

Aspetti ambientali della ricerca sul sistema elettrico

Romano AMBROGI

CESI RICERCA SpA, Via Rubattino 54, 20134, Milano, Italia
E-mail: romano.ambrogi@cesiricerca.it

RIASSUNTO - *Aspetti ambientali della ricerca sul sistema elettrico* - Un apposito Fondo per il Sistema Elettrico ha finanziato un programma di ricerca multidisciplinare di interesse pubblico, che ha approfondito numerosi temi ambientali. Il presente studio illustra alcuni risultati utili a definire e comunicare più correttamente scelte importanti in campo energetico-ambientale. È stato elaborato uno strumento modellistico per la valutazione degli scenari di evoluzione del sistema elettrico, che fa uso di ampie banche dati sulle tecnologie di produzione e di uso dell'energia elettrica, ed è in grado di costruire con dettaglio regionale scenari con orizzonte al 2030. Le diverse opzioni sono quindi confrontate utilizzando strumenti di supporto alle decisioni, del tipo "a molti criteri e a molti decisori", considerando tutti gli aspetti del ciclo di vita dell'energia elettrica. Per quanto riguarda singoli comparti del settore elettrico, è stata messa a punto una metodologia per l'analisi territoriale delle linee di interconnessione con l'estero. A scala locale sono state valutate le "esternalità" di opzioni di cogenerazione di energia elettrica e calore in ambito urbano. Infine, l'integrazione tra le conoscenze di tipo impiantistico e tecnologico e quelle ambientali è stata utile per valutare con precisione e accuratezza i parametri di interesse, mediante metodi analitici e di valutazione del rischio per parametri inquinanti (quali ad esempio il particolato o il mercurio).

SUMMARY - *Environmental aspects of the research on the electric system* - A multidisciplinary research programme, with a large environmental component, has been financed by a governmental Fund for the Electric System. This paper summarises some of the results in order to better define and communicate environmental issues. A modelling tool to evaluate scenarios of the electric system development until 2030 has been set up, comprising a detailed description of the generation units and of the demand side technologies in every Region. The sustainability of different outcomes has been compared by decision support systems, featuring the externalities analysis. The transmission lines interconnecting Italy with other systems have been analysed by a GIS based procedure taking into account their environmental impact. The options for cogeneration of power and heat in an urban site have been studied in order to improve air quality. Finally, analytical methods and procedures to accurately measure and interpret the relevant parameters of air pollution, such as particulate and mercury, have been tested and implemented.

Parole chiave: sistema elettrico, impatto sull'ambiente, scenari energetici, modelli, qualità dell'aria
Key words: electric system, environmental impact, energy scenario, modelling, air quality

1. INTRODUZIONE

Il sistema elettrico costituisce una componente chiave per il sistema economico nazionale e necessita di un'intensa attività di ricerca per supportare l'innovazione indispensabile a mantenere la competitività industriale. Le problematiche ambientali hanno un ruolo centrale nello sviluppo del settore elettrico, ma il dibattito socio-politico tende a privilegiare impostazioni che prescindono dall'approfondimento tecnico e scientifico e dalla complessità dei problemi in gioco. In particolare le discipline ambientali sono assai frequentemente trattate in modo superficiale e si tende a sottovalutare il rigore scientifico; d'altra parte, i valori ambientali sono spesso affermati senza considerare gli aspet-

ti tecnologici ed economici. Il lavoro vuole portare, in sede di dibattito scientifico, un contributo metodologico, riferendo sulle ricerche multidisciplinari condotte con il finanziamento di un apposito Fondo (Ricerca di Sistema) istituito dal Ministero dello Sviluppo Economico (già delle Attività Produttive). Tali ricerche, nel corso degli ultimi 6 anni, hanno approfondito numerosi temi ambientali (Negri 2006). Diversi progetti hanno messo a punto metodi e strumenti di valutazione, di norma poi testati su casi reali, che auspichiamo possano essere impiegati per le importanti decisioni in campo energetico che i diversi livelli di *governance* (delle amministrazioni pubbliche e delle imprese) sono chiamati ad assumere. I risultati delle ricerche, oltre a dimostrare il loro valore scientifico, potranno così assu-

mere la piena valenza di “beneficio per gli utenti del sistema elettrico” come prescrive il decreto istitutivo del Fondo per la Ricerca di Sistema.

Nel presente contributo vengono riportati risultati e strumenti che si riferiscono a diversi ambiti di applicazione in termini di generalità, scala geografica, interesse settoriale o specifico, che, pur nella inevitabile schematicità, permettono di apprezzare l'impostazione e la finalità delle ricerche.

2. SISTEMI PER LA VALUTAZIONE DI SCENARI DI SVILUPPO DEL SISTEMA ELETTRICO ITALIANO

La prima e più generale modalità di approccio al problema riguarda la valutazione degli scenari di evoluzione del sistema elettrico. Lo strumento modellistico elaborato nell'ambito della ricerca (Cavicchioli *et al.* 2006b) descrive il sistema elettrico italiano nell'ottica dell'ottimizzazione dei costi complessivi per il sistema Paese, fermo restando la produzione complessiva di beni e servizi richiesti. Il modello MATISSE (Markal Times per Scenari del Sistema Elettrico) è basato sulla struttura di TIMES (The Integrated MARKAL EFOM System) a sua volta sviluppata in un progetto della International Energy Agency (IEA - ETSAP 2005). TIMES adotta un criterio generico per descrivere le componenti (*commodities* e processi) di un dato sistema energetico e le loro interconnessioni. Le *commodities*, espresse in termini di quantità e prezzi, sono i vettori energetici, i materiali, le emissioni che fluiscono attraverso il sistema per soddisfare la domanda di energia utile. I processi sono il mezzo per trasformare le *commodities* da una forma all'altra. La descrizione del sistema elettrico italiano (suddiviso nelle 20 Regioni) è stata realizzata in modo molto dettagliato: per la domanda elettrica comprende 5 settori (es. domestico, industriale), 32 servizi energetici (es. illuminazione, forza motrice, energia termica) e 150 tecnologie di usi finali (es. condizionatori, motori, forni); per quanto riguarda l'offerta comprende 450 unità di produzione elettrica, per le quali sono distinte diverse tecnologie esistenti (es. cicli combinati a gas, idroelettrico ad acqua fluente, eolico) o ipotizzabili in futuro (es. gassificazione del carbone, celle a combustibile, fotovoltaico a concentrazione); il sistema di generazione è connesso con la rete di trasporto e distribuzione, descritta su 4 livelli di tensione. Le tecnologie che consumano o trasformano le fonti energetiche sono rappresentate attraverso dati tecnici, costi ed emissioni. I vettori energetici, elettricità e combustibili, so-

no rappresentati attraverso prezzi e quantità. Relativamente ai limiti di emissione imposti alle centrali termoelettriche, nel modello MATISSE sono attribuiti, per filiera tecnologica, fattori emissivi in grado di soddisfare il rispetto della legislazione vigente in termini di concentrazione di inquinanti. Le emissioni considerate sono l'anidride carbonica, gli ossidi di zolfo e di azoto, il particolato e i composti organici volatili (VOC).

Il modello consente di determinare la domanda generale di energia elettrica (Ciarniello *et al.* 2005), utilizzando dati previsionali di lungo periodo e tenendo conto di ipotesi di evoluzione nel tempo di misure legislative o di vincoli di mercato. Permette inoltre di confrontare scenari alternativi di composizione del parco di generazione e del mix di combustibili (Negri *et al.* 2005). Tra le varianti analizzate, la prima esamina un'ipotesi di sviluppo costante con un andamento simile a quello attuale: il rispetto di limiti predefiniti per le emissioni complessive di CO₂, con il meccanismo europeo dell'*emission trading* e con gli strumenti flessibili del Protocollo di Kyoto (JI - *Joint Implementations* e CDM - *Clean Development Mechanisms*), sono stati oggetto di ulteriori approfondimenti da parte di Borgarello *et al.* (2006). Una seconda variante analizza gli effetti dell'imposizione di una quota minima di produzione di elettricità da fonti rinnovabili, alla luce degli obiettivi di politica comunitaria e nazionale. Alla base del meccanismo, tipo *cap & trade*, dei Certificati Verdi attualmente in vigore, si trova infatti l'imposizione di un obbligo per raggiungere un obiettivo quantitativo prefissato di capacità di generazione da fonti rinnovabili.

Gli scenari sono stati considerati anche dal punto di vista dell'impatto sull'ambiente e sulla sostenibilità dello sviluppo, utilizzando altri strumenti di supporto alle decisioni, del tipo “a molti criteri e a molti decisori”, per tenere in conto tutti gli aspetti del ciclo di vita dell'energia elettrica. Da un lato, infatti, con SESAMO (Scenari Energetici: Sistema di Analisi a Molti Obiettivi) è possibile creare differenti alternative di scenario e analizzarne gli impatti (ambientali, economici e sociali), secondo varie metodologie. Il sistema si propone sia come supporto ad un singolo decisore, sia come base per un tavolo di discussione. In questo caso ciascun partecipante alla discussione può sostenere un proprio criterio di valutazione, mettendo così in evidenza gli eventuali conflitti tra diversi obiettivi e tra diversi portatori di interesse, per giungere in modo condiviso ad una soluzione di “compromesso” (Cavicchioli *et al.* 2006a). Dal lato della domanda, un'apposita *routine* permette di valutare quali tecnologie a basso consumo energetico sia conveniente promuovere o

introdurre per raggiungere efficacemente gli obiettivi di risparmio prefissi. Il sistema mette a disposizione il calcolo del risparmio di energia elettrica e di energia primaria conseguito, la stima degli impatti ambientali dovuti all'introduzione delle nuove tecnologie (calcolati mediante Life Cycle Assessment) e di quelli evitati grazie al mancato consumo energetico, e valutazioni economiche (costi di investimento e manutenzione di apparecchiature o sistemi a basso consumo; costi evitati per la generazione dell'energia elettrica non consumata), permettendo un'analisi di sostenibilità delle strategie di risparmio energetico (Brambilla & Girardi 2004).

3. IMPATTO TERRITORIALE E AMBIENTALE DEL SISTEMA DI TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE

Per quanto riguarda singoli comparti del settore elettrico, occorre notare che scelte importanti di pianificazione del sistema di trasporto devono primariamente tenere in conto la valutazione del tracciato delle linee elettriche in funzione delle caratteristiche ambientali e territoriali, argomento che è fortemente influenzato da un'elevata percezione del rischio (Conti & Moneta 2005; Stevens *et al.* 2006).

Sono stati oggetto di studio i metodi, le tecniche e le strategie più adeguate per la soluzione dei problemi di riduzione e schermatura (prevalentemente di tipo passivo) del campo magnetico generato da linee elettriche, aeree e in cavo, nonché da componenti di stazioni e cabine (Conti *et al.* 2005). Sono stati approfonditi metodi di schermatura attiva ottenuta attraverso l'iniezione di correnti in opportuni circuiti di compensazione. È stata eseguita una rassegna sulla compatibilità dell'esposizione residenziale e professionale ai campi elettromagnetici con le prescrizioni vigenti a livello comunitario e nazionale e l'individuazione delle eventuali criticità, nonché l'indicazione di possibili misure atte a garantire il rispetto di tali prescrizioni (Capra *et al.* 2004).

Lo studio svolto per analizzare le opzioni di nuove linee di interconnessione attraverso l'arco alpino fornisce un buon esempio di metodologie applicabili a casi concreti, oggetto di dibattiti accesi ma spesso non documentati; a valle dello studio sono state definite le linee guida per l'applicazione ai processi di pianificazione delle interconnessioni della rete di trasmissione italiana di uno strumento basato su un Sistema Geografico Informativo per la valutazione delle prestazioni tecniche, economiche, ambientali e territoriali delle varie soluzioni tecniche ipotizzabili.

4. MIGLIORAMENTO DELL'AMBIENTE URBANO CON IL RICORSO ALLA COGENERAZIONE DI ELETTRICITÀ E CALORE

Una problematica a scala più locale può essere illustrata dalla ricerca condotta per valutare le opportunità di cogenerazione di energia elettrica e calore in un caso studio urbano, con l'obiettivo di ridurre le emissioni complessive di inquinanti in ambiente. Come caso studio è stata scelta la città di Piacenza, in quanto rappresenta bene, con i suoi 100.000 abitanti, la classe dei centri urbani di medie dimensioni e in quanto dotata di una centrale termoelettrica, un inceneritore di rifiuti solidi urbani e una consistente rete viabilistica. Piacenza presenta inoltre condizioni meteorologiche, tipiche dell'area padana, che favoriscono l'accumulo di inquinanti ed episodi di elevato inquinamento, e già dispone di una rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria.

Sono state individuate diverse ipotesi di realizzazione di impianti di cogenerazione, per le quali sono stati elaborati i relativi bilanci energetici, economici ed emissivi, indispensabili per consentire l'individuazione della soluzione ottimale. La duplice necessità di utilizzare, nel processo decisionale, diversi fattori anche disomogenei tra di loro e di porre particolare attenzione agli aspetti ambientali, spesso all'origine della scelta di sviluppare il teleriscaldamento, ha reso necessario disporre di una precisa e dettagliata analisi della situazione esistente e di un sistema di valutazione dei costi ambientali (Fiore *et al.* 2005).

La qualità dell'aria dipende primariamente dalla natura e dalla quantità delle emissioni di sostanze inquinanti, ma altrettanto significativa è l'interazione con gli elementi meteorologici, locali e sinottici, che ne regolano le condizioni di dispersione e di trasporto. L'attività sperimentale è stata condotta nel periodo invernale 2003-2004 ed estivo 2004; sono state attivate quattro postazioni che, integrate con quelle gestite da ARPA, hanno consentito una mappatura completa sia del territorio urbano che di quello suburbano, tenendo conto delle condizioni meteorologiche prevalenti nella zona (Carboni *et al.* 2004). Per la quantificazione dei contributi derivanti dalle sorgenti emissive che insistono sul territorio in esame, si è utilizzato l'approccio della modellistica di recettore. Il modello calcola il bilancio di massa di tutte le specie chimiche in termini delle concentrazioni delle varie sorgenti considerate e di quelle misurate presso il sito recettore; l'*output* dell'elaborazione è costituito dai contributi in massa calcolati per le sorgenti selezionate. La valutazione delle esternalità ambientali connesse alle emissioni in atmosfera ha richiesto la stima delle ricadute al suolo degli inquinanti

su base annua mediante strumenti composti principalmente da un modello tridimensionale di chimica e trasporto d'inquinanti in atmosfera, e da tutti i suoi processi di contorno, al fine di considerare le problematiche di inquinamento atmosferico di maggiore criticità, quali ad esempio lo smog fotochimico e l'inquinamento da polveri fini. I risultati delle simulazioni condotte hanno permesso di quantificare le variazioni sullo stato della qualità dell'aria in funzione dell'opzione considerata. Le riduzioni dei livelli d'inquinamento ricavabili dall'adozione del teleriscaldamento possono apparire di modesta entità, ma debbono essere valutate nel quadro delle emissioni complessive all'interno delle aree urbane, in cui il riscaldamento gioca un ruolo secondario rispetto ad altri settori quali il traffico ed i processi produttivi industriali. Tali riduzioni acquisiscono valore poiché si manifestano in aree critiche, in cui ogni miglioramento è prezioso per il raggiungimento degli standard di qualità previsti dalla normativa. In quest'ottica, il teleriscaldamento si configura come un valido sistema per ridurre le emissioni in area urbana. Non potendo essere risolutivo, il ricorso al teleriscaldamento dovrebbe essere effettuato nell'ambito di un piano di risanamento più ampio coinvolgente gli altri settori emissivi.

Un elemento di notevole interesse è costituito dalla messa a punto di metodologie innovative per la valutazione dei costi ambientali derivanti dallo sviluppo di nuovi assetti energetici, in confronto con la generazione centralizzata convenzionale. Infatti il principale riferimento è, ad oggi, il progetto ExternE della Commissione Europea, che si è occupato della valutazione dei costi esterni legati alla produzione di energia elettrica prendendo in considerazione le esternalità determinate dal solo inquinamento atmosferico e prevedendo applicazioni a scala nazionale. Rispetto alla metodologia classica è stato ampliato il set degli indicatori prendendo in considerazione una serie di effetti che possono divenire significativi in considerazione della scala territoriale di ambito urbano.

5. GENESI, FATO E DISTRIBUZIONE DI EMISSIONI AERODISPERSE DAL SETTORE ELETTRICO

L'integrazione tra le conoscenze di tipo impiantistico e tecnologico e quelle ambientali è necessaria non solo quando si vogliono confrontare diverse opzioni (anche innovative) e paragonarne le performance ambientali, ma anche, più semplicemente, quando si debbano misurare con precisione e accuratezza i parametri di interesse. È questo il caso delle numerose ricer-

che svolte per mettere a punto metodi analitici e di valutazione del rischio per parametri inquinanti (quali ad esempio il particolato o il mercurio), dei quali è stata riconosciuta l'importanza, ma a proposito dei quali sono possibili equivoci e confusioni.

Veniamo al primo esempio: l'emissione di particolato da parte della combustione delle risorse fossili e la sua distribuzione nell'aria che respiriamo. Come è noto, l'incremento della concentrazione di PM10, le particelle di diametro inferiore ai 10 μm , è stato correlato ad un aumento delle malattie respiratorie. La misura del particolato, anche a fronte delle innovazioni legislative, che hanno abbassato la taglia delle particelle da considerare ai fini dei limiti di qualità dell'aria (da PM10 a PM2,5), è stata oggetto di ricerche che mirano a mettere a punto metodi internazionalmente riconosciuti. L'esperienza condotta con l'uso di impattore ha dimostrato l'efficacia di tale misura in confronto alle misure con sonda isocinetica e alle immagini al microscopio elettronico. Tra l'altro sono state misurate anche le particelle emesse dalla combustione di centrali termoelettriche turbogas, che presentano livelli di polverosità inferiori a 1 mg m^{-3} , prelevando volumi di gas compresi tra 10 e 100 m^3 , con l'utilizzo di sistemi di campionamento automatici. Grazie a questi strumenti, è stato possibile verificare in modo affidabile che le emissioni di particolato dagli impianti turbogas analizzati sono estremamente basse, tanto da risultare comparabili con i livelli di polverosità ambientale (Cipriano 2005). Particelle di dimensioni di interesse per i limiti di legge possono generarsi sia da emissioni dirette in atmosfera (in questo caso si parla di frazione primaria del particolato) sia dalla trasformazione di precursori composti gassosi (frazione secondaria). Questi ultimi composti possono essere sia di origine inorganica (ad es. ossidi di zolfo, ossidi di azoto e ammoniaca) sia organica e sono riconducibili a molteplici tipologie di sorgenti. Tra queste ricordiamo il traffico veicolare, il riscaldamento, i processi industriali, ma anche l'attività agricola e zootecnica. Le conseguenze delle emissioni in termini di ricadute su una specifica parte di territorio, tenuto conto della dispersione operata dai fattori atmosferici, tanto più se favorita dagli alti camini, è un problema classico per tutti gli inquinanti. Per il particolato sono state fatte specifiche valutazioni modellistiche (Angelino *et al.* 2006) in territorio lombardo: dapprima è stata quantificata l'importanza relativa della componente primaria e secondaria del particolato PM10. Il massimo delle concentrazioni di PM10 (60-65 $\mu\text{g m}^{-3}$) è calcolato in corrispondenza della città di Milano, ma lo standard di qualità dell'aria (40 $\mu\text{g m}^{-3}$) è superato su un'area molto più estesa e in parte a vocazione rurale (ad esempio l'area del cremonese). La

frazione primaria rappresenta circa il 50% del PM10 in area urbana, ma solo il 15-20% nelle aree rurali, in cui la frazione secondaria (prodotto delle trasformazioni chimiche) è ampiamente preponderante (Pirovano & Pertot 2005). Gli studi hanno poi valutato l'efficacia di eventuali politiche di risanamento. Nell'area lombarda sono stati definiti 7 possibili scenari di intervento corrispondenti a diversi livelli di riduzione delle emissioni (Pirovano & Pertot op. cit.). Il primo, denominato CLE, rappresenta lo scenario emissivo al 2010 corrispondente all'applicazione della sola legislazione corrente; l'ultimo, denominato MFR, corrisponde all'applicazione in tutti i settori e per tutti gli inquinanti della migliore tecnologia disponibile. Gli altri scenari rappresentano situazioni intermedie di riduzione delle emissioni. Lo scenario CLE porterebbe ad una riduzione della media annua di PM10 variabile fra 5 e 20 $\mu\text{g m}^{-3}$; tale riduzione salirebbe invece fino a quasi 40 $\mu\text{g m}^{-3}$, in area urbana, nel caso dello scenario MFR. In termini relativi, le variazioni ottenute corrispondono a riduzioni della media annua di PM10 dell'ordine del 25% per lo scenario CLE e del 50% per lo scenario MFR. L'analisi può essere estesa ad altri inquinanti, nonché focalizzata su particolari aree geografiche o specifici settori di attività, permettendo di valutare in modo completo e dettagliato la relazione che sussiste fra l'implementazione di una politica di riduzione delle emissioni e la sua effettiva efficacia.

Il secondo esempio è relativo alla definizione dell'effettivo rischio ecologico delle ricadute di metalli in traccia emessi dalla combustione, in particolare del carbone, con particolare riferimento al mercurio (Guzzi *et al.* 2006).

Tenendo conto delle caratteristiche specifiche dei metalli, è stato sviluppato un quadro di riferimento per effettuare una stima previsionale del rischio ecologico derivante dalle emissioni di microinquinanti inorganici in seguito alla conversione a carbone di un impianto di generazione termoelettrica. La stima tiene conto della concentrazione ambientale già esistente di microinquinanti inorganici (background); inoltre la procedura permette di identificare gli elementi utili alla scelta di strumenti e metodi per il monitoraggio ambientale.

Per l'analisi previsionale del rischio ecologico l'analisi si può articolare su tre livelli successivi di approfondimento: screening iniziale, screening approfondito, livello sito-specifico: il passaggio ad un livello successivo di approfondimento dipende dal superamento o meno delle soglie di accettabilità del rischio considerate per ogni metallo. La stima cautelativa del rischio si pone in termini di *Hazard Quotient* (HQ) basata sull'utilizzo di dati ecotossicologici di letteratura. Nel sottolivello di "screening approfondito" si utiliz-

za uno scenario di esposizione più accurato in cui non si considera solo il contenuto totale, ma la biodisponibilità e la speciazione dei metalli nelle matrici ambientali. Tali grandezze dipendono da fattori matrice-specifici e biota-specifici e influenzano l'effettiva assunzione di inquinanti da parte degli organismi viventi (Guzzi 2005).

BIBLIOGRAFIA

- Angelino E., Bedogni M., Carnevale C., Minguzzi E., Peroni E., Pertot C. & Pirovano G., 2006 - PM10 long-term simulations over the Milan area with CAMx chemical transport model. AAAS: Advanced Atmospheric Aerosol Symposium, Milano 12-15 novembre 2006: 263-268.
- Borgarello M., Benini M., Gelmini A. & Gallanti M., 2006 - Il sistema elettrico nazionale al 2010 : analisi di scenari. *L'Energia Elettrica*, 5-6: 25-39.
- Brambilla P.C. & Girardi, P.P., 2004 - Il progetto SERPENTE - Sistema Esperto per il Risparmio Energetico Nelle Tecnologie Elettriche. Terzo simposio internazionale energia e ambiente. Sorrento, 30 settembre - 2 ottobre 2004: 20-34.
- Capra D., Conti R. & Solci F., 2004 - Esposizione ai campi elettromagnetici a frequenza industriale. *Rivista Ass. Elettrotecnica Ital.*, 91 : 36-41.
- Carboni G., Roncroffi V. & Santarelli F., 2004 - Ruolo delle condizioni meteorologiche nella valutazione della qualità dell'aria. *Acqua e Aria*, 9: 30-37.
- Cavicchioli C., Brambilla P.C. & Negri A., 2006a - Sostenibilità degli scenari di sviluppo del Sistema Elettrico italiano. *Rivista AEIT*, 10: 40-48.
- Cavicchioli C., Gargiulo M., Lavagno E. & Vitale S., 2006b - The Italian electricity sector: a regional and multi grid TIMES Model. International Energy Workshop, Cape Town, South Africa, 27-29 giugno 2006, 10 pp. testo scaricabile da http://www.iiasa.ac.at/Research/ECS/IEW2006/docs/2006P_Gargiulo.pdf
- Ciarniello U., Grattieri W., D'Ermo V., Santi F. & Donato G., 2005 - Evoluzione e gestione della domanda di energia elettrica. Convegno "I consumi finali di energia elettrica in Italia al 2015, a partire da uno scenario di evoluzione della domanda di servizi energetici". Associazione Italiana Economisti dell'Energia Roma, 10 marzo 2005: 26 pp.
- Cipriano D., 2005 - Emissioni inquinanti - Studio sperimentale sulle emissioni di polveri sottili da gruppi termoelettrici turbogas. Rapporto CESI - Assoelettrica A5043716, settembre 2005: 25 pp.
- Conti R. & Moneta D., 2005 - Campi elettromagnetici e comunicazione del rischio. *Rivista AEIT*, 1/2: 22-29.
- Conti R., Pedretti L., Donazzi F., Maioli P. & Sena E.A., 2005 - Campo magnetico generato dai sistemi in cavo e metodi per mitigarlo. *Rivista AEIT*, 9: 30-35.
- Fiore A., Carboni G., Riva M. & Tassi E., 2005 - Progetto

- di Ricerca di Sistema GAME - Generazione elettrica ed Ambiente nelle Aree Metropolitane - Prospettive di sviluppo della Cogenerazione. In: *Qualità dell'ambiente urbano - Il rapporto APAT*. APAT, Roma: 25 pp.
- Guzzi L., 2005 - Identificare il pericolo dei metalli pesanti con i fattori di concentrazione. *Acqua & Aria*, 1: 22-26.
- Guzzi L., Martinotti V. & Cardelicchio N., 2006 - Emissioni e controllo del mercurio nella generazione termoelettrica a carbone. Parte 2: controllo delle emissioni e ricettività ambientale. *La Chimica e l'Industria*, 5: 38-42.
- IEA - ETSAP, 2005 - International Energy Agency – Energy Technology System Analysis Program. www.etsap.org.
- Negri A., 2006 - Sistema elettrico e sviluppo sostenibile. Dalla ricerca un contributo per l'energia pulita. *Magazine Ambiente TV*, 1: 32-37.
- Negri A., D'Ermo V. & Lavagno E., 2005 - Scenari del sistema elettrico italiano al 2020. Analisi con il modello MATISSE. Convegno "Scenari di sviluppo del sistema elettrico italiano". Associazione Italiana Economisti dell'Energia, Roma, 29 novembre 2005: 44 pp.
- Pirovano G. & Pertot C., 2005 - La qualità dell'aria delle aree urbane: un problema secondario? *Acqua & Aria*, 5: 26-31.
- Stevens G.C., Philpot B., Sinclair P., Adam P., Antonelli P., Carlini E., Kling W. & Bresesti P., 2006 - LEETS, a tool for the environmental and economic analysis of transmission systems. Atti Conférence Internationale Grands Réseaux Eléctriques, Parigi, agosto 2006, CI-GRE, B4-209 : 12 pp.
- Accettato per la stampa: 5 luglio 2007*