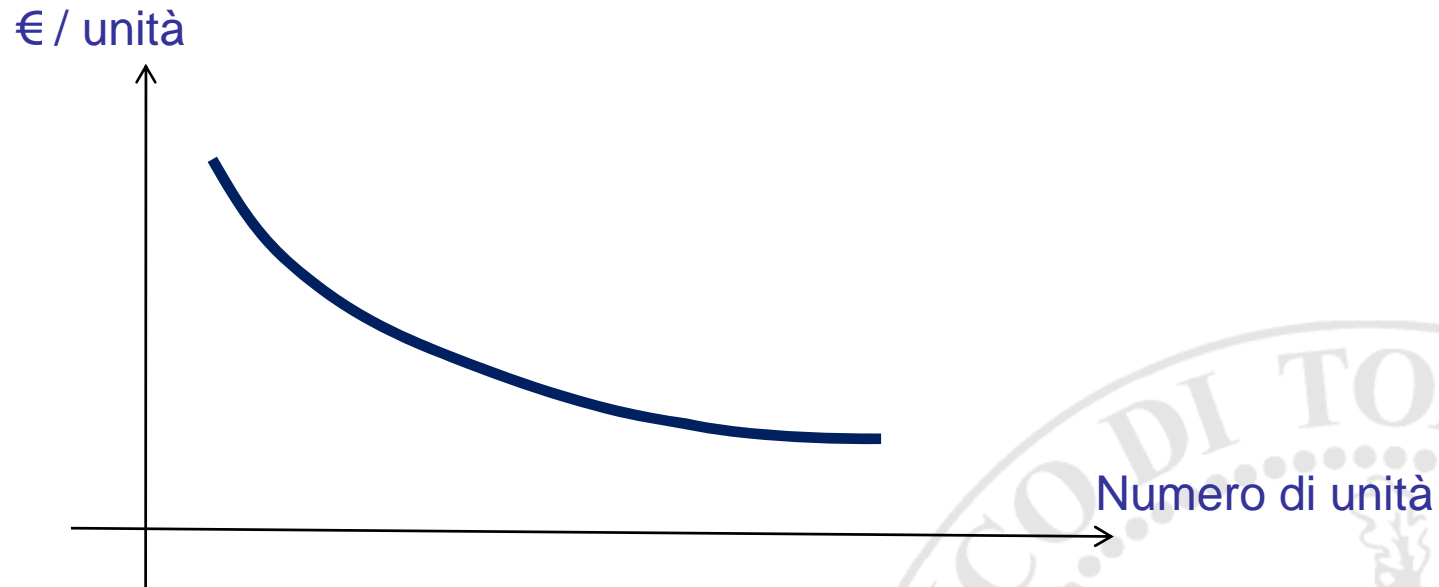
- creano **nuove possibilità di lavoro** diffuso
- possono **ridurre la vulnerabilità** del sistema elettrico
- hanno **tempi di installazione** molto ridotti
- **responsabilizzano** gli utenti nell'uso dell'energia

Poi ci sono purtroppo gli svantaggi:

- hanno problemi di **compatibilità** con la rete (le fonti irregolari solo tollerabili solo entro certi limiti percentuali)
- hanno problemi di **costi**.

# Una legge economica sempre valida

In una **tecnologia di successo**, gli economisti insegnano che i costi per unità di prodotto **diminuiscono** con l'aumentare della produzione dei componenti, sino ad un **punto di equilibrio finale sano**, che non necessita di incentivi (es. televisori LCD, LED....)



Consideriamo il **fotovoltaico**.

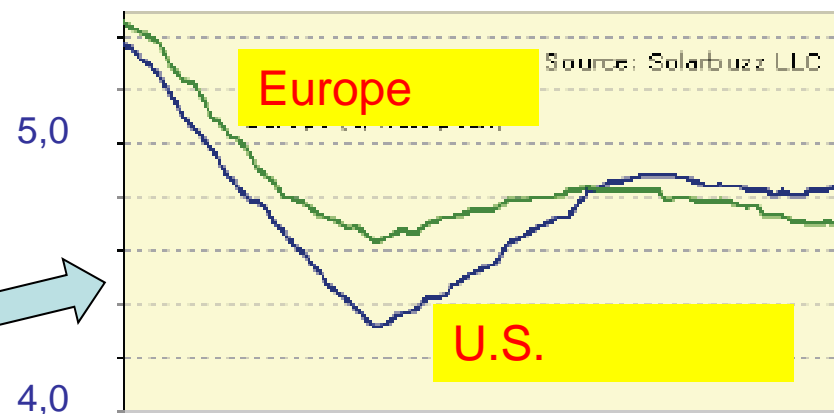
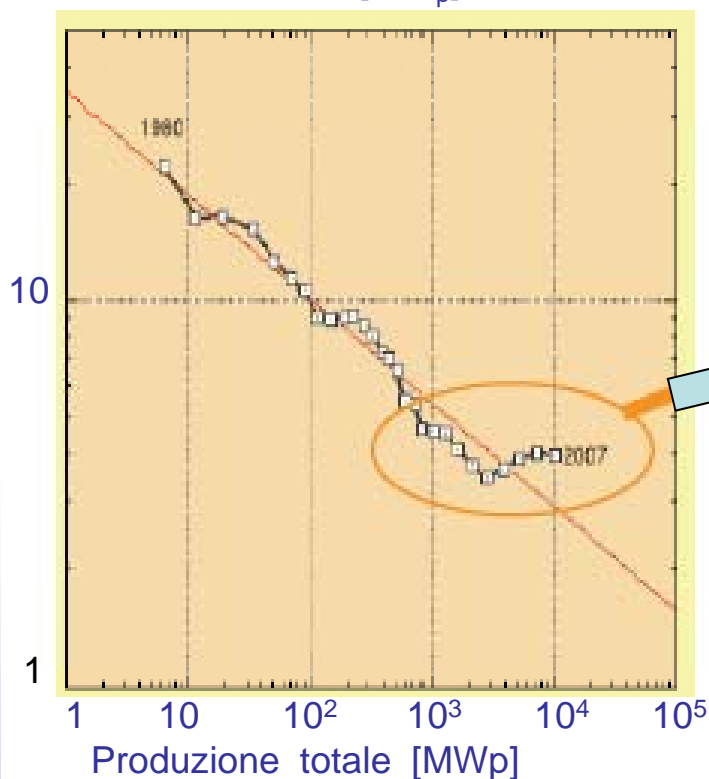
*Le cose stanno andando in questo modo ?*

*E' ipotizzabile un punto finale economicamente sano ?*

# Un esempio: i moduli fotovoltaici

Nonostante il forte aumento della produzione, i prezzi dei moduli fotovoltaici diminuiscono, ma **non** con una pendenza tale da fare presagire a breve un punto di equilibrio finale caratterizzato da una **'competitività naturale'** non drogata da incentivi ....

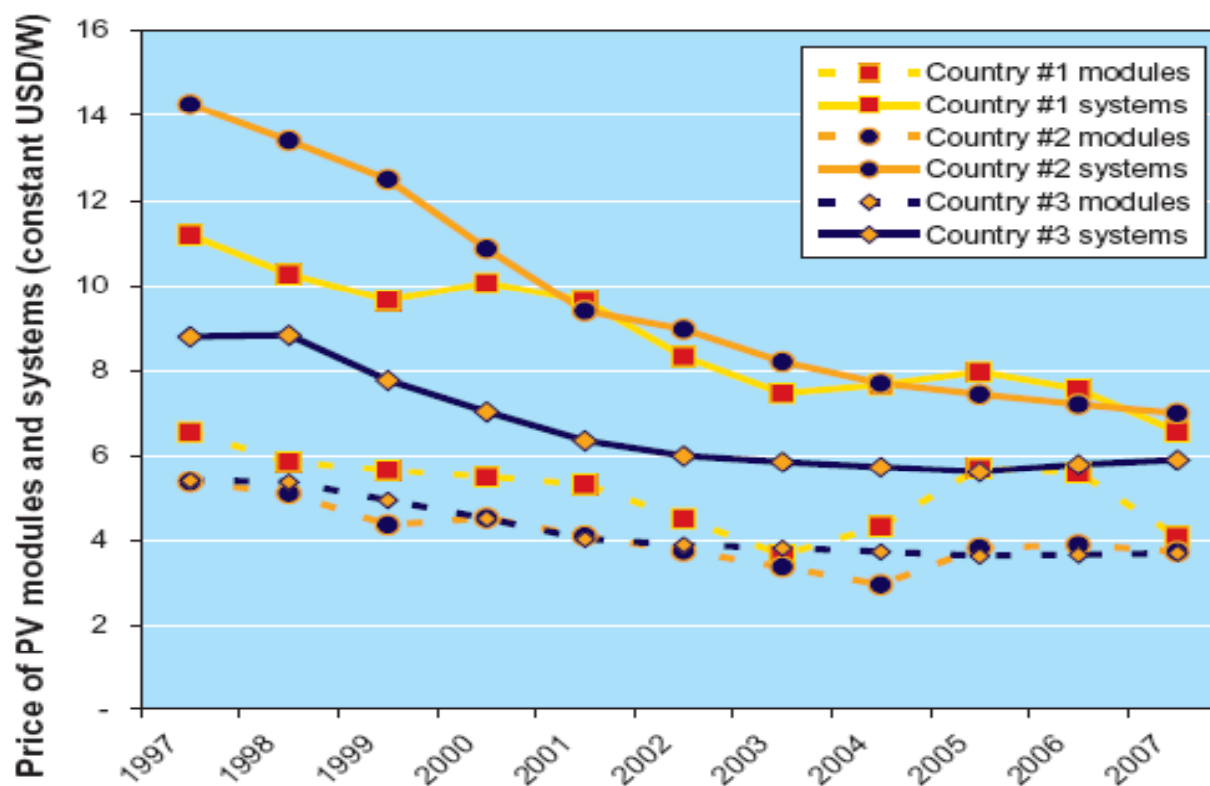
Prezzo dei moduli [\$/W<sub>p</sub>]



Dic. 2001      Ott. 2008  
Vendite al dettaglio moduli > 125 W

# Evoluzione dei prezzi dei moduli fotovoltaici

Anche l'indagine IEA conferma che l'andamento dei prezzi presenta una tendenza all'appiattimento. Ciò impone severe riflessioni.

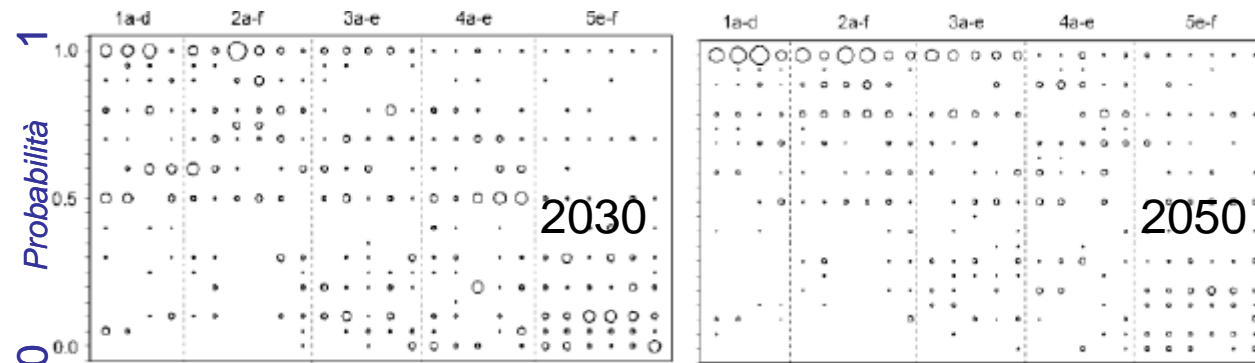


Una recente indagine USA fissa a 0,30 \$ /Wp il punto finale sano per il prezzo dei moduli.

# Evoluzione dei prezzi dei moduli fotovoltaici

Ecco i risultati di un'indagine condotta fra i maggiori produttori mondiali, per le varie tecnologie

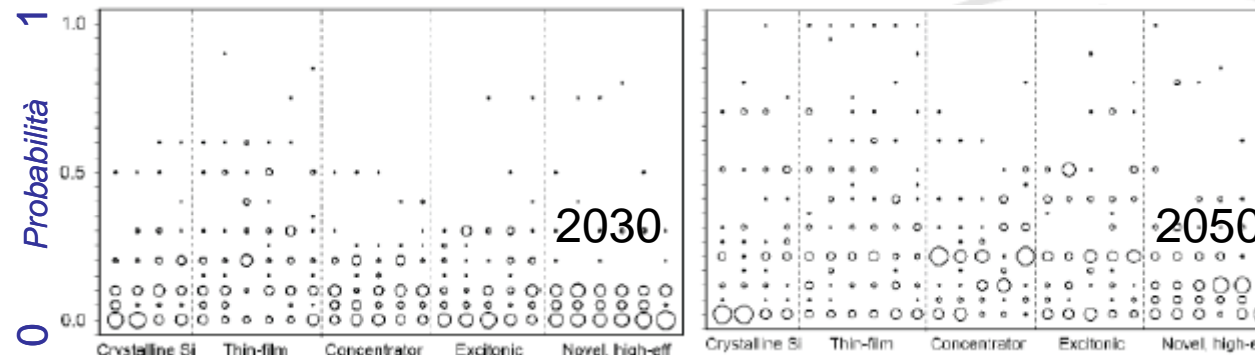
Probabilità di raggiungere  
**1,20 \$ /Wp**



Vari tipi di tecnologie

Vari tipi di tecnologie

Probabilità di raggiungere  
**0,30 \$ /Wp**



Le perplessità esistono, proprio fra i produttori

Fonte : Cartwright et. al., *Expert Assessments of Future Photovoltaic Technologies*, 2008  
Granger Morgan, Carnegie Mellon University



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Eolico



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Ha avuto negli ultimi anni un notevole sviluppo (Germania, Spagna, Danimarca, ..).

## Per l'Italia

Situazione attuale            ~ 3 GW            ~ 3 TWh

Stima potenziale            ~10 GW            ~ 15 TWh

La punta massima del carico italiano è di 56 GW

Le richieste di collegamenti a nuovi impianti eolici ammontano a più di 75 GW .

Richieste accettate < 4 GW.

Ulteriori possibilità potrebbero derivare dall'*off-shore*.

## Punti critici:

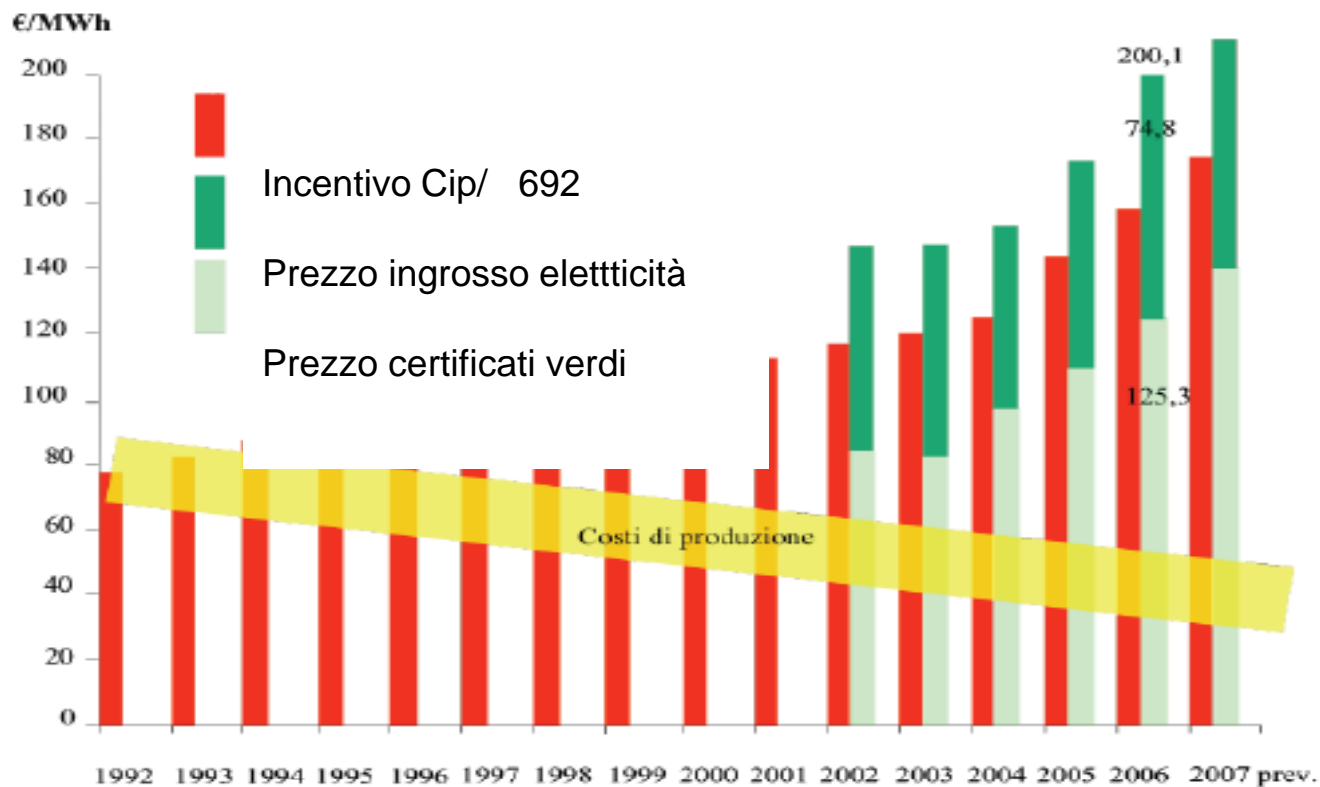
- Intermittenza
- Controllabilità
- Ostilità sociale (impatto visivo e acustico)

# Costi per l'eolico

Forbici costi – ricavi in crescita, ma ... situazione in evoluzione.



Roberto NAPOLI  
 AEIT – Cagliari, 27.11.09  
 10 anni di liberalizzazione del mercato  
 elettrico : stato e prospettive

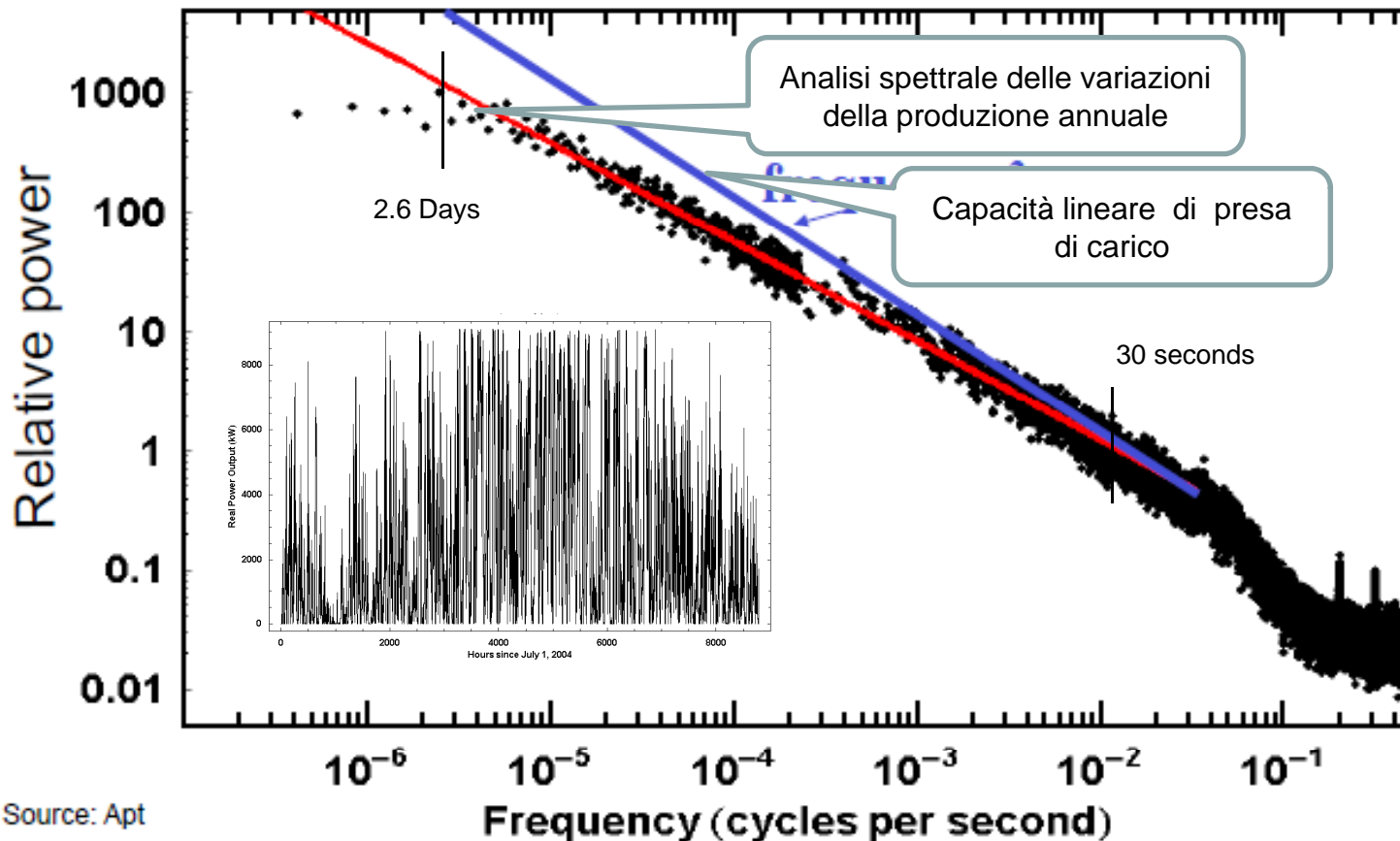


Fonte: Nomisma Energia 2008



# Analisi spettrale dell'intermittenza dell'eolico

Per compensare le irregolarità, occorre avere in linea turbine con rapida presa di carico. In alcune zone USA ciò rischia di costringere a compensare la potenza eolica installata con altrettanta potenza da turbogas ....



Source: Apt

Fonte :Granger Morgan, Carnegie Mellon University

# Prospettive



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



## Idrogeno

Le speranze sulle fuel cells si sono affievolite molto.  
Le grandi multinazionali hanno interrotto i finanziamenti  
alla ricerca per usi civili

## Biomasse

L'utilizzazione sta crescendo con regolarità e contribuisce  
allo smaltimento dei rifiuti. Possibilità di crescita limitate.  
Può essere opportunamente visto anche collegato alla  
cogenerazione.  
In Europa è da escludere l'uso del biodiesel di origine  
vegetale.

# Vulnerabilità strategica: conclusioni



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



I rimedi alla vulnerabilità energetica comportano:

- un **revisione del mix energetico** (con riduzione dell'uso di fossili, aumento delle rinnovabili e .. opzione nucleare !)
- una **riduzione dei consumi**, attraverso un miglioramento dell'efficienza energetica

Il secondo punto si presta a molte soluzioni.

A parte gli interventi sui componenti (es. illuminazione a LED, auto elettrica, etc...) diviene auspicabile una revisione strutturale del sistema di distribuzione dell'energia, non solo dal punto di vista economico, ma anche dal punto di vista della rete e della caratteristiche dei nodi.

Acquistano perciò interesse gli **hub energetici**, per ottimizzare l'acquisizione e l'uso delle risorse energetiche attraverso una diminuita centralizzazione dei processi e un maggior coinvolgimento di aggregazioni più piccole

# Hub energetici

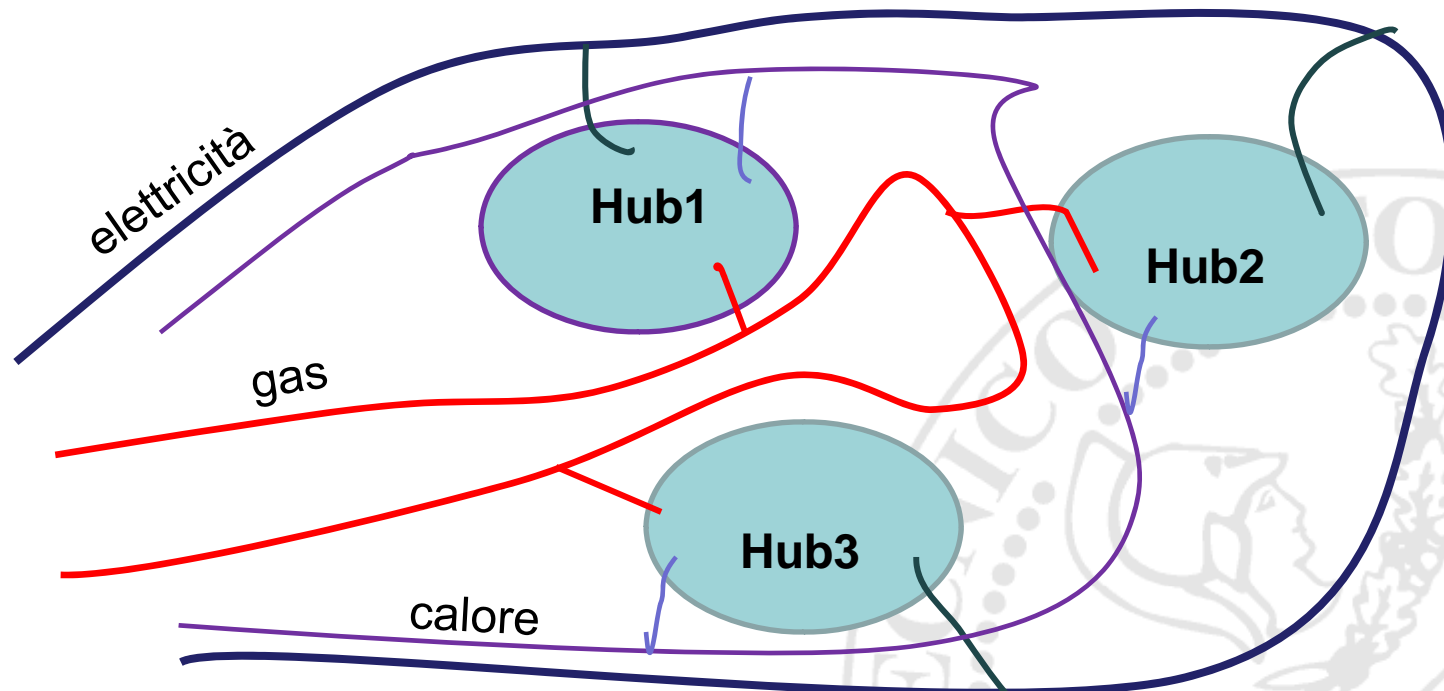
Un **hub energetico** è un struttura che acquisisce varie fonti di energia e le smista fra le varie utilizzazioni in modo ottimale (es. cogenerazione, trigenerazione, etc..).

Il punto chiave è che gli hub dovrebbero potere servire anche aggregazioni di utenze su aree più vaste e partecipare ai mercati dell'energia !



# Hub energetici

Ipotizzando hub energetici di dimensioni diverse, occorre anche ipotizzare strutture distributive diverse, disarticolando la struttura centrale in modo tale da creare un mercato competitivo in cui, grazie agli accumuli e alle possibilità di trasformazione, tutti siano soggetti competitivi e nessuno sia necessario.



# Vulnerabilità energetica: conclusioni



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Il cambiamento non sarebbe da poco e coinvolgerebbe strutture di produzione, strutture di distribuzione, strutture di mercato, etc..  
E' un cambiamento possibile ? Ed eventualmente dove si originerà ?

In qualche modo si scontrano visioni concettuali che possiamo (per pura comodità soggettiva) catalogare sotto due diversi approcci:

- visione **europea**, viziata dal peso della storia, atavicamente orientata alla regolazione, al controllo, alla normativa emessa da un'autorità centrale, che definisce il bene per tutti
- visione **americana**, viziata dalla ferma fiducia nel futuro e nelle responsabilità individuali come ingredienti per ottenere il bene di tutti

Chi incuberà e farà nascere i nuovi scenari ?

# Classi di vulnerabilità

## Vulnerabilità strutturale



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Punto debole : la trasmissione elettrica italiana



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Nonostante questo panorama non esaltante, oggi, se si trascurano gli aspetti strategici di affidabilità ed economicità delle fonti, i problemi principali di criticità non riguardano la generazione elettrica, ma la **rete di trasmissione**, la quale:

- è generalmente **obsoleta** (linee costruite decenni fa)
- è **usata in modo diverso** dalle specifiche progettuali
- ha sofferto di **carenza di investimenti** e di **ostilità sociale**
- deve confrontarsi con una **molteplicità di decisori**, da coordinare sinergicamente
- è percorsa da **flussi di potenza molto variabili** in quantità e direzione, per effetto della generazione distribuita

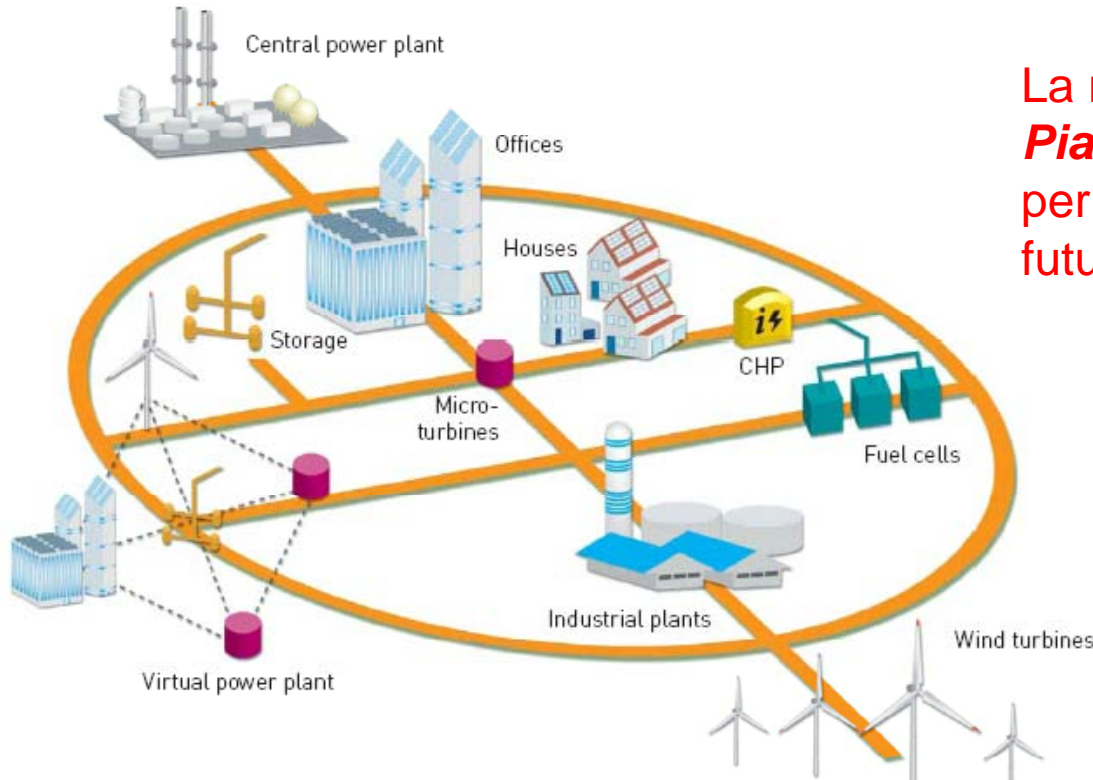
Il problema non è solo italiano, ma riguarda molti Paesi.



# Nuovi scenari : smart grid



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



La risposta europea:  
**Piattaforma Smartgrids**  
per le reti elettriche del  
futuro

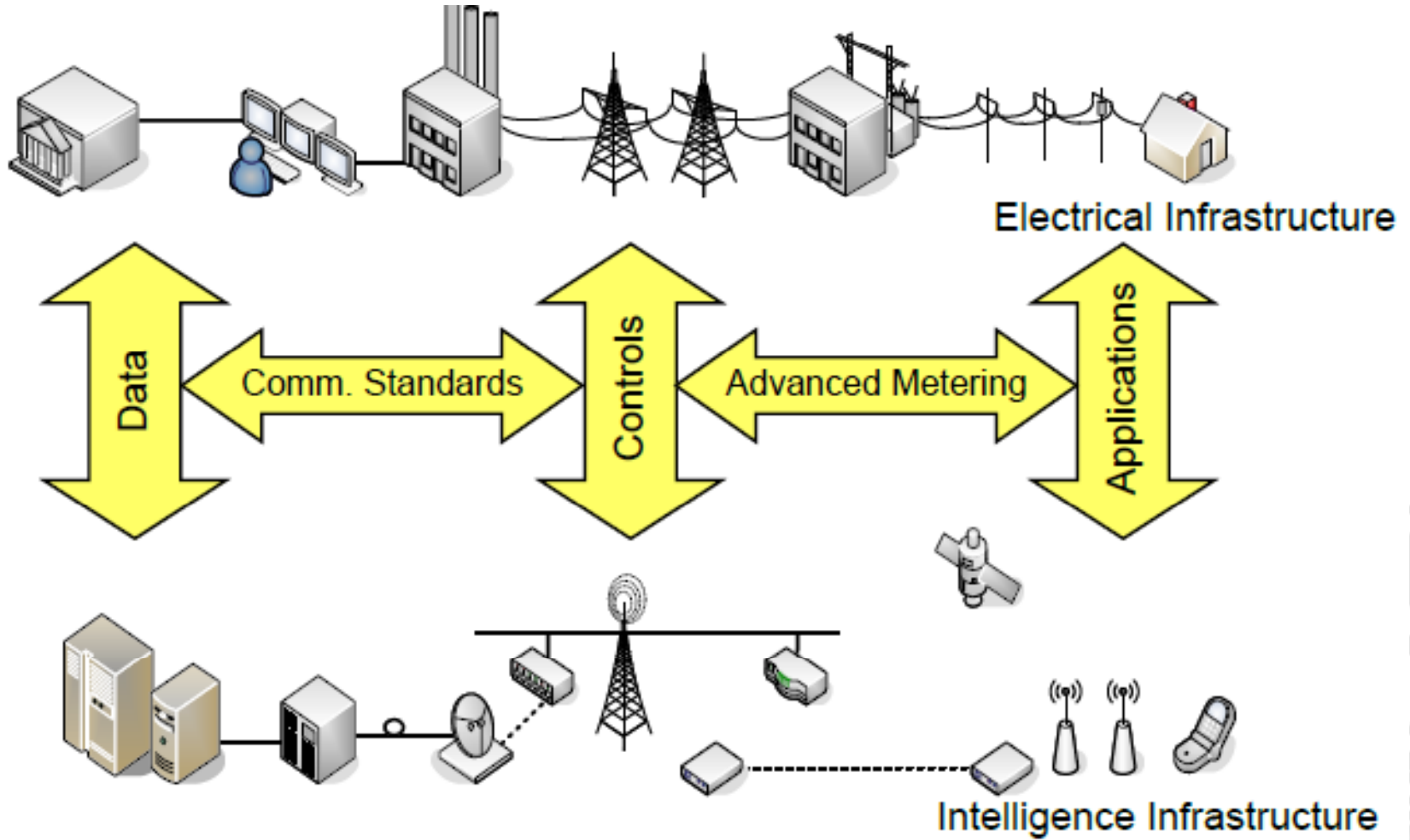


- Interconnette generatori di tipologie e taglie diverse
- Ammette scambi pluridirezionali d'energia e di segnali
- Consente azioni coordinate di gestione e controllo
- Coinvolge i consumatori nella gestione del sistema

# Nuovi scenari : smart grid

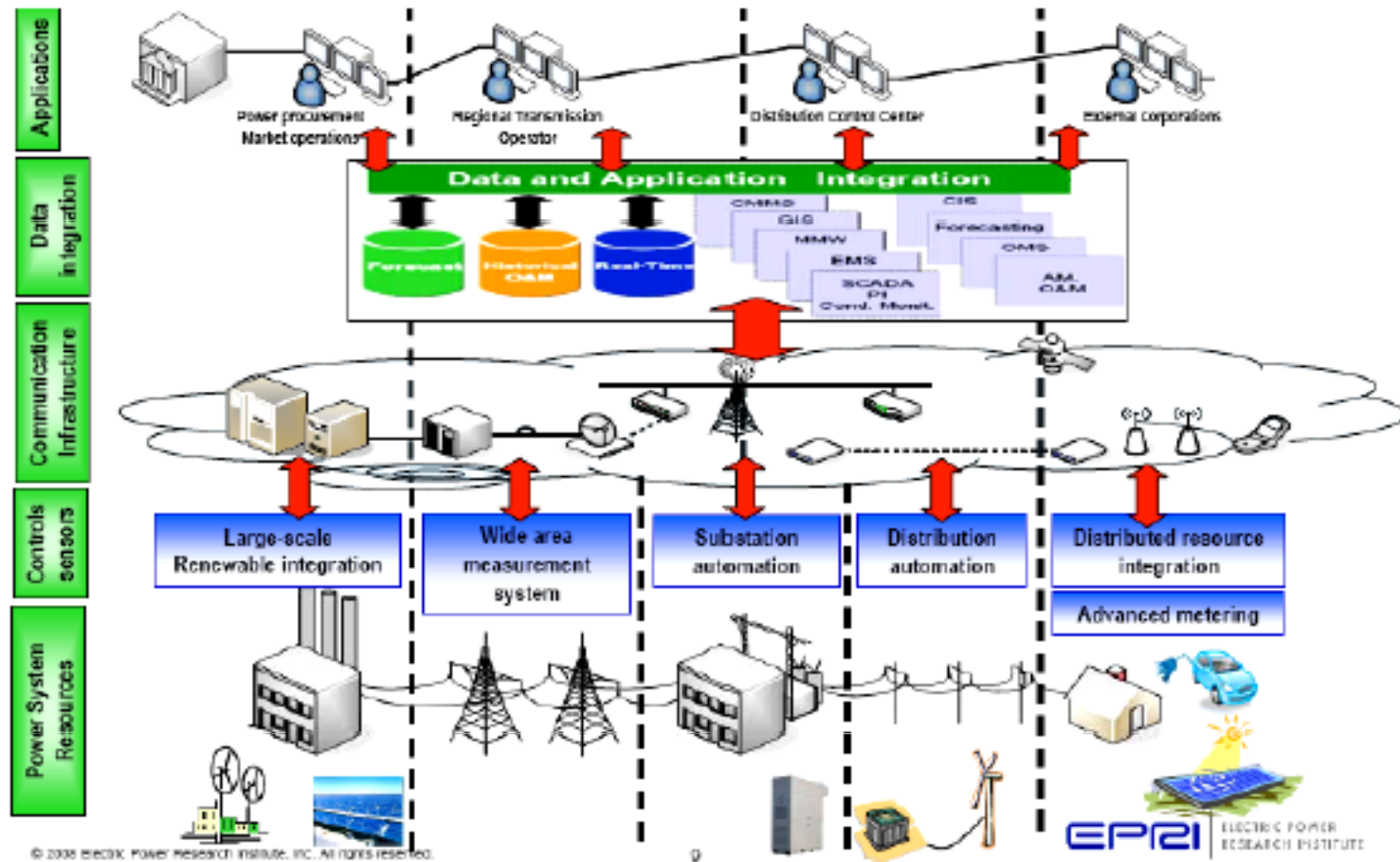


Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Nuovi scenari : smart grid

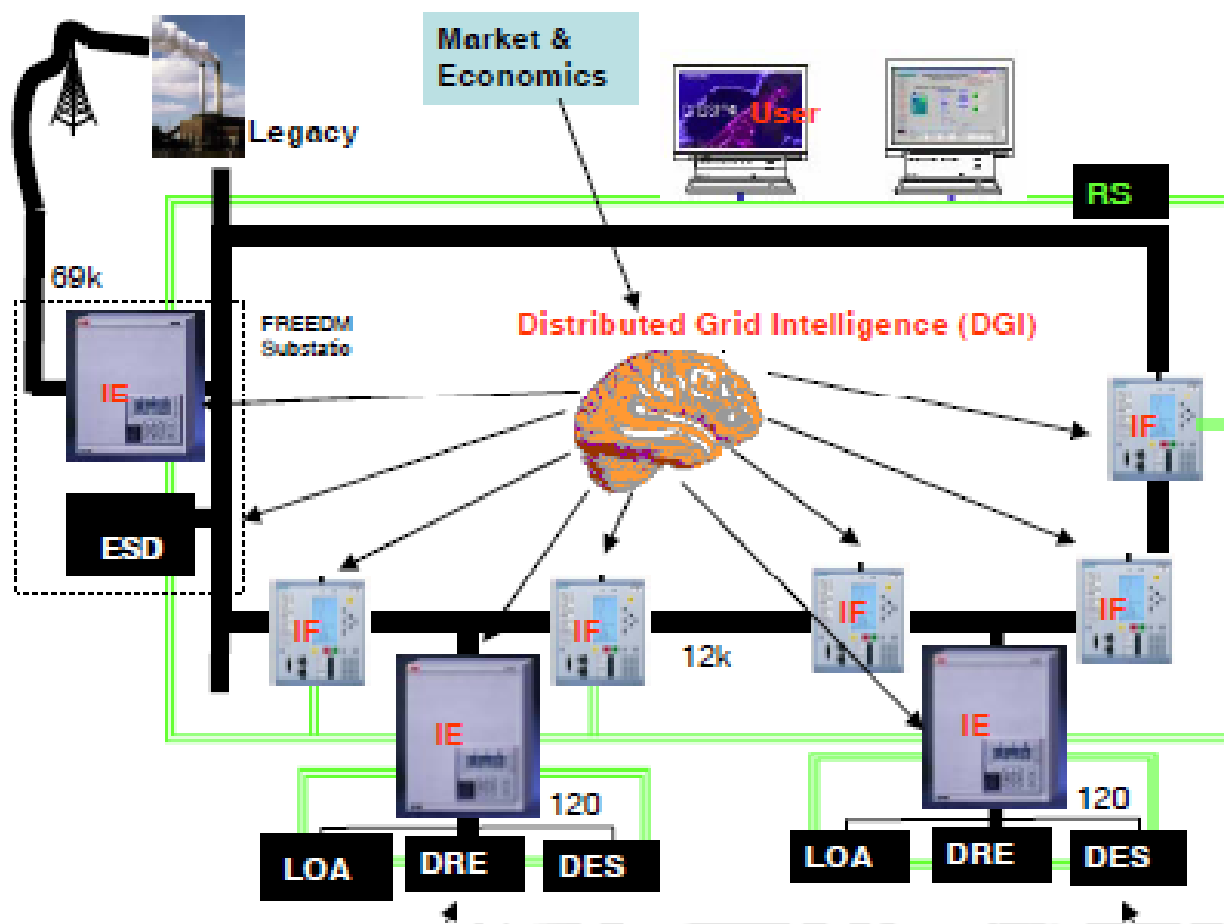
Le smart grid richiedono una struttura di supporto totalmente rinnovata, con componenti standardizzati



# Distributed minigrid

Se nello scenario si introducono gli **hub energetici**, alle **smart grid** si dovrebbero collegare le **minigrid**, di estensione diversa, sino ad arrivare alla trasformazione del consumatore in **pro-sumatore**.

E' una sorta di ritorno alla struttura del **villaggio**, divenuto tecnologico, collegato con il mondo e il più possibile autosufficiente in caso di emergenza.



# Classi di vulnerabilità

## Vulnerabilità funzionale



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Vulnerabilità funzionale



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Ci sono molti elementi che contribuiscono a rendere il sistema elettrico funzionalmente critico:

- i guasti possono avere tempi d'evoluzione **molto rapidi**
- il sistema è **molto complesso**, impossibile da studiare adeguatamente in tutte le sue interazioni
- Il sistema è sempre più esercito con **ridotti margini** di sicurezza
- I componenti e le strategie non sono standardizzate e le **interdipendenze** non sono adeguatamente esplorate
- le azioni di controllo sono governate da decisori che possono perseguire **obiettivi diversi**
- gran parte dei componenti sono disseminati su aree vaste, **esposte e indifendibili**

# Vulnerabilità funzionale



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Il mondo industrializzato semplicemente non può permettersi questa vulnerabilità funzionale.

Il tema della sicurezza funzionale elettrica è un tema centrale, al pari della sicurezza dei trasporti, dell'acqua, etc..

L'aumento costante della complessità genera giganti con i piedi d'argilla.

Occorre un cambio di prospettiva, in modo da rendere il sistema più solido, capace di disarticolarsi rapidamente senza cedere a effetti domino.

Ma abbiamo gli strumenti analitici per questa enorme sfida progettuale e gestionale ?

# Classi di vulnerabilità



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



## Vulnerabilità metodologica





# Vulnerabilità metodologica

I nuovi scenari richiedono nuovi strumenti di analisi tecnica ed economica.

Per sistemi così **complessi**, disponiamo di metodi che riteniamo sufficientemente sviluppati per:

- l'analisi preventiva delle criticità
- la messa a punto di strumenti per la ripresa post-evento (recovery)

Mancano invece metodi adeguati per l'**analisi in linea**.

E' impossibile fare simulazioni credibili con sistemi di tale dimensionalità, aggregando modelli matematici convenzionali (con parametri troppo incerti, non sempre validabili)

La ricerca tende a superare i modelli matematici classici per passare a modelli di **inferenza comportamentale**, cercando di individuare i sintomi e le logiche per capire rapidamente se il sistema sta evolvendo verso una situazione che richiede interventi, prima ancora che si raggiunga il punto di guasto).



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Vulnerabilità metodologica

Ciò richiede di:

- disseminare nella rete adeguati sensori
- metterli in comunicazione fra loro in tempo reale
- elaborare i dati, dominando le incertezze
- sintetizzare le conclusioni in un formato percepibile da operatori chiamati ad operare in emergenza in condizioni di stress

Tutto ciò in tempi ridottissimi, anticipando gli eventi !

In regime di libero mercato, le garanzie di sicurezza hanno costi che devono essere evidenziati ed addebitati.

Una inadeguata regolamentazione della sicurezza (e più in generale dei cosiddetti servizi ancillari) può introdurre criticità inaspettate, con conseguenze del tutto negative, come testimoniate da diverse gravissime interruzioni del servizio elettrico per tempi prolungati in diverse parti del mondo.



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Vulnerabilità metodologica



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Un caso a parte è costituito dalle analisi dei regolamenti e delle implicazioni economiche.

Il problema è particolarmente complesso negli USA, dove la presenza delle logiche di mercato è nettamente maggiore che in Italia, ma tuttavia le logiche di liberalizzazione non ben controllate hanno talora prodotto qualche effetto non propriamente positivo !

La tendenza a sovrapporre le logiche finanziarie di breve termine alle esigenze tecniche di affidabilità deve essere temperata da adeguate regolamentazioni, per la cui messa a punto si procede in genere con la tecnica del *‘prova e vediamo come va’*, in assenza di adeguati strumenti di simulazione, in una continua rincorsa fra norme e inevitabili furbizie.

# Vulnerabilità metodologica

.... Programmi per giocare nella borsa elettrica americana ...



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



IntercontinentalExchange® (ICE) - Imay2 @ Deutsche Bank (Parent)

View Admin Help Logout

Hold All Active All **Live Only** Hold Bids Hold All Hold Offers

Orders Date West par in start NYMEX West par phys chart

Power Off-Peak FIN Power Peak FIN location spreads pwr NYMEX Rolls Errot West Basis Hourly ICE Lots NEISO

Hold All On Hit/Lit Hold Bids On Hit Hold Offers On Lit Re-Link Agents History Formulas

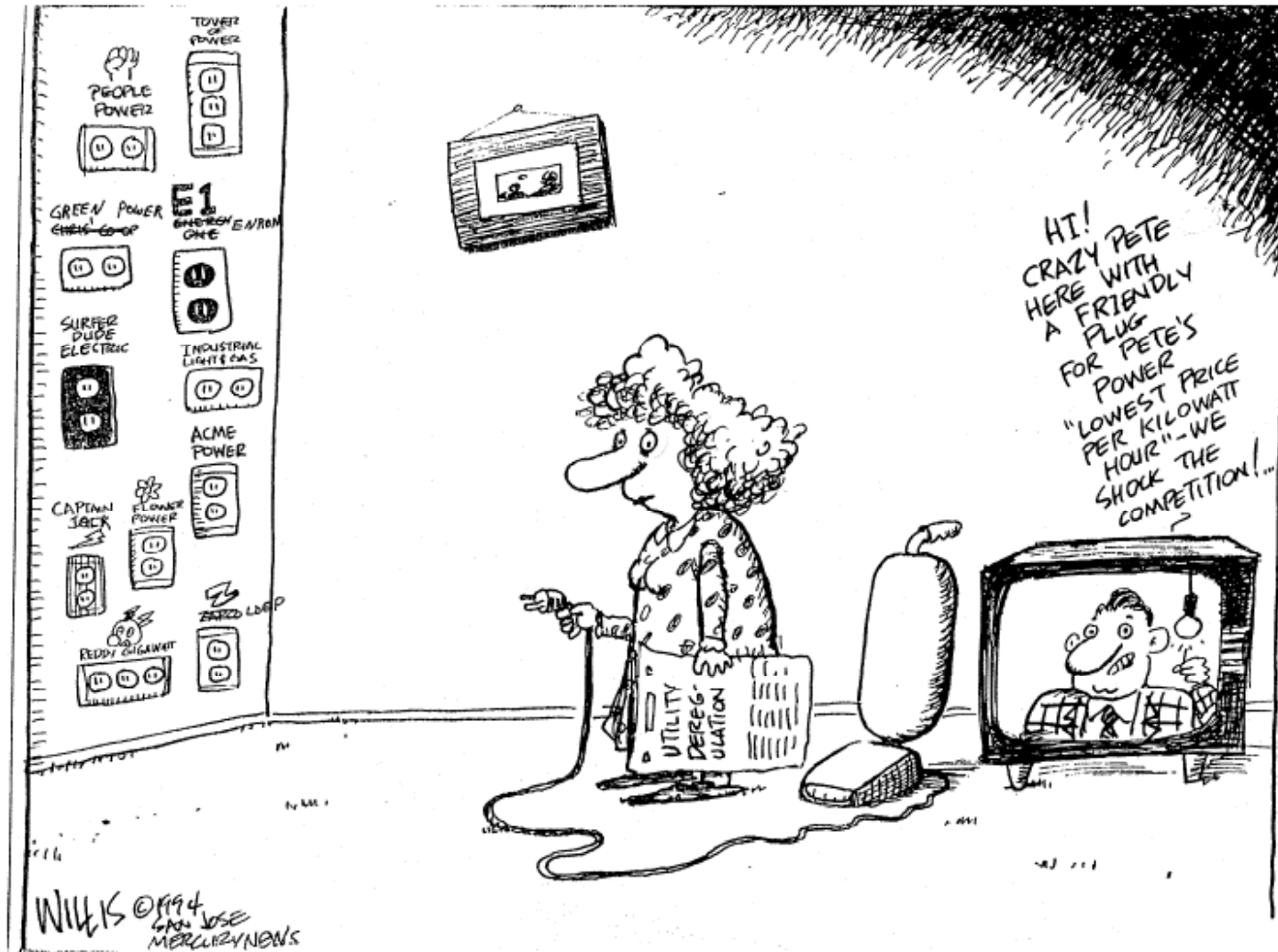
Product	Hub	Begin...	End D...	Strip	+	-	Sell	Qty	Bid	Offer	Qty	Buy	Last	Kill	Qty	Bid
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	15Jun09	19Jun09	Real Week	+		Hit	50	44.00	44.25	50		44.25			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	22Jun09	26Jun09	2nd Week	+		Hit	50	43.75	44.50	50	Lit	44.25	X		50 42.00
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	29Jun09	3Jul09	3rd Week	+		Hit	50	42.50	45.50	50					
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	8Jul09	10Jul09	4th Week	+		Lit	50	48.00							
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	15Jun09	30Jun09	Bal Month	+			50	41.00	43.00	50					
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jul09	31Jul09	Jul09	+			50	50.25	50.50	50		50.25			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Aug09	31Aug09	Aug09	+			50	52.25	52.75	50	Lit	52.50			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Sep09	30Sep09	Sep09	+		Hit	50	45.25	45.75	50		45.40			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Oct09	31Oct09	Oct09	+			50	42.50	43.15	50		43.00			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Nov09	30Nov09	Nov09	+		Hit	50	46.75	47.50	50		46.55			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Dec09	31Dec09	Dec09	+		Hit	50	53.25	53.80	50		53.75			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Mar10	31Mar10	Mar10	+		X	50	58.00	60.25	50	Lit		X		50 58.00
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Apr10	30Apr10	Apr10	+		Hit	50	53.75	55.50	50	Lit				
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1May10	31May10	May10	+		Hit	50	53.00	55.00	50		52.50			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jun10	30Jun10	Jun10	+			100	60.75	61.25	50		60.50			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Sep10	30Sep10	Sep10	+			50	58.50	59.00	50			X		50 59.25
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Oct10	31Oct10	Oct10	+			50	53.50	56.50	50					
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Nov10	30Nov10	Nov10	+					59.50	50					
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Dec10	31Dec10	Dec10	+			50	60.25	61.00	50					
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1May11	31May11	May11	+			50	58.75	59.75	50					
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	18Jun09	19Jun09	Custom	+			200	43.00	45.00	50					
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	25Jun09	30Jun09	Custom	+			150	44.50	46.00	50					
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jul09	31Jul09	Custom	+		Hit	50	42.00	45.00	50	Lit				
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jul09	31Aug09	Jul09-Aug09	+			50	51.70	52.30	50		51.80			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jan10	28Feb10	Jan10-Feb10	+		Hit	50	62.50	63.25	50		62.75			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Mar10	30Apr10	Mar10-Apr10	+			50	58.00	59.00	50		55.75	X		50 55.00
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jul10	31Aug10	Jul10-Aug10	+			50	74.50	75.25	50		74.25	X		50 74.25
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jan11	31Feb11	Jan11-Feb11	+			50	70.25	72.00	50	Lit				
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Mar11	30Apr11	Mar11-Apr11	+		Hit	50	62.00	63.50	50	Lit	61.75			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jul11	31Aug11	Jul11-Aug11	+		Hit	50	81.00	81.50	50		81.00			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jan12	31Aug12	Jan12-Aug12	+											
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Oct09	31Dec09	Q4 09	+			50	47.75	48.30	50		47.00			
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Oct10	31Dec10	Q4 10	+		X	50	56.50	57.00	50		56.75	X		50 56.50
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Oct11	31Dec11	Q4 11	+			50	59.50	60.00	50	Lit				
Fin Swap-Peak	PJM WH Real Time	1Jan10	31Dec10	Cal 10	+		X	50	60.50	63.00	50	Lit		X		50 60.50

# Vulnerabilità organizzativa

Le perplessità non riguardano solo la signora Maria .....



Roberto NAPOLI  
AEIT - Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Classi di vulnerabilità



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



## Vulnerabilità organizzativa



# Vulnerabilità organizzativa



Roberto NAPOLI  
AETIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Il contesto moderno di impone di imparare a convivere con i rischi. I disservizi elettrici hanno ormai una non trascurabile probabilità di occorrenza. La situazione generale non ci lascia trascurare la possibilità di attacchi intenzionali.

Sappiamo che i blackout possono arrivare ed arriveranno: non sappiamo quando.

L'esperienza insegna che molti dei guai elettrici sono innescati da cause tecniche e hanno avuto conseguenze più gravi del necessario per effetto di errata percezione della situazione, di errate decisioni e di insufficiente preparazione.

Occorre dosare opportunamente:

- **Preparazione** (sviluppando procedure concertate con tutti i responsabili delle infrastrutture critiche interdipendenti)
- **Allenamento** (verificando sistematicamente le procedure con simulazioni periodiche)

# Vulnerabilità organizzativa



Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



Tutti i gestori sono dotati di procedure d'emergenza.

Alcune nazioni hanno approntato piani d'emergenza anche a livello di utente, prevedendo per ogni servizio e/o per ogni fabbricato un **responsabile dell'emergenza**, opportunamente istruito con procedure periodicamente provate.

E' una strada giudiziosa, che oltre a mitigare le conseguenze indotte da possibili eventi (naturali o dolosi) educa alla cultura dell'emergenza, con la quale dovremo sempre più confrontarci, anche a causa del mutato clima non solo meteorologico ma anche sociale e geopolitico.



# Conclusioni

Nel settore dell'energia elettrica l'evoluzione tecnologica viaggia con una velocità molto minore dei problemi posti dagli errori e dalle sottovalutazioni nel:

- calibrare correttamente il ricorso alle fonti primarie
- nel gestire e sviluppare le reti di trasporto
- contenere adeguatamente l'uso dell'energia
- conservare l'ambiente per le generazioni future

Occorre un **supplemento di inventiva e di intelligenza** nell'usare meglio le risorse disponibili, nell'immaginare e preparare i cambiamenti possibili, nel riposizionare i valori sostanziali dei beni fisici e del lavoro rispetto ai valori finanziari.

Non abbiamo molto tempo. Occorre fare in fretta, perché ....



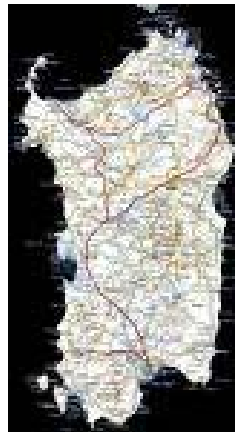
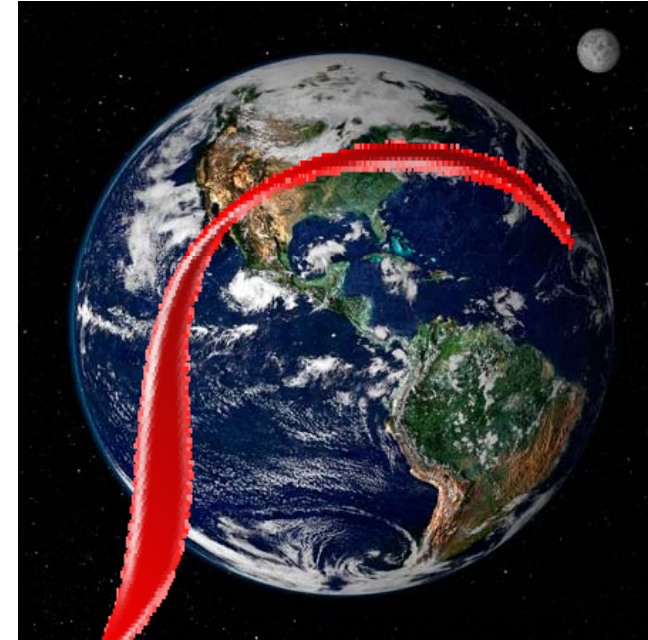
Roberto NAPOLI  
AEIT – Cagliari, 27.11.09  
10 anni di liberalizzazione del mercato  
elettrico : stato e prospettive



# Conclusioni

.... rischiamo di rimanere con pochi luoghi nei quali nei quali vivere in modo

- ⇒ esteticamente piacevole
- ⇒ socialmente gradevole
- ⇒ energeticamente pulito !!!



**Grazie per l'attenzione**

[roberto.napoli@polito.it](mailto:roberto.napoli@polito.it)