

## Analisi Integrata e modelli per le valutazioni di impatto delle strategie e politiche energetico-ambientali - RSE

La sfida di una politica energetico-ambientale complessa è rispettare la compatibilità e coerenza tra i diversi obiettivi nella maniera più soddisfacente possibile ed esplorare tutte le sinergie e interconnessioni del sistema energetico con altre dimensioni, come quella economica e ambientale, che una data politica può sviluppare o influenzare.

Lo strumento e la metodologia a supporto della politica energetica dovrebbe essere in grado di rappresentare la complessità di queste interconnessioni e valutare gli impatti di misure e politiche secondo diversi aspetti e a diversi gradi di dettaglio, mantenendo una visione sistemica. Dovrebbe mettere, quindi, in correlazione le principali variabili socio-economiche come popolazione, prodotto interno lordo, valori aggiunti settoriali, prezzi dell'energia con la caratterizzazione delle tecnologie energetiche, le emissioni o la disponibilità delle risorse, e analizzare come si influenzano l'un l'altra attraverso una valutazione quantitativa.

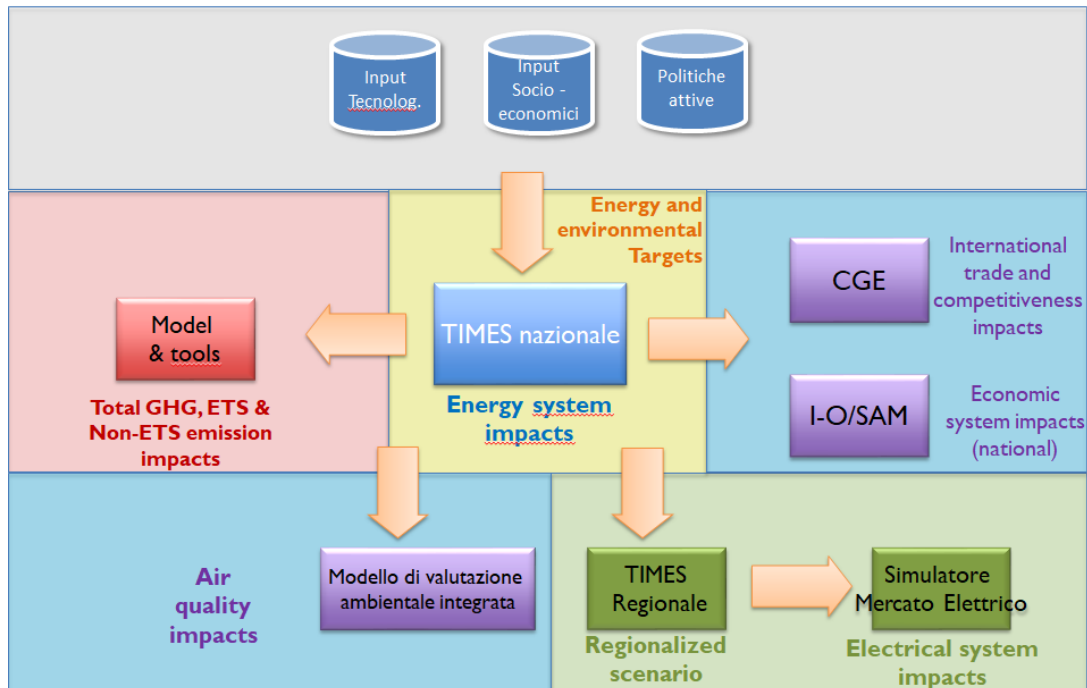
Dal 2013 RSE ed ENEA lavorano in sinergia per supportare la politica energetico-ambientale italiana (alcuni esempi sono: Ministero dello sviluppo Economico e Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare – **SEN**; Presidenza del Consiglio dei Ministri: **Scenario di Riferimento italiano** e relativi impatti, MiSE - valutazione per l'Italia dell'impatto delle strategie della Comunicazione “*A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030*” (COM(2014)15 final), ecc ), mettendo a disposizione e condividendo i propri modelli e strumenti quantitativi.

Già singolarmente i due istituti di ricerca hanno sviluppato modelli in grado di lavorare in sinergia tra di loro, approfondendo, a partire dalla modellistica energetica, gli aspetti di maggior interesse o con maggiori criticità attraverso il link del modello energetico con modelli ambientale, con modelli economici o con un modello di simulazione del mercato elettrico.

L'approccio utilizzato in sinergia da ENEA e RSE negli ultimi anni è stato quello di assemblare una catena modellistica e di valutare strategie o politiche energetico-ambientali sotto diversi profili e in diversi ambiti, utilizzando le proprie expertise decennali nel campo. La catena fa perno su un modello del sistema energetico, il TIMES, che, a partire dalle ipotesi esogene, produce risultati, relativamente a flussi di produzione o consumi di fonti energetiche, tecnologie e ad investimenti. Tali risultati diventano a loro volta input per modelli del sistema elettrico, del sistema economico, e per modelli di calcolo delle emissioni di gas serra e di inquinanti con impatto sulla qualità dell'aria.

Con l'esperienza del “Tavolo sulla Decarbonizzazione dell'Economia” istituito presso la presidenza del Consiglio dei Ministri e nel quale RSE ha avuto il ruolo di coordinatore del “Gruppo di Lavoro sugli Scenari”, la partecipazione alla catena modellistica è stata allargata ad altri soggetti con un significativo background modellistico e di valutazioni delle politiche energetiche e ambientali, come ISPRA e FEEM.

Figura 1 - Esempio di Catena modellistica per le valutazioni di impatto delle strategie energetico-climatico



## Il modello nazionale TIMES\_Italia

Il ricorso ad analisi di scenario, cioè all'uso di descrizioni internamente coerenti dell'evoluzione del sistema energetico, permette di "tenere insieme" tutte le componenti del sistema, un elemento essenziale per effettuare valutazioni quantitative circa una delle questioni caratteristiche della politica energetica, la compatibilità tra obiettivi diversi. In tal modo risulta anche possibile rappresentare le interazioni esistenti tra i molti fattori in grado di influire sullo sviluppo delle diverse tecnologie, ed esplorare i trade-off esistenti tra le possibili traiettorie di sviluppo del sistema energetico, e insieme valutare le implicazioni di ciascuna di tali traiettorie in termini di costi, equilibrio fra domanda e offerta di energia, emissioni di CO<sub>2</sub>.

Come detto prima, tutta la catena modellistica a supporto del decisore pubblico è incentrata sul modello del sistema energetico TIMES e alla realizzazione degli scenari energetici.

Il modello **TIMES\_Italia**<sup>1</sup> è stato sviluppato dall'Unità Studi dell'ENEA a partire dal 2008 ed ora è utilizzato in maniera congiunta con RSE.

E' un modello tecnico-economico bottom-up di ottimizzazione che appartiene alla famiglia MARKAL-TIMES, sviluppato a partire dal generatore di modelli TIMES messo a punto nell'ambito dell'Implementing Agreement della IEA "Energy Technology Systems Analysis Programme" (**ETSAP**).

Il modello TIMES-Italia fornisce una rappresentazione matematicamente formalizzata del sistema energetico italiano inteso come l'insieme di flussi di risorse energetiche (commodities), tecnologie e

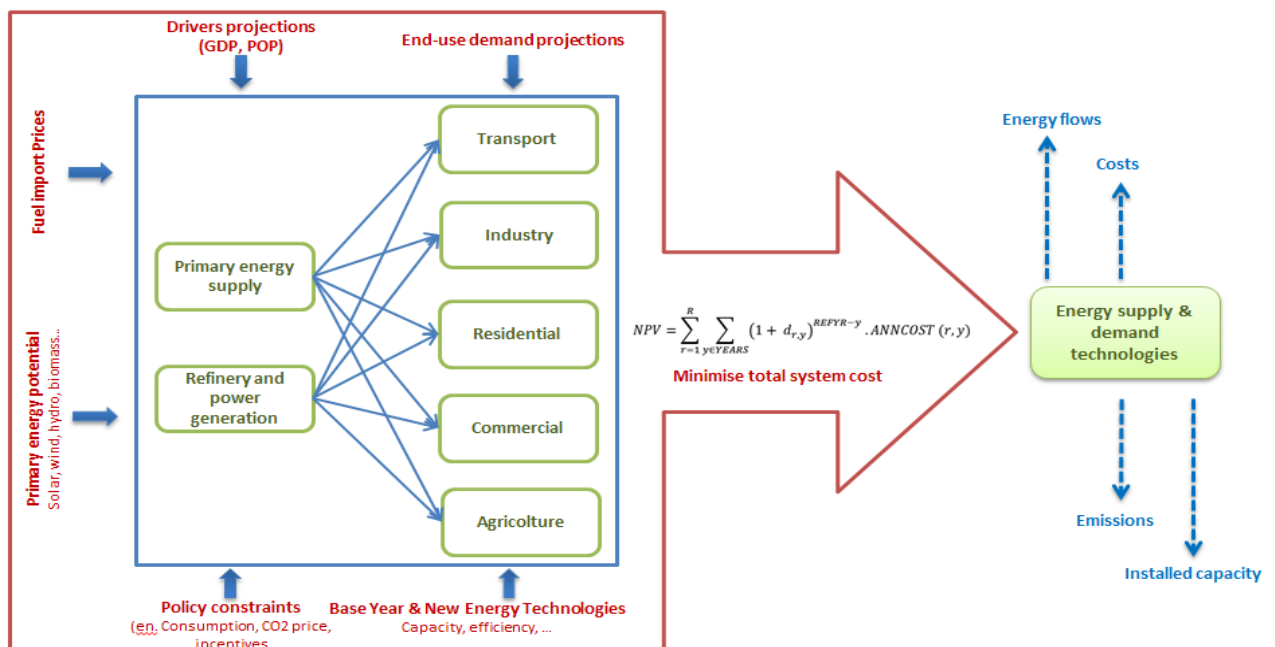
<sup>1</sup> "Il modello energetico TIMES Italia. Struttura e dati", Gaeta M., Baldissara B., ENEA-RT-2011-09. [http://opac.bologna.enea.it:8991/RT/2011/2011\\_9\\_ENEA.pdf](http://opac.bologna.enea.it:8991/RT/2011/2011_9_ENEA.pdf)

della rete di connessioni (fisiche e non) che le mette in relazione. **Minimizza il costo totale del sistema energetico** in funzione di **vincoli** ambientali, energetici e tecnologici.

Ogni bene e servizio energetico nei diversi anni è rappresentato come un mercato: ogni bene / servizio è offerto da diversi produttori in competizione tra loro ed è utilizzato da diversi consumatori in competizione fra loro. La domanda e l'offerta si equilibrano al vettore di quantità e prezzi che massimizza il surplus netto totale di produttori e consumatori. L'ottimo può essere perturbato a piacere ed il mercato distorto mediante l'introduzione di vincoli aggiuntivi di tipo politico: comportamentale, ambientale, tecnologico, finanziario, ecc.

Nell'approccio sistemico, alla base del modello e degli scenari, nessuna tecnologia lavora "in isolamento", ovvero in maniera indipendente dalle altre. In tale modello ogni tecnologia viene caratterizzata da parametri di tipo tecnologico (efficienza, vita utile, potenza..), economico (costi fissi e variabili, tassi di ammortamento..) ed ambientale (emissioni da combustione, emissioni di processo).

**Figura 2 – Reference Energy System del modello TIMES**



Nel modello sono caratterizzati tutti i settori di uso finale (Trasporti, Industria, Residenziale, Commerciale e Agricoltura) con i relativi servizi energetici principali, il settore trasformazione (generazione elettrica, raffinerie, cokerie...) e gli approvvigionamenti di energia (import, export e produzione nazionale di commodity energetiche) e sono messi in correlazione attraverso i principali flussi energetici.

Naturalmente per riuscire a rappresentare nella pienezza il sistema energetico e costruire gli scenari non basta solo la definizione della struttura del modello ma occorre caratterizzarlo attraverso:

- Domanda di servizio energetico (e elasticità ai prezzi), circa 54 tipologie di servizio energetico finale spaziando dalla richiesta di illuminazione, di riscaldamento del settore residenziale, alla

produzione di acciaio primario del settore industriale (sotto-settore Siderurgia) passando per la richiesta di mobilità collettiva con autobus;

- Costi di investimento, di esercizio fissi e variabili, costi dettagliati di risorse, .....
- Parametri tecnologici (efficienza, disponibilità annua, durata di vita...);
- Potenziale della disponibilità delle risorse, capacità installata all'anno base, investimenti programmati;
- Coefficienti di emissione, per processo e combustione;
- Tasso di sconto del sistema e dei settori;
- Frazioni stagionali di consumo e offerta;
- Incentivi e politiche attive.

Il modello TIMES-Italia permette di effettuare analisi energetiche lungo orizzonti temporali superiori ai cinquanta anni: l'anno base delle elaborazioni è il 2006 e le proiezioni del sistema energetico arrivano fino al 2060. E' stato ricalibrato fino all'anno 2015 secondo i dati delle principali statistiche energetiche ed economiche, per cui riproduce le statistiche 2015 del bilancio energetico italiano.

Rispetto al suo predecessore, il Markal Italia, in cui tutti gli intervalli di proiezione erano di uguale lunghezza (pari a cinque anni), il TIMES-Italia è caratterizzato da intervalli di ampiezza crescente: un anno la durata dei primi due periodi, due anni fino al 2022, cinque tra il 2025 ed il 2030, dieci anni tra il 2030 ed il 2060. Poter disporre di periodi di breve durata negli anni immediatamente successivi al 2006, permette di implementare con maggior dettaglio politiche/misure in vigore o implementate nel prossimo futuro. Col passare degli anni, la necessità di un frazionamento così spinto viene a mancare, data l'incertezza sulle politiche future. Qualora si sia interessati ad analisi di breve-medio periodo, il modello è facilmente modificabile attraverso l'interfaccia (VEDA) che consente inoltre di elaborare scenari energetici lungo orizzonti temporali di durata inferiore.

I principali risultati di uno scenario sono:

- Traiettorie di sviluppo del sistema energetico
- Ricostruzione di un bilancio energetico: approvvigionamenti, produzione e consumo di energia, consumi, mix dei combustibili per settore
- Prezzi marginali delle commodity e dei vincoli (indicazioni sui costi minimi delle politiche)
- Technology adoption di dettaglio nei settori di uso finale e trasformazione (esempio n° auto per tipologia di alimentazione e classe di cilindrata, n° abitazioni riqualificate, diffusione delle pompe di calore, interventi di recupero calore nei processi industriali...e tantissimi altri).
- Parco di generazione (GW installati per tipologia) e domanda elettrica per settore e sub-settore e modalità d'uso.
- Investimenti delle tecnologie e costi di O&M
- Costi di sistema
- Emissioni di CO<sub>2</sub> e prezzo marginale

- Quota di FER o di efficienza energetica e tutti i principali indicatori (intensità energetica, intensità carbonica, consumi pro-capite, costi specifici per interventi, ecce cc)

### Le ipotesi di scenario

Il modello TIMES-Italia non viene utilizzato per fare previsioni energetiche ma per costruire scenari energetico ambientali di lungo termine, e valutare gli effetti delle politiche comunitarie e nazionali. Gli scenari realizzati, infatti, quantificano le ricadute di una determinata politica energetica, in termini di tecnologie, mix, dipendenza energetica, secondo l'evoluzione di alcune "*variabili chiave*" che guidano l'evoluzione del sistema energetico. Il Modello TIMES-Italia elabora per questi input ed obiettivi una soluzione di ottimo vincolato, assicurandone la coerenza nelle varie parti del sistema. Questo risultato però costituisce una delle traiettorie possibili del sistema, coerente con i vincoli e le premesse date, non rappresenta una predizione di **come si configurerà** il sistema energetico italiano né di come è **più probabile** che evolva sulla base dei trend attualmente in atto.

L'analisi di scenario, che esplora le possibili traiettorie del sistema energetico italiano, è costruita quindi attorno ad alcune "*incertezze critiche*", rappresentate quantitativamente da "*variabili chiave*" (ciascuna delle quali può evolvere lungo traiettorie alternative). Le seguenti variabili rappresentano in modo sintetico le caratteristiche fondamentali dell'evoluzione futura del quadro energetico italiano e globale:

- lo sviluppo economico (evoluzione del PIL e, più nel dettaglio, struttura del sistema economico e valori aggiunti settoriali);
- la dinamica demografica (ad es. popolazione, numero e dimensione media delle famiglie);
- il costo dell'energia (in particolare: il prezzo internazionale delle fonti energetiche tradizionali);
- le politiche energetiche e ambientali (da quelle che regolano i mercati, alle misure di incentivazione, a quelle che interessano il cambiamento climatico);
- l'intensità energetica degli stili di vita (rappresentata ad es. dall'attitudine dell'utente finale a un uso più razionale dell'energia e/o dall'evoluzione degli standard di "benessere").

Combinando i sopracitati fattori di incertezza è possibile esaminare l'evoluzione del sistema energetico a partire da diversi "sentieri di sviluppo" che possono intraprendere i fattori chiave di cui sopra. Gli scenari presentati muovono, perciò, dall'analisi dei bilanci energetici nazionali mettendo in relazione i consumi settoriali con le possibili dinamiche future dei relativi indicatori socio-economici di riferimento (V.A., PIL, PIL pro capite...). Lo sviluppo del sistema è inoltre influenzato dal quadro politico nazionale e comunitario e dalla possibile evoluzione tecnologica in termini di efficienza e costi.

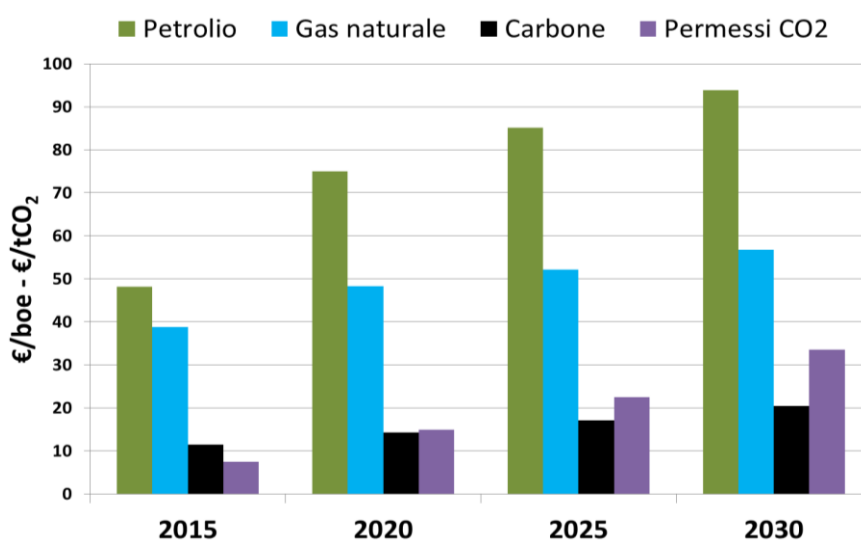
Per gli ultimi scenari realizzati da RSE ed ENEA congiuntamente, sia al Tavolo sulla Decarbonizzazione dell'Economia della presidenza del Consiglio dei Ministri (insieme ad altri illustri enti di ricerca sul tema) per la realizzazione dello **scenario di riferimento** che al Tavolo Scenari a supporto della nuova Strategia Energetica Nazionale con la realizzazione di **scenari di decarbonizzazione 2030**, sono stati

utilizzati i drivers caratterizzanti lo scenario *EU Reference 2016 (EUref2016)*<sup>2</sup> della Commissione europea. Poiché lo scenario fornito dalla Commissione europea costituisce la base per valutare i contributi collettivi degli Stati membri agli obiettivi dell'*Unione dell'energia*, si è ritenuto opportuno realizzare uno scenario nazionale costruito sulle stesse ipotesi esogene di quello della Commissione ma con parametri controllabili e caratterizzabili a livello italiano. Lo scenario realizzato per l'Italia – **Scenario di Riferimento "BASE"** - proietta l'evoluzione del sistema energetico a partire dalla legislazione vigente (dicembre 2014)<sup>3</sup> e dalle tendenze in atto in ambito demografico, tecnologico ed economico. Esso mostra lo sviluppo delle tecnologie in esame nel caso venissero raggiunti gli obiettivi previsti dalla Strategia Energetica Nazionale al 2020.

**Tabella 1 - Evoluzione dei fattori macroeconomici italiani [Fonte: EUref2016]**

Tassi di crescita medi annui %	15-20	20-25	25-30
GDP	1.37	1.18	1.19
V.A. Agriculture	0.78	0.55	0.34
V.A. Construction	1.49	0.93	1.22
V.A. Services	1.47	1.34	1.31
V.A. Industry	0.93	0.61	0.70
Iron and steel	0.43	0.04	0.04
Non ferrous metals	1.13	0.59	0.30
Chemicals	1.40	0.96	0.91
Non metallic minerals	1.83	1.51	1.36
Pulp, paper and printing	1.17	1.00	0.83
Other industries	0.80	0.49	0.67

**Figura 3 - International fossil fuels e CO<sub>2</sub> ETS price [Fonte: EUref2016]**



<sup>2</sup> EU Reference Scenario 2016. Energy, transport and GHG emissions -Trends to 2050. European Union, 2016

<sup>3</sup> Per essere comparabile con lo scenario PRIMES 2015 della commissione EU

Gli indicatori economici e demografici, quindi, insieme con la disponibilità ed evoluzione dei prezzi delle fonti fossili, costituiscono i principali fattori che influenzano la domanda di servizio energetico e l'evoluzione dell'intero sistema energetico.

### **Settore Civile**

Il consumo energetico nel settore Civile è legato all'evoluzione dei servizi energetici che caratterizzano questo settore. La richiesta di ciascun servizio energetico viene proiettata negli anni di modellazione in relazione ad ipotesi di sviluppo socio-economico, che sono alla base di uno scenario energetico. Pertanto, l'evoluzione della domanda dei servizi energetici può cambiare anche significativamente da scenario a scenario. Questa variabilità non interessa invece la caratterizzazione tecnico-economica delle tecnologie, disponibili e future, che è influenzata in maniera molto limitata dalle suddette ipotesi.

**Tabella 2 - Evoluzione della popolazione e famiglie in Italia, 2015-2030 [Fonte: EUref2016]**

	2015	2020	2025	2030
Popolazione ('000 ab)	61,048	62,065	63,118	64,229
N°componenti famiglie	2.46	2.44	2.42	2.40
N° famiglie ('000 fam)	24,807	25,485	26,131	26,804

Fonte: EU Reference Scenario 2016

Il principale driver del settore Residenziale è la proiezione del numero di famiglie, derivata dalla crescita della popolazione, e le ipotesi relative all'evoluzione del numero di persone per famiglia a partire dalle proiezioni della Commissione Europea (Scenario EURef2016). Una ipotesi importante che viene fatta è quella di associare ad ogni famiglia una abitazione senza considerare le seconde e terze case. Il numero di nuove abitazioni è stato calcolato in considerazione del numero di famiglie proiettate e dello stock di abitazioni esistenti rimanenti in ciascun periodo, mentre per le ristrutturazioni viene considerato un tasso tendenziale dello 0.56% medio annuo.

La richiesta di energia per usi termici è proiettata in modo proporzionale alla crescita del numero di famiglie tenendo conto anche del differente fabbisogno di calore per tipologia edilizia, del tasso di ristrutturazione delle abitazioni e del volume di nuove costruzioni in linea con le stime del Piano d'Azione italiano per l'Efficienza Energetica (PAEE) e dei requisiti minimi PANZEB. La domanda di climatizzazione estiva è ipotizzata in crescita sia per l'aumento del numero di famiglie che per una ipotesi di maggiore diffusione della tecnologia ed è legata anche all'evoluzione dei gradi giorno<sup>4</sup>. L'evoluzione delle utenze elettriche (lavaggio e asciugatura biancheria, lavaggio stoviglie, intrattenimento e conservazione alimenti) è correlata al numero di famiglie ma anche al livello di diffusione ed utilizzo di ciascuna tecnologia. Invece la richiesta di servizio di illuminazione è proporzionale soltanto al numero di famiglie e quindi di abitazioni.

La domanda di servizi energetici nel settore Commerciale è legata al valore aggiunto del settore mutuato dallo scenario Europeo EUref2016, suddiviso in servizi vendibili e non vendibili:

- Usi cucina e Frigoriferi professionali: servizi vendibili

<sup>4</sup> Si utilizza l'evoluzione ipotizzata nello scenario EUref2016 della Commissione Europea

- Apparecchiature elettriche: servizi non vendibili
- Illuminazione e Altri servizi, inclusi usi termici: 50% servizi vendibili e 50% servizi non vendibili

Per la domanda di servizi energetici nel **settore Agricoltura**, che non è oggetto di una modellizzazione di dettaglio, è stata assunta una crescita del settore legata al valore aggiunto settoriale, sempre derivante dallo scenario EUref2016.

**Tabella 3 - Evoluzione attesa del valore aggiunto dei settori terziario e agricoltura: tassi di variazione medi annui [Fonte: EUref2016]**

Settore	2015	2020	2025	2030
V.A. Servizi vendibili	-0.53%	1.47%	1.53%	1.56%
V.A. Servizi non vendibili	-0.36%	1.12%	0.67%	0.52%
V.A. agricoltura	-1.50%	0.78%	0.55%	0.34%

### **Settore Industriale**

Poiché la maggior parte del consumo di energia del settore deriva dalla produzione di alcuni beni definiti “ad alta intensità energetica” sono stati considerati nel dettaglio e modellati i principali processi manifatturieri, con i relativi volumi di produzione fisica e consumi specifici. E’ stato necessario individuare, perciò, una metodologia per stimare le produzioni fisiche a partire dai Valori Aggiunti dei settori industriali resi disponibili dallo scenario EUref2016.

La tabella 4 riporta la variazione attesa del valore aggiunto dei diversi settori industriali assunta nello scenario nazionale BASE in linea con le ipotesi dello scenario di riferimento EUref2016.

**Tabella 4 - Evoluzione attesa del valore aggiunto dei settori industriali [Fonte: EUref2016]**

Settori industriali (M€ <sub>2010</sub> )	2015	2020	2025	2030
<b>Industria</b>	<b>217556</b>	<b>227911</b>	<b>234949</b>	<b>243348</b>
Ferro e acciaio	5061	5170	5179	5189
Metalli non ferrosi	2499	2643	2723	2764
Chimica	16182	17349	18198	19038
Fertilizzanti/chimica inorganica	2026	2041	1917	1792
Petrochimica	1381	1409	1412	1414
Altri prod. chimici/cosmetici	6032	6519	6914	7342
Farmaceutici	6743	7380	7955	8490
Minerali non metallici	11113	12167	13117	14036
Cemento e prodotti derivati	3308	3605	3855	4171
Ceramiche, laterizi, etc.	2930	3288	3650	3903
production Produzione di vetro	2304	2473	2630	2805
Altri minerali non metallici	2572	2801	2982	3157



Carta, pasta di carta e stampa	9307	9863	10365	10805
Produzioni di carta e pasta	4371	4611	4866	5039
Stampa e editoria	4936	5252	5499	5766
Alimentari, bevande e tabacco	23566	25597	27338	29415
Tessili	21363	20396	18927	17726
Meccanica	91657	96424	99844	103789
Altre industrie	36808	38301	39258	40587

A partire dai dati storici a disposizione su Valori Aggiunti e produzioni fisiche (fonte ISTAT) sono state formulate diverse ipotesi di relazione tra queste due grandezze: la relazione ipotizzata è stata scelta caso per caso sulla base del “best fit” con le ipotesi di sviluppo e le indicazioni delle associazioni di categoria, dando luogo alle stime riportate in tabella seguente.

**Tabella 5 - Evoluzione attesa delle produzioni fisiche dei settori industriali - milioni di tonnellate**

Mt	Dati a consuntivo						Proiezioni legate al valore aggiunto			
	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2025	2030
Ferro e acciaio	29.3	25.8	28.7	27.3	24.1	23.7	24.7	25.2	25.2	25.3
Non ferrosi	1.0	0.86	0.97	0.86	0.96	1.09	0.8	0.88	0.9	0.9
Cemento	47.3	34.3	32.8	26.2	23.1	21.5	26.3	28.7	30.7	33.2
Ceram./laterizi/san.	30.7	18.4	17.2	13.9	12.7	12.1	15.2	17.3	19.2	20.7
Vetro	5.3	5.1	5.2	4.9	4.8	4.9	5.0	5.2	5.3	5.5
Altri minerali non met. / calce	3.4	2.8	3.0	2.9	2.6	2.6	2.8	2.9	3.0	3.1
Petrolchimica	4.1	3.7	3.2	3.0	2.8	2.6	1.9	1.9	2.0	2.0
Carta	10.0	9.1	9.1	8.6	8.5	8.6	8.5	9.0	9.6	10.1

Nella modellizzazione dello scenario di riferimento sono stati considerati gli obblighi normativi (es. regolamentazione sui motori elettrici 2009/604/EC), le politiche e direttive per la riduzione dei consumi energetici e il contenimento delle emissioni dei settori ETS al 2030 attraverso la proiezione di un prezzo della CO<sub>2</sub> di 33.5 €/ton nel 2030.

E' importante sottolineare che nello scenario considerato non si contemplano cambiamenti radicali della struttura produttiva o delle tipologie di prodotti manifatturieri, né la delocalizzazione delle produzioni energy-intensive, ma soltanto una crescita diversificata delle branche industriali secondo i valori aggiunti settoriali con predilezione dei prodotti a bassa intensità energetica.

### **Settore Trasporti**

Il settore trasporti è un settore piuttosto eterogeneo ed è stato caratterizzato per tipologia di trasporto: *movimentazione merci* e *mobilità passeggeri*. I servizi energetici del settore sono

rappresentati separatamente per entrambe le tipologie secondo le principali modalità di trasporto: trasporto su strada, ferroviario, aereo e marittimo.

Una ulteriore disaggregazione è effettuata per tener conto delle tecnologie che garantiscono tali servizi, diverse dinamiche di evoluzione delle domande e politiche che possono essere messe in atto. Sono individuati i sub-settori “trasporto su strada” disaggregato in trasporto pubblico su gomma, autovetture private, motocicli e trasporto merci su gomma, il trasporto aereo e quello marittimo sono suddivisi a seconda delle tratte (“domestico” e “internazionale”), quello ferroviario in trasporto passeggeri e merci. I settori sono costituiti da segmenti di traffico che rispondono sia alla necessità sia di mobilità delle persone che di spostamento delle merci.

La richiesta di mobilità per ciascun sub-settore è proiettata negli anni secondo tassi differenti. Come per gli altri settori finali, infatti, la proiezione della domanda dei servizi (in questo caso di mobilità passeggeri e movimentazione merci), dipende da variabili quali PIL, popolazione, prezzo del petrolio, ecc.. le cui “stime” rappresentano ipotesi di scenario. Per poter realizzare questo scenario si è fatto riferimento a proiezioni esogene dell’evoluzione di questi segmenti e sono state utilizzate le proiezioni alla base dello scenario EU Reference 2016.

**Tabella 6 - Evoluzione dei drivers dei segmenti di trasporto passeggeri e merci, Gpkm e Gtkm**

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Transport activity							
<b>Passenger transport activity (Gpkm<sup>5</sup>)</b>	<b>943.0</b>	<b>931.3</b>	<b>952.1</b>	<b>967.4</b>	<b>1019.7</b>	<b>1052.3</b>	<b>1091.0</b>
Public road transport	93.4	101.0	102.2	104.8	107.4	109.4	111.3
Private cars <sup>(1)</sup>	713.9	677.0	698.4	703.1	736.4	753.5	778.4
Motorcycles	42.0	49.5	41.5	43.3	45.1	46.9	48.8
Rail	55.2	56.1	54.3	55.3	62.3	67.1	71.8
Aviation	33.5	42.7	50.9	55.9	63.4	70.1	75.4
Inland navigation	5.0	5.0	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2
<b>Freight transport activity (Gtkm<sup>6</sup>)</b>	<b>253.2</b>	<b>302.6</b>	<b>268.4</b>	<b>271.1</b>	<b>289.8</b>	<b>306.3</b>	<b>323.2</b>
Trucks	192.4	225.5	201.6	203.1	217.1	229.8	243.0
Rail	22.8	22.8	18.6	20.0	22.0	23.5	24.9
Inland navigation	37.9	54.3	48.1	47.9	50.7	53.0	55.3

Fonte: EU Reference Scenario 2016

A completare il quadro di contorno per la realizzazione dello scenario di Riferimento sono state adottate, come da normativa vigente, le seguenti ipotesi di policy per il settore Trasporti:

- per la **promozione dell'uso di biocarburanti ed elettricità** nel settore: al 2020 almeno il 10% del consumi del settore da FER;
- per la **regolamentazione dei livelli di emissioni di auto e veicoli commerciali leggeri** di nuova immatricolazione: il livello medio delle emissioni di CO<sub>2</sub> delle autovetture nuove non deve superare i 130 gCO<sub>2</sub>/km dal 2015 (65% della flotta nel 2012, 75% nel 2013, 80% nel 2014) e i 95 gCO<sub>2</sub>/km a partire dal 2020; il livello medio delle emissioni di CO<sub>2</sub> dei veicoli commerciali

<sup>5</sup> Gpkm= Miliardi di passeggeri per kilometro

<sup>6</sup> Gtkm= Miliardi di tonnellate di merci trasportate per kilometro

leggeri nuovi non deve superare i 175 gCO<sub>2</sub>/km dal 2017 (70% della flotta nel 2014, 75% nel 2015, 80% nel 2016) e i 147 gCO<sub>2</sub>/km a partire dal 2020.

Ricapitolando, qualsiasi modello TIMES, a partire da input esogeni sull'evoluzione della popolazione, del reddito, dei prezzi energetici e degli stili di vita, è in grado di determinare la combinazione ottimale (ovvero di **minimo costo**) di fonti e tecnologie energetiche che possono soddisfare un domanda prefissata di servizi energetici (riscaldamento/raffrescamento, calore di processo, forza motrice, illuminazione, etc.) anche su un arco temporale di vari decenni. L'ottimizzazione è, naturalmente, vincolata dalla disponibilità di alcune risorse (potenziali tecnici, capacità delle infrastrutture di importazione, risorse naturali, etc.) i cui limiti vengono specificati ex-ante.

Tale strumento garantisce al tempo stesso coerenza, riproducibilità e trasparenza degli scenari prodotti.

Di seguito sarà presentato qualche risultato dello scenario di Riferimento e dello scenario di Policy Intermedio costruito a supporto della SEN. Lo scenario intermedio è ottenuto imponendo al sistema:

1. La riduzione delle emissioni di GHG del settore non-ETS nel 2030 del -33% rispetto al 2005.
2. La Riduzione dei consumi finali di energia 2020-30 dell'1,5% annuo secondo bozza della nuova direttiva EED (COM(2016)761 final).
3. Non presenta vincoli sulle fonti Rinnovabili.

**Figura 4 – Evoluzione del fabbisogno di energia primaria per fonte nello scenario di riferimento (BASE) e di policy (Intermedio)**

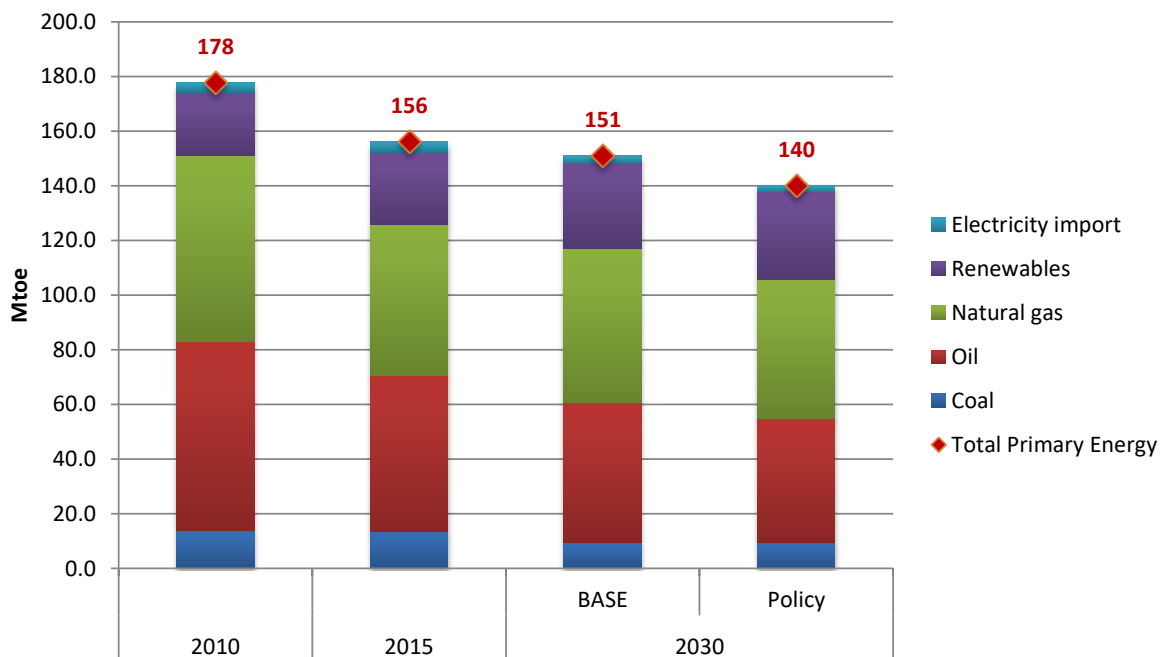


Figura 5 – Evoluzione dei consumi finali per settore nello scenario di policy (Intermedio) e confronto con lo scenario di riferimento

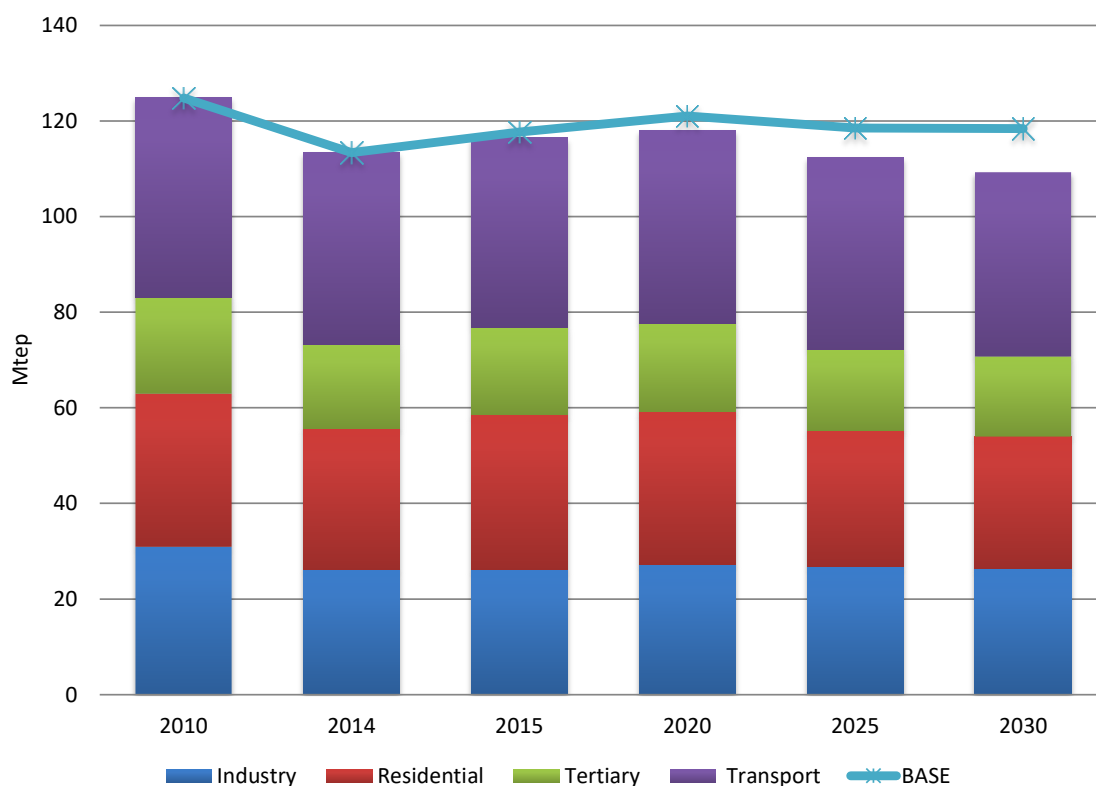
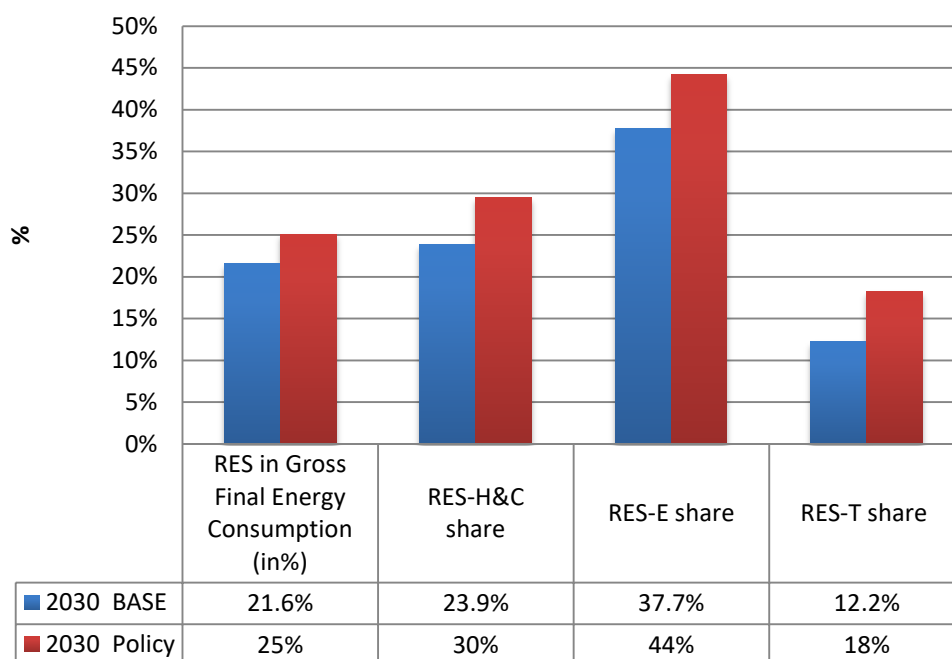


Figura 6 – Quota FER sui consumi finali lordi, e per settore



**Tabella 7 - Riduzione delle emissioni di GHG al 2030 rispetto al 2005 – variazioni %**

2030 vs 2005	BASE- 2030	IT Policy - 2030	Target
Settori ETS	-44%	-53,5%	-43%
Settori non-ETS	-23,7%	-33%	-33%

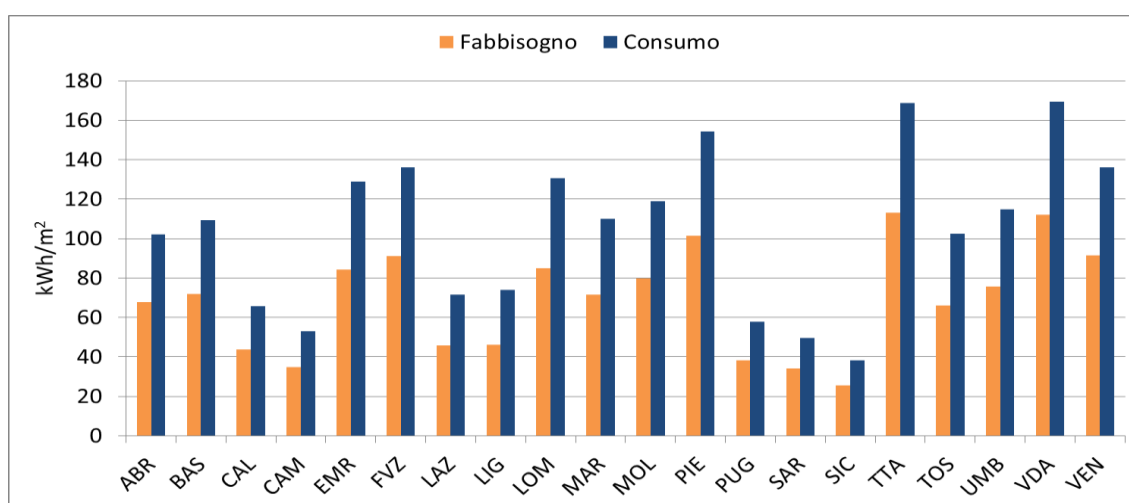
## Il modello multiregionale MONET

MONET ("Modello Energetico Nazionale TIMES") è un modello multiregionale che descrive l'intero sistema energetico italiano attraverso la modellazione di venti sistemi regionali tra loro interconnessi. Ha lo scopo di essere utilizzato per sostenere la pianificazione energetica sia a livello regionale e nazionale, per analizzare l'effetto di diverse misure e azioni sul sistema energetico, risolvendo un unico problema decisionale attraverso tecniche di ottimizzazione.

Anche questo modello nasce dal generatore di modelli TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System), un generatore di modelli economici per sistemi energetici locali, nazionali o multi-regionali che fornisce una base tecnologica per la valutazione delle dinamiche energetiche su un orizzonte temporale multi-periodo di lungo termine.

Rispetto al caso di un modello nazionale mono-regionale, il modello multiregionale MONET consente una descrizione specifica (non mediata) delle diverse caratteristiche regionali in termini di tecnologie, domande, potenziali, disponibilità delle risorse e interconnessioni con i sistemi confinanti, assegnando a ciascun sistema regionale le caratteristiche specifiche che gli appartengono.

**Figura 7 – Fabbisogno e consumo specifico per il riscaldamento residenziale nelle regioni italiane**



Come già descritto per il modello nazionale TIMES-ITALIA, anche Il modello multiregionale MONET integra la modellazione di tutti i settori di uso finale (Residenziale, Trasporti, Terziario, Industria e

Agricoltura) aggiungendo il dettaglio della suddivisione delle domande di servizio e degli stock tecnologici per ognuna delle venti regioni italiane. La caratteristica multiregionale è particolarmente importante nel settore civile con notevoli differenze a livello regionale tra Nord, Centro e Sud in termini di fabbisogno energetico come mostrato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Anche per il settore della generazione elettrica il dettaglio regionale permette di capire in quali zone sarà necessario investire maggiormente in nuovi impianti (convenzionali e rinnovabili) in base alle potenzialità ed esigenze di ciascuna regione.

Un modello di questo tipo risulta più complesso in termini di preparazione, di risoluzione, di interpretazione dei risultati e di presentazione degli stessi, ma ovviamente anche più ricco e dettagliato e, per questo, più adatto ad essere “interrogato” dagli analisti che hanno come focus il sistema energetico Italiano nella sua complessità.

MONET si propone di indagare l'evoluzione del sistema energetico nazionale e/o regionale in un orizzonte temporale di lungo termine (fino al 2030 o 2050), con la flessibilità necessaria per supportare anche l'analisi nel medio termine (fino al 2020). Tale strumento è guidato dalla domanda di servizi energetici (es. illuminazione), così come da alcuni parametri dinamici (ad esempio i prezzi dei combustibili fossili, i parametri delle tecnologie, i costi di investimento) che sono stati proiettati nel tempo sulla base di specifiche dinamiche socio-economiche regionali, o nazionali, nonché sulle base dei principali riferimenti internazionali.

Il modello MONET viene utilizzato nella catena modellistica a supporto del decisore pubblico principalmente per analizzare la ripartizione prima a livello regionale e poi tra le zone di mercato della domanda elettrica e del parco di generazione risultanti dallo scenario elaborato col TIMES. La regionalizzazione della domanda elettrica è determinata replicando lo scenario TIMES con il modello energetico multiregionale MONET di RSE, ossia vincolando agli stessi valori dello scenario TIMES i consumi nazionali per fonte e settore e lo sviluppo dei singoli settori e sotto-settori industriali.

Il dettaglio regionale del modello MONET risulta fondamentale per accoppiare l'analisi di scenari di evoluzioni a lungo termine del sistema energetico con analisi più specifiche e dettagliate nel medio termine sul sistema elettrico. Il modello MONET determina infatti una evoluzione della domanda diversa nelle singole regioni rispetto a quella nazionale, in funzione della maggiore o minore presenza di alcuni settori di consumo rispetto ad altri. I dati regionali così ottenuti vengono poi riaggregati nelle sei zone di mercato in cui è suddivisa la rete elettrica nazionale.

## Simulatore del mercato elettrico (s-MTSIM)

s-MTSIM (*Stochastic Medium Term SIMulator*<sup>7</sup>), è un simulatore zonale del mercato elettrico, realizzato da RSE, in grado di calcolare il prezzo marginale orario per ogni zona di mercato ed il dispacciamento della generazione idro-termoelettrica, mediante una risoluzione del mercato tipicamente su un intero anno. Il simulatore sMTSIM considera, in particolare, i limiti nelle capacità di interconnessioni tra le zone di mercato, i principali limiti di flessibilità dei gruppi termoelettrici anche

---

<sup>7</sup> D. Siface, M. T. Vespucci, A. Gelmini: “Solution of the mixed integer large scale unit commitment problem by means of a continuous Stochastic linear programming model”, Energy Systems – Springer - giugno 2014, Vol 5, No. 2, pp 269-284 – ISSN 1868-3967

in termini di tempi minimi di permanenza negli stati di funzionamento, le diverse curve di consumo delle centrali ed è in grado di considerare uno o più vincoli di riserva di potenza per il sistema (i margini di riserva sono legati alla % di FER e al parco termoelettrico e sono un input esogeno per il modello).

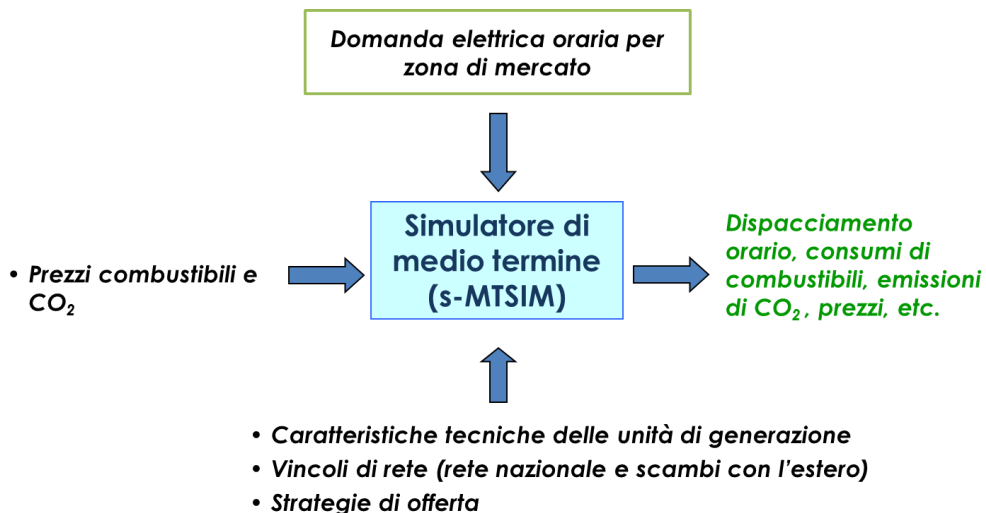
Il mercato dell'energia elettrica si svolge su base oraria, determinando ora per ora, in dipendenza delle offerte di vendita e di acquisto presentate, la quantità di energia elettrica che ogni impianto deve produrre ed il relativo prezzo di remunerazione. Il programma permette di calcolare la risoluzione oraria (clearing) del mercato elettrico, mediante una minimizzazione del prezzo dell'energia scambiata, tenendo conto:

- dei costi variabili di combustibile,
- di altri costi variabili degli impianti di produzione (ad esempio i costi ambientali),
- di incrementi di prezzo definibili con dettaglio orario sulle offerte dei singoli gruppi, che esprimono l'implementazione delle strategie d'offerta da parte dei singoli produttori.

Il risultato fornito dal simulatore è costituito da:

- prezzo marginale orario (prezzo di borsa) per ogni zona di mercato,
- dispacciamento di tutti gli impianti di produzione rappresentati,
- costo e consumo di combustibile per ciascun impianto di produzione,
- emissioni di inquinanti,
- transiti di potenza sulle connessioni che collegano le zone di mercato,
- ricavi, margini economici e quote di mercato di ciascuna società di produzione (GenCo) rappresentata nel sistema.

**Figura 8 - Schema di funzionamento del simulatore s-MTSIM (Fonte: elaborazione RSE)**



Questo simulatore vien utilizzato per fornire una rappresentazione del sistema elettrico più dettagliata rispetto a quella resa disponibile dal modello energetico che presenta una risoluzione giorno, notte e picco per le 4 stagioni. I sistemi elettrici infatti presentano diversi vincoli tecnici che hanno effetti rilevanti sulla loro gestione e che sono solo parzialmente considerabili nei modelli energetici utilizzati per questo esercizio (ad esempio: limiti di trasporto della rete e vincoli di

flessibilità degli impianti di generazione, vincoli di riserva, ecc.). Inoltre lo sviluppo delle infrastrutture di rete richiede grandi investimenti e tempi lunghi di realizzazione: è necessario quindi “anticipare” correttamente le necessità future durante la fase di pianificazione ed effettuare un’accurata analisi costi-benefici. Di conseguenza, è necessario disporre di simulazioni di dettaglio (dunque con una risoluzione a livello orario) del sistema elettrico nazionale per l’anno obiettivo così da poter valutare le criticità che potrebbero emergere in quello scenario (es. congestioni, incapacità a coprire i picchi di carico, eccessi di produzione delle fonti rinnovabili non programmabili - FRNP, carenza di margini di riserva, ecc.) ed individuare gli interventi necessari per mitigare tali criticità e il loro costo. Per di più, dato che la rete elettrica nazionale è già molto interconnessa con le reti europee, è evidente come il legame con il mercato elettrico europeo non possa essere ignorato al fine di determinare gli scambi transfrontalieri di energia.

Per poter rispondere a queste esigenze di analisi è stato necessario utilizzare il modello di simulazione del sistema/mercato elettrico italiano ed europeo sMTSIM di RSE.

I principali problemi che questo modello può evidenziare rispetto alla soluzione determinata dallo scenario energetico del TIMES\_Italia sono:

- Overgeneration,
- congestioni per la capacità di trasmissione zonali,
- le differenze di prezzo tra le zone (conseguenza dei primi due punti).

Un esempio del vantaggio di utilizzare un modello di dettaglio del settore elettrico viene evidenziato nella tabella seguente. Semplicemente riportando le caratteristiche di uno scenario TIMES, si vede che dati i vincoli del sistema elettrico la caratterizzazione del modello energetico potrebbe generare 1,TWh di overgeneration (Policy). Includendo anche i vincoli di riserva di potenza necessari per garantire la sicurezza del sistema si nota come l’overgeneration sale a 4.2 TWh.

**Tabella 8 - Bilancio di energia elettrica nello scenario Policy e Policy\_Ris (con riserva) al 2030 con sMTSIM**

<b>Bilanci</b>	<b>Produzione termoelettrica (Dispacciabile)</b>	<b>Pompaggio (consumi)</b>	<b>Overgeneration</b>	<b>Variazione Emissioni CO<sub>2</sub></b>
<b>Scenario</b>	TWh	TWh	TWh	MtCO <sub>2</sub>
<b>Policy</b>	125,4	2,2	1,2	-
<b>Policy_Ris</b>	129,8	4,8	4,2	+2,1
<b>Delta</b>	+4,4	+2,6	+3,0	