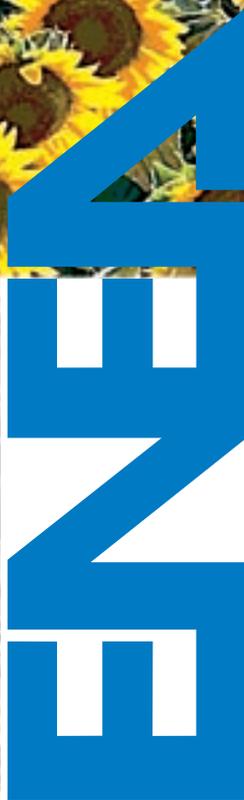


Energia, Ambiente e Innovazione



5/2010



*Mercato e investimenti
per un'industria delle rinnovabili*

*Rinnovabili termiche e piano
d'azione nazionale*

*Costo di investimento
del termovalorizzatore di Acerra*

Energia dai rifiuti: il progetto TyGRe

*La gestione della frazione umida
dei rifiuti urbani*

*Trattamento di rifiuti costituiti
da assorbenti igienici*

*Gli acquisti pubblici verdi
e la gestione dei rifiuti*

*Caratterizzazione energetica
dell'ospedale San Michele di
Cagliari*

*La sostenibilità come criterio
di valutazione nella CE*

Bimestrale dell'ENEA
Anno 56, settembre-ottobre 2010

Il contenuto degli articoli pubblicati è di esclusiva responsabilità degli autori.
La riproduzione di articoli o parte di essi deve essere autorizzata dall'ENEA.

Direttore responsabile
Flavio Giovanni Conti

Comitato tecnico-scientifico
Osvaldo Aronica, Paola Batistoni, Vincenzo Di Majo,
Stefano Giammartini, Massimo Maffucci, Emilio Santoro

Responsabile editoriale
Diana Savelli

Coordinamento redazionale
Paola Molinas
ENEA – Lungotevere Thaon di Revel, 76 – 00196 Roma
Tel. 06-36272907 – e-mail: paola.molinas@enea.it

Collaboratori
Giuliano Ghisu

Promozione
Paola Crocianielli

Traduzioni
Carla Costigliola

Progetto grafico
Bruno Giovannetti



Lo staff della rivista

Da sinistra: Stefano Giammartini, Paola Molinas, Osvaldo Aronica, Paola Crocianielli, Massimo Maffucci, Giuliano Ghisu, Vincenzo Di Majo, Diana Savelli, Flavio Giovanni Conti, Paola Batistoni, Emilio Santoro, Bruno Giovannetti (foto di Roberta Francescone)

In copertina

Campo di girasoli per la produzione di biocarburanti

Stampa

Fabiano Group srl - Regione San Giovanni, 40 - 14053 Canelli (AT)

Registrazione

Tribunale Civile di Roma - Numero 148 del 19 aprile 2010 del Registro Stampa

Pubblicità

Fabiano Group srl - Regione San Giovanni, 40 - 14053 Canelli (AT)
Tel. 0141 827802 - Fax 0141 827830 - e-mail: info@fabianogroup.com

Abbonamento annuale

Italia € 21,00 + € 8,00 (spese di spedizione), Estero € 21,00 + € 15,00 (spese di spedizione);
una copia € 4,20 - C.C.P. n. 12439121 intestato a Fabiano Group srl
Tel. 0141 8278234 - Fax 0141 8278300 - e-mail: ordini@fabianogroup.com

Finito di stampare nel mese di ottobre 2010



Negli ultimi anni si è registrata, a livello mondiale, una forte crescita delle fonti rinnovabili in termini di nuove installazioni e di investimenti in tecnologie pulite, che non sembrano rallentati dalla crisi economica in corso. L'Italia sta recuperando il terreno perso, allineandosi ai paesi più industrializzati per quanto riguarda la diffusione delle tecnologie per le "nuove" fonti rinnovabili, ma presenta ancora un insufficiente sviluppo della capacità produttiva nazionale, con il rischio di creare, anche in questo settore, una forte dipendenza tecnologica. Occorre dunque definire una strategia energetica nazionale capace di coniugare gli incentivi alla domanda con quelli all'offerta di tecnologie in modo da favorire lo sviluppo dell'industria del settore e diminuire gli oneri per i consumatori. Il recepimento della Direttiva 2009/28/CE costituisce in questo senso un'importante occasione per ripensare l'attuale meccanismo d'incentivazione italiano. Sono questi gli elementi salienti dell'articolo dell'Ufficio Studi dell'ENEA che apre questo numero della Rivista e che focalizza l'attenzione su alcuni degli aspetti contenuti nel Rapporto Fonti Rinnovabili 2010 ENEA, presentato il 13 luglio scorso.

Allo stesso tema è dedicato anche l'articolo di Andrea Molocchi, responsabile dell'Ufficio Studi Amici della Terra Italia, il quale afferma che il Piano d'Azione Nazionale per le fonti rinnovabili nasce superato negli obiettivi e sottovalutato nelle funzioni. Per incapacità dei decisori politici, di questo e del precedente governo, il piano non è servito a individuare la strategia ottimale di sviluppo delle rinnovabili nel nostro Paese. Dopo la parte *destruens*, Molocchi presenta una parte *construens*, costituita da proposte degli Amici della Terra, che intendono impostare correttamente le forme di incentivazione, stimolando insieme sviluppo tecnologico e prevenzione degli effetti indesiderati sull'ambiente e il territorio.

Nella rubrica *Riflettore su* riportiamo un gruppo di articoli che intendono concludere la panoramica sui rifiuti avviata nel numero precedente. Barni, De Stefanis e Iaboni presentano i risultati della valutazione del costo di investimento del termovalorizzatore di Acerra. L'ENEA, a seguito dell'incarico affidato dal decreto legge 30 dicembre 2009, n. 195, basandosi su una metodologia messa a punto nel 2007, integrata con i dati relativi a nuovi impianti posti in essere da quella data, a fronte di un valore del carico termico di 340 MW, è giunta alla definizione di un valore di 355 milioni di euro.

Galvagno, Portofino, Cafiero e Coronidi illustrano i contenuti del progetto TyGRé di ENEA, finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del 7° Programma Quadro di Ricerca. Il processo sviluppato da ENEA utilizza come materia di partenza gli pneumatici insieme a biomasse di scarto, e permette di non smaltire in discarica il residuo solido di processo, ma anzi di utilizzarlo con un buon valore commerciale.

Nell'articolo di Atrigna, Canditelli, Faustini e Pescheta viene presentato il trattamento biologico di compostaggio quale sistema migliore per l'ottimizzazione gestionale e la valorizzazione della frazione umida dei rifiuti urbani, anche attraverso il recupero di sostanza organica da destinare all'agricoltura.

Cafiero, Coronidi, Pescheta e Faustini affrontano il tema degli assorbenti igienici, che rappresentano una componente crescente dei rifiuti urbani. Lo studio della loro composizione chimico-fisica permette di formulare correttamente ipotesi di smaltimento con recupero di energia e di valutare le relative emissioni gassose.

Finzi e Montini presentano il quadro legislativo europeo e italiano in tema di *Green Public Procurement* e l'importanza che esso rappresenta per una produzione e un consumo più sostenibili.

Mori, Martini e Muzi presentano i risultati di un caso studio sulle potenzialità di risparmio e di uso razionale d'energia relativo alla struttura ospedaliera "G. Brotzu" di Cagliari, la cui metodologia può essere applicata ad altre realtà sanitarie nazionali.

Massimo Rossi, dell'Università di Pisa, analizza l'evoluzione, nel periodo 1993-2010, della sostenibilità quale criterio di valutazione nella Cooperazione allo sviluppo della Commissione Europea, attraverso l'esame dell'attenzione ad essa dedicata nei manuali sul *Project Cycle Management* e dal *Results Oriented Monitoring*.

Il Direttore Responsabile
Flavio Giovanni Conti

primo piano

5

MERCATO E INVESTIMENTI PER UN'INDUSTRIA DELLE RINNOVABILI

MARKET AND INVESTMENTS FOR A RENEWABLE ENERGY SOURCES INDUSTRY
a cura dell'Ufficio Studi dell'ENEA

16

RINNOVABILI TERMICHE E PIANO D'AZIONE NAZIONALE. QUEI NUMERI CHE NON FANNO SISTEMA

THE RENEWABLE ENERGY ACTION PLAN AND RENEWABLES FOR HEATING
AND COOLING. THOSE NUMBERS THAT DO NOT MAKE A SYSTEM
Andrea Molocchi

riflettore su

25

VALUTAZIONE DEL COSTO DI INVESTIMENTO DEL TERMOVALORIZZATORE DI ACERRA

ASSESSING THE INVESTMENT COSTS OF THE ACERRA THERMAL WASTE
TREATMENT PLANT
Ermanno Barni, Pasquale De Stefanis, Vito Iaboni

34

TECNOLOGIE PER IL RECUPERO DI MATERIA E DI ENERGIA DAI RIFIUTI: IL PROGETTO TYGRE

TECHNOLOGIES FOR MATERIAL AND ENERGY RECOVERY FROM WASTE:
THE TYGRE PROJECT
Sergio Galvagno, Sabrina Portofino, Lorenzo M. Cafiero, Maurizio Coronidi

44

LA GESTIONE DELLA FRAZIONE UMIDA/BIODEGRADABILE DEI RIFIUTI URBANI

MANAGING WET /BIODEGRADABLE URBAN WASTE
Mauro Atrigna, Margherita Canditelli, Nazzareno Faustini,
Giovanni Pescheta



riflettore su

54

CARATTERIZZAZIONE E TRATTAMENTO DI RIFIUTI COSTITUITI DA ASSORBENTI IGIENICI

CHARACTERIZATION AND TREATMENT OF ABSORBENT HYGIENE PRODUCT WASTE

Lorenzo M. Cafiero, Maurizio Coronidi, Giovanni Pescheta, Nazzareno Faustini

65

GLI ACQUISTI PUBBLICI VERDI: IL *GREEN PUBLIC PROCUREMENT* E LA GESTIONE DEI RIFIUTI

GREEN PUBLIC PROCUREMENT AND WASTE MANAGEMENT

Fausta Finzi, Mario Montini

studi & ricerche

72

CARATTERIZZAZIONE ENERGETICA DELL'AZIENDA OSPEDALIERA "G. BROTZU", OSPEDALE S. MICHELE DI CAGLIARI, NELL'AMBITO DELL'ACCORDO DI PROGRAMMA CON IL MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

ENERGETIC CHARACTERIZATION OF THE "G. BROTZU" HOSPITAL ENTERPRISE, SAN MICHELE HOSPITAL IN CAGLIARI, ACCORDING TO THE PROGRAMME AGREEMENT WITH THE ITALIAN MINISTRY OF ECONOMIC DEVELOPMENT

Antonio Mori, Stefania Martini, Gianluca Muzi

87

LA SOSTENIBILITÀ COME CRITERIO DI VALUTAZIONE NELLA COOPERAZIONE ALLO SVILUPPO DELLA COMMISSIONE EUROPEA

SUSTAINABILITY AS AN EVALUATION CRITERION IN EUROPEAN COMMISSION DEVELOPMENT COOPERATION

Massimo Rossi

autori



Mauro Atrigna

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 44



Ermanno Barni

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 25



Lorenzo M. Cafiero

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 34, 54



Margherita Canditelli

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 44



Maurizio Coronidi

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 34, 54



Pasquale De Stefanis

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 25



Nazzareno Faustini

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 44, 54



Fausta Finzi

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 65



Sergio Galvagno

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Portici

pag. 34



Vito Iaboni

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 25



Stefania Martini

ENEA, Direzione Centro S. Teresa

pag. 72



Andrea Molocchi

Responsabile Ufficio Studi Amici della Terra Italia

pag. 16



Mario Montini

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 65



Antonio Mori

ENEA, Direzione Centro S. Teresa

pag. 72



Gianluca Muzi

IZI SpA

pag. 72



Giovanni Pescheta

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

pag. 44, 54



Sabrina Portofino

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Portici

pag. 34



Massimo Rossi

Docente di Progettazione e Valutazione,
Corso di Laurea in Scienze per la pace
dell'Università di Pisa

pag. 87

Mercato e investimenti per un'industria delle rinnovabili

a cura dell'Ufficio Studi dell'ENEA

La definizione di una strategia energetica di lungo periodo per l'Italia nel settore delle rinnovabili, è condizione necessaria per ridurre le numerose barriere che ne ostacolano lo sviluppo. Le politiche che verranno adottate dovranno realizzare il necessario equilibrio tra strumenti in grado di sostenere il mercato e quelli capaci di stimolare innovazione e sviluppo tecnologico per favorire la crescita di una filiera industriale nazionale.

Market and Investments for a Renewable Energy Sources Industry

The many barriers hampering the development of renewable energy sources in Italy can only be reduced by defining a long-term energy strategy. Future energy policies will have to implement instruments up to market standards and, at the same time, capable of stimulating technology innovation and development with a view to favouring the growth of the national production chain

Lo sviluppo delle rinnovabili nel mondo e in Italia

La straordinaria crescita di produzione di energia da fonti rinnovabili è un fenomeno di portata globale che non sembra subire rallentamenti a causa della crisi economica mondiale ancora in corso. Nel 2008 il contributo di tutte le rinnovabili alla copertura dell'offerta mondiale di energia primaria raggiunge il 13% circa del totale (figura 1) beneficiando del forte ricorso, nei paesi non-OECD, alla fonte rinnovabile più tradizionale: la biomassa solida. I paesi OECD, invece, si caratterizzano per fornire la quota prevalente di energia attraverso le cosiddette "nuove" rinnovabili che, seppure contribuendo in misura ancora marginale all'offerta di energia, fanno segnare dal 1990 i più elevati ritmi di crescita¹.

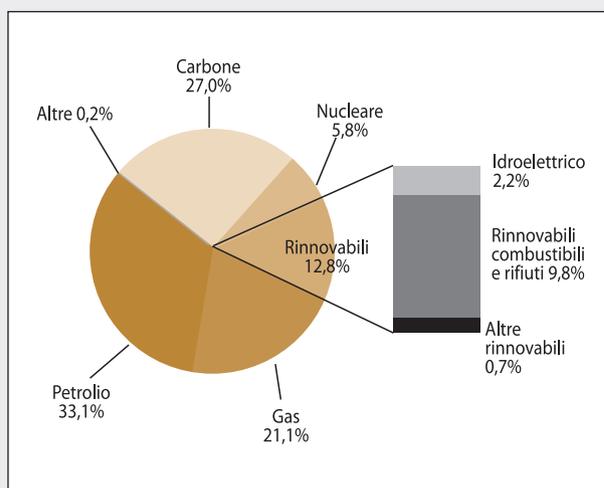


Figura 1
Offerta mondiale di energia da fonti rinnovabili nel 2008: quote per fonte
Fonte: International Energy Agency

Una crescita particolarmente avvertita anche nell'Unione Europea (UE) dove, per due anni consecutivi (2008-2009), la nuova capacità da rinnovabili installata ha superato quella prodotta da fonti fossili arrivando a coprire nel 2009 oltre il 60% del totale (contro il 14% del 1995)² (figura 2). A questo risultato contribuiscono soprattutto gli impianti eolici e fotovoltaici, la cui capacità sale nel 2009 a circa 14 GW sui 26 GW complessivamente installati nell'UE. Secondo le ultime statistiche disponibili³ le fonti rinnovabili sono arrivate a coprire nel 2008 nei paesi dell'UE oltre l'8% dei consumi totali di energia primaria e una quota circa doppia nel solo settore elettrico.

La produzione di energia da fonti rinnovabili è in crescita anche in Italia arrivando a coprire nel 2009 una quota pari a quasi l'11% del consumo interno lordo di energia, due punti percentuali oltre il valore dell'anno precedente⁴. Ancora più significativi i risultati conseguiti nel settore elettrico con una copertura di oltre il 20% nel 2009⁵ contro il 16% dell'anno precedente.

Nonostante il contributo prevalente provenga sempre dall'idroelettrico, anche in Italia sono le nuove rinnovabili che negli ultimi anni fanno segnare la crescita maggiore in termini di apporto energetico. Prima fra tutte il fotovoltaico, con un aumento della produzione da un anno all'altro del 250%, seguito dall'eolico (+35%) e dalle biomasse e i rifiuti (+28%). La situazione del mercato nazionale rispecchia sostanzialmente la situazione dei principali paesi dell'UE. La crescita delle installazioni fotovoltaiche, ad esempio, ha portato l'Italia nell'ultimo anno ad occupare il secondo posto della classifica UE subito dopo la Germania. La sola nuova potenza installata nel 2009 è stata superiore a quella complessivamente installata fino all'anno precedente e ciò ha consentito di oltrepassare nello stesso anno la soglia di 1 GW di potenza cumulata sul territorio nazionale⁶.

1. *Renewables information*. International Energy Agency, 2010.
2. *Wind in power*. European Wind Energy Association, 2010.
3. Dati dell'osservatorio *EurObserv'ER*.
4. Dati Terna 2010.
5. Al netto dei pompaggi.
6. *EurObserv'ER* 2010.

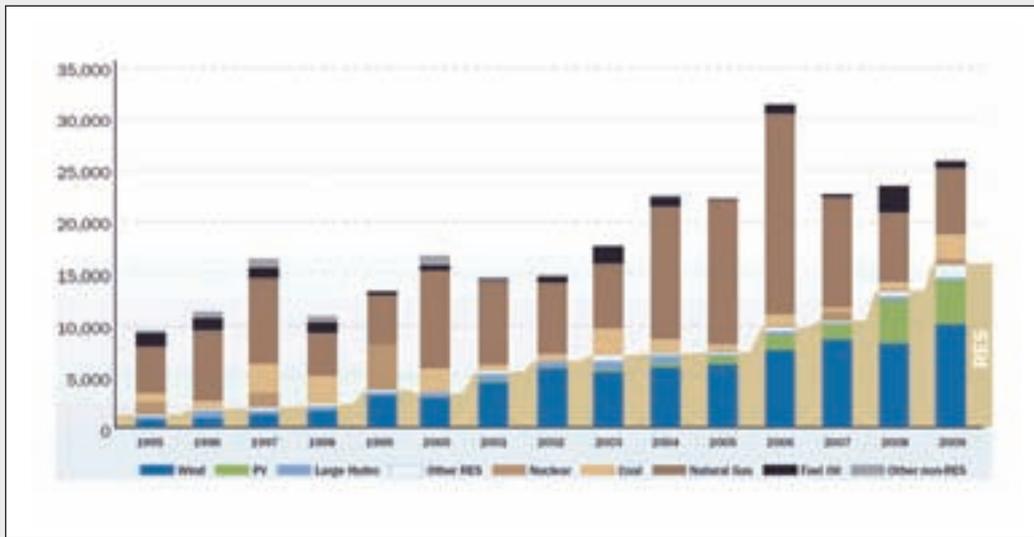


Figura 2
Nuova capacità installata per anno in UE (MW)
Fonte: European Wind Energy Association, 2010

Molto positiva anche la situazione nel settore solare termico e in quello eolico, dove l'Italia nel 2009 risulta, rispettivamente, il secondo e il terzo mercato dell'UE, e nel settore dei biocarburanti, con il terzo posto nella classifica dei Paesi UE in termini di consumo nazionale.

Nonostante la marcata crescita delle rinnovabili in Italia, resta ancora elevato il potenziale di ulteriore sviluppo e ciò è confermato anche dal valore relativo alla potenza installata per abitante, ancora particolarmente basso soprattutto nel settore del solare termico, anche in considerazione della disponibilità della risorsa sul territorio nazionale.

Investimenti nelle "tecnologie pulite"

Gli investimenti in energia "pulita" mostrano negli ultimi anni una forte tendenza all'aumento

(230% tra il 2005 e il 2009) con un ammontare complessivo nel solo 2009 di 162 miliardi di dollari⁷ (figura 3). Come si è detto gli investimenti in questi settori hanno sofferto meno gli effetti della crisi economica e, nel 2009, si è avvertito un calo intorno al 7%, ben al di sotto del calo del 19% fatto segnare nello stesso periodo nei settori dell'industria del petrolio e del gas.

All'eolico è stata destinata, nell'ultimo anno, la quota maggiore degli investimenti con oltre la metà del totale⁸. Il motivo è da ricercarsi, da un lato nella relativa maturità della tecnologia, che in un momento di incertezza economica e finanziaria rende il settore più attraente rispetto ad altri e, dall'altro, nei diversi progetti per l'avvio di grandi opere come i parchi eolici *offshore* nel Mare del Nord. Uno di questi è il *London Array*⁹, situato ad oltre 20 km dalle coste del Kent e dell'Essex (Regno Unito), che prevede l'installazione di 341 turbine in quattro anni per una capacità complessiva di 1 GW, sufficien-

7. *Who's winning the clean energy race?*. The PEW Charitable Trusts, 2010.

8. *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2010*. Bloomberg – New Energy Finance.

9. <http://www.londonarray.com/>

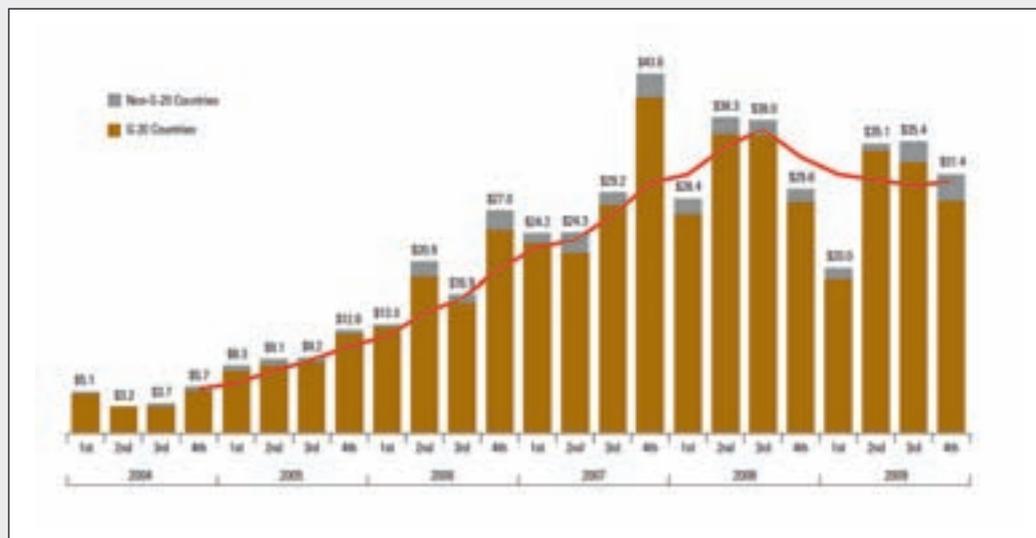


Figura 3
 Andamento trimestrale degli investimenti mondiali nelle tecnologie pulite (miliardi di \$)
 Fonte: The PEW Charitable Trusts, 2010

te a soddisfare il fabbisogno elettrico di 750.000 abitazioni.

Gli investimenti nel settore solare, che nel 2008 rappresentavano il 25% sul totale delle "tecnologie pulite", hanno invece subito una battuta d'arresto, scendendo nel 2009 di cinque punti percentuali. La ragione è da ricercarsi essenzialmente nell'improvvisa situazione di eccesso di offerta generata da un aumento della capacità produttiva (con i prezzi dei moduli fotovoltaici diminuiti del 50% in un anno e mezzo), e da un contestuale indebolimento della domanda a causa della crisi economica.

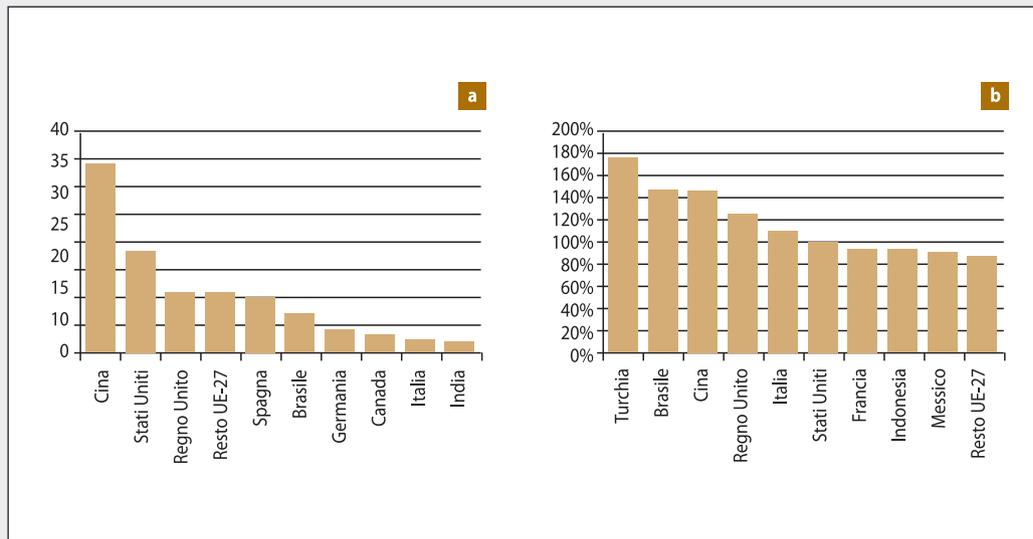
Nel settore dei biocarburanti si è avvertito un calo degli investimenti di oltre il 60% a causa dei prezzi elevati delle materie prime e di un eccesso di capacità produttiva; sono cresciuti invece gli investimenti nelle tecnologie per l'uso energetico delle biomasse e dei rifiuti con una crescita del 14%, sostenuta dal notevole livello di maturità raggiunto in questi settori.

Oltre il 90% degli investimenti mondiali nelle energie pulite provengono da paesi del G-20, nei quali in 5 anni l'ammontare complessivamente investito è cresciuto del 50%. La Cina per la prima volta ha superato gli Stati Uniti (figura 4a) e diventa il pri-

mo paese al mondo in termini di investimenti "puliti" con circa 35 miliardi di \$ (contro i 19 miliardi di € degli Stati Uniti). L'Italia, nonostante si trovi solamente al decimo posto della classifica mondiale con un ammontare complessivo investito di quasi 3 miliardi di \$, registra negli ultimi 5 anni una marcata accelerazione degli investimenti, superiore anche a quella di molti altri paesi tra cui gli stessi Stati Uniti (figura 4b).

Con riferimento ai pacchetti di stimolo "verde" che le diverse economie mondiali hanno messo a punto per incoraggiare la ripresa economica, tra fine 2008 e inizio 2010 sono stati allocati complessivamente 188 miliardi di \$. Nel 2009 l'esborso complessivo è stato pari a solo il 9% del totale, ma è previsto che questa quota triplichi nel 2010 arrivando a circa il 30%, per poi raggiungere il suo massimo nel 2011 con circa 64 miliardi di \$, pari al 35% del totale allocato.

I programmi di stimolo si articolano in una serie di misure da implementare per far crescere i diversi settori della *green economy*, prevalentemente mirate all'efficienza (a cui andrà, in termini di spesa, il 30% del totale), e alle tecnologie per le rinnovabili, destinatarie del 27%. La terza tipologia di in-

**Figura 4**

(a): Investimenti in clean energy (Mld \$ per paese); (b): incremento investimenti 2005-2009 (quote per paese)

Fonte: The PEW Charitable Trusts, 2010

terventi previsti riguarda lo sviluppo della rete che riceverà poco più della metà dell'ammontare stanziato per l'efficienza, ossia poco meno di 32 miliardi di \$ (17%). Il notevole peso di quest'ultimo settore tra le misure di stimolo approntate a livello globale, risponde all'esigenza di consentire il massimo ricorso alle fonti non programabili di energia – rinnovabili e sistemi di cogenerazione in primis – necessario per accelerare la transizione verso un sistema energetico-economico più sostenibile.

L'importanza degli investimenti nella rete è fortemente sostenuta in studi recenti di fonte autorevole¹⁰ che mostrano come la possibilità per il sistema energetico di arrivare, nel lungo termine, a coprire quote sempre maggiori del fabbisogno elettrico attraverso le fonti rinnovabili, sia strettamente connessa al rafforzamento e allo sviluppo del sistema di trasmissione dell'ener-

gia. Un ricorso sempre maggiore nel tempo alle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili implica infatti la necessità di una transizione del sistema di produzione-trasformazione-distribuzione verso la cosiddetta Generazione Distribuita (GD) dell'energia.

La concretizzazione di un sistema energetico integrato implica la realizzazione di una rete di trasmissione e distribuzione dell'energia di grandi dimensioni (*Super Grid*) in grado di interconnettere impianti situati anche a distanze notevoli e di trasferire enormi quantitativi di energia da una zona a un'altra attraverso sistemi intelligenti di gestione dei flussi di energia (*Smart Grid*). È in questa prospettiva che, con riferimento al sistema energetico europeo (EU), il progetto DESERTEC prevede l'estensione della rete ai paesi medio orientali (Middle-East) e nord africani (North Africa) – EU-MENA – dai quali potrebbe proveni-

10. *100% renewable electricity – A roadmap to 2050 for Europe and North Africa*, PriceWaterhouseCoopers, 2010; *Roadmap 2050 – A practical guide to a prosperous low-carbon Europe*, European Climate Foundation, 2010; *RE-thinking 2050 – A 100% Renewable Energy Vision for the European Union*, European Renewable Energy Council, 2010.

re una consistente quota di energia. L'enorme e complessa rete trans-europea consentirà, infatti, sia di fornire energia pulita ai paesi della zona MENA, sia di trasportarla dalla sponda sud del Mediterraneo fino in Europa.

L'incentivazione delle rinnovabili

Con la Direttiva 2009/28/CE, di cui è previsto il recepimento entro il 5 dicembre 2010, viene assegnato all'Italia l'obiettivo di coprire al 2020 il 17% dei consumi finali di energia attraverso fonti rinnovabili. Il *Piano d'Azione Nazionale*, recentemente inviato all'UE, indica le misure che l'Italia intende adottare nel settore elettrico, termico e dei trasporti per raggiungere questo obiettivo, corrispondente ad una produzione nel 2020 di quasi 23 Mtep di energia da fonti rinnovabili su un consumo totale di 133 Mtep. Per l'attuazione del Piano assumono un ruolo determinante gli strumenti di incentivazione, come le detrazioni fiscali, i titoli di efficienza energetica, i certificati verdi, l'obbligo di immettere una quota crescente nel tempo di biocarburanti nel settore dei trasporti, il conto energia per il fotovoltaico.

Da un'analisi del panorama dei meccanismi d'incentivazione adottati in altri paesi, dove le rinnovabili hanno avuto un forte sviluppo, emerge in linea di massima una prevalenza degli strumenti di prezzo (*feed-in*), come il conto energia, rispetto a strumenti di quantità, come i certificati verdi. Inoltre, l'onerosità del sistema prescelto sembra essere minore nel primo caso rispetto al secondo, dove una forte componente di costo è fornita dalla presenza di un rischio di mercato, praticamente assente nei meccanismi di tipo *feed-in*. Nel settore eolico *onshore*, ad esempio, i paesi dove i meccanismi d'incentivazione hanno avuto più successo sono proprio quelli che hanno optato per un sistema di tipo *feed-in tariff* con costi più ridotti. In altri paesi invece, come l'Italia, nonostante un elevato livello

degli incentivi, l'efficacia raggiunta dal meccanismo risulta frenata, probabilmente a causa della ridotta prospettiva di lungo termine offerta agli investimenti, condizione essenziale per gli investitori.

Nello studio *Deploying Renewables, Principles for Effective Policies* l'Agenzia Internazionale per l'Energia valuta i diversi livelli di efficacia raggiunti dai vari sistemi di incentivazione delle rinnovabili adottati a livello internazionale, mettendo in relazione il costo del meccanismo con la sua efficacia. Da questo studio emerge come non sempre vi sia una diretta corrispondenza tra un elevato livello di remunerazione dell'incentivo e un effettivo sviluppo della fonte stessa: è il caso dell'Italia, che presenta valori bassi di efficacia a fronte di valori elevati dell'incentivo.

L'esigenza di ottemperare alla Legge Comunitaria 2009¹¹ in materia di attuazione della Direttiva europea sulla semplificazione degli iter autorizzativi, sull'istituzione di un meccanismo di *burden sharing* regionale, nonché sulla revisione del meccanismo d'incentivazione, potrà essere l'occasione di intervenire per migliorare il rapporto costi/efficacia del sistema di incentivazione in Italia. Si muovono in questa direzione alcuni interventi recenti: da una parte l'entrata in vigore delle *Linee Guida*, che definiscono modalità e criteri per l'autorizzazione degli impianti a fonti rinnovabili e, dall'altra, la riduzione programmata delle tariffe del conto energia. Restano aspetti da affrontare che riguardano, ad esempio, la tendenza del mercato a caricare il prezzo dell'energia del costo di acquisto dei certificati verdi, a prescindere se siano previste o meno esenzioni dall'obbligo, generando extra rendite per i produttori e aumentando l'onere a carico dei consumatori e, dall'altro, la continua revisione della normativa avvenuta nel corso degli anni che ha di fatto limitato e rallentato gli investimenti.

Tra le alternative al sistema vigente vi sono quelle avanzate in uno studio IEFE-Università Bocconi¹²,

11. Legge del 4 giugno 2010 n. 96.

12. *Note in merito alla revisione del sistema di incentivazione delle fonti rinnovabili di energia*. A. Lorenzoni, N. Cusumano. IEFE – Università Bocconi, 2010.

in cui si analizza una conversione dei CV in contratti pluriennali (15 anni) di acquisto dell'energia; ovvero l'adozione di un sistema di tipo *feed-in* per tutte le fonti, come avviene ad esempio in Germania. Nella prima ipotesi i contratti pluriennali garantirebbero maggiori garanzie agli investitori, grazie a flussi di cassa costanti e ai produttori di energia verde attraverso un prezzo dell'energia concordato tra le parti e garantito per un periodo di tempo elevato, come avviene per le tariffe *feed-in*. L'acquirente di energia, qualora volesse svincolarsi dall'impegno, potrebbe cedere il contratto a terzi a un nuovo prezzo. Nella seconda ipotesi i vantaggi principali sarebbero essenzialmente due: da un lato la riduzione del rischio d'investimento per il produttore di energia verde, in quanto sarebbe garantita la certezza del costo della produzione nel tempo, e dall'altro la semplicità del meccanismo dal punto di vista della gestione amministrativa. L'ipotesi *feed-in* potrebbe essere a sua volta applicata in due maniere distinte. Una attraverso l'applicazione di una tariffa omnicomprensiva (incentivo+prezzo dell'energia) a tutti gli impianti e l'estensione della soglia d'accesso al meccanismo oltre l'attuale limite di 1 MW di potenza dell'impianto. L'altra attraverso l'adozione di un

sistema a premi, come avviene nel conto energia del fotovoltaico, in cui l'incentivo alla produzione è separato dal ricavo derivante dalla commercializzazione dell'energia verde prodotta. Sempre secondo IEFE, l'aumento dell'efficienza del sistema d'incentivazione potrebbe portare a un risparmio di circa 1 Mld di € all'anno fino al 2020 rispetto all'attuale meccanismo.

Attraverso uno studio condotto nell'ambito di una collaborazione con il Comitato Energia di Confindustria, l'Ufficio Studi dell'ENEA ha valutato la praticabilità di una modifica dell'attuale meccanismo dei CV che consentisse di raggiungere l'obiettivo comunitario a costi più contenuti, garantendo nel contempo maggior sicurezza agli investimenti. Il modello utilizzato per l'analisi è il *TIMES-Italia* che nell'ottica di minimizzazione del costo totale del sistema energetico consente di simularne l'evoluzione in funzione di vincoli ambientali e tecnologici.

La proposta assume come ipotesi una progressiva riduzione del valore dei CV, che verrebbe in qualche modo compensata da una maggior stabilità del sistema di incentivazione. Si prevede infatti che il prezzo al quale vengono scambiati i CV si mantenga sempre tra un valore minimo (*floor*) e uno massimo (*cap*) (figura 5).

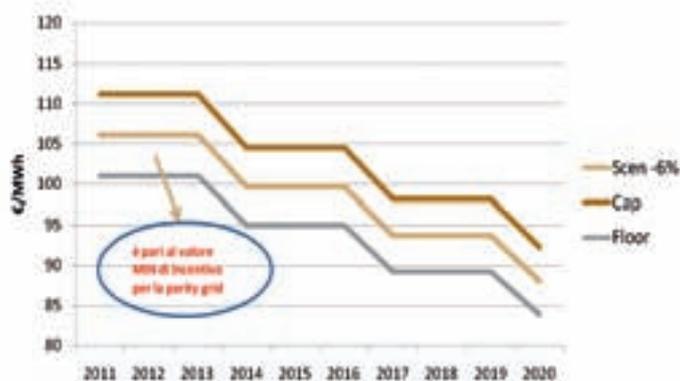


Figura 5
Ipotesi di revisione del meccanismo dei CV: l'effetto sul costo
Fonte: elaborazione ENEA

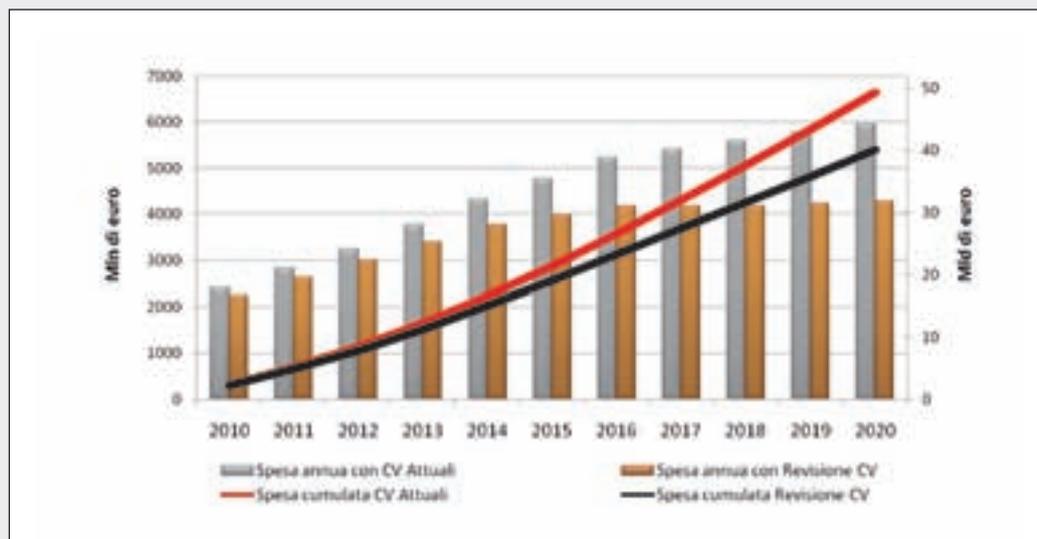


Figura 6
Costo annuo e costo cumulato dei CV: confronto tra sistema attuale e proposta di revisione
Fonte: elaborazione ENEA

Nell'analisi ENEA il valore del *floor* corrisponde per i primi tre anni al minimo dell'incentivo, quello cioè in grado di rendere il costo dell'elettricità prodotta da ciascuna tecnologia a fonte rinnovabile¹³ competitivo (*grid parity*) con quello della tecnologia di riferimento a fonte fossile (ciclo combinato a gas), ed è funzione del tempo, delle ipotesi sui costi delle diverse tecnologie utilizzate, delle relative efficienze e ore equivalenti di funzionamento degli impianti, dei costi dei combustibili tradizionali e del *carbon price*. Dal 2014 in poi il valore del *floor* segue una riduzione del 6% ogni tre anni. Il valore del *cap*, invece, è calcolato in maniera simmetrica come valore speculare rispetto a quello minimo.

L'analisi di scenario mostra come sia possibile contenere il costo cumulato complessivo del meccanismo dei CV nel decennio 2010-2020 ben al di sotto di quello che si avrebbe proseguendo secondo l'attuale sistema d'incentivazione (calcolato ipotizzando un valore del CV

pari alla media registrata negli ultimi cinque anni). Si stima infatti che nel 2020 si avrebbe una spesa cumulata del meccanismo revisionato pari a 40 miliardi di €, corrispondente a un risparmio totale di circa 10 miliardi di €, cioè attorno al 22% in meno rispetto al costo cumulato attraverso il meccanismo vigente (*figura 6*).

Lo studio ha inoltre determinato quale dovrebbe essere l'incremento annuo della quota minima tale da garantire l'allineamento tra domanda ed offerta nel mercato dei CV, nonché il raggiungimento degli obiettivi al 2020. Ipotizzando il trasferimento dell'obbligo dai produttori/importatori di energia da fonti fossili ai distributori, è stato calcolato che l'incremento annuo debba passare dall'attuale 0,75% a poco meno del 2%. Quanto alla produzione totale di energia elettrica questa non varia nello scenario di revisione rispetto a quello tendenziale, ed è coerente con i valori indicati nel recente Piano d'Azione Nazionale per le energie Rinnovabili.

13. I coefficienti moltiplicativi, differenziati per fonte rinnovabile, utilizzati per il calcolo dei CV fino al 2020, nella proposta di revisione sono gli stessi di quelli utilizzati nell'attuale sistema d'incentivazione.

Per una industria delle rinnovabili

La sempre maggiore attenzione alle problematiche connesse al rischio cambiamenti climatici e la conseguente politica di decarbonizzazione del sistema produttivo adottata a livello internazionale hanno fatto nascere la domanda di tecnologie per la produzione di energia da fonte rinnovabile. Le diverse forme di incentivazione adottate hanno quindi fatto crescere questa domanda, contribuendo a un forte incremento degli scambi internazionali dei prodotti manifatturieri connessi a queste tecnologie.

La sola incentivazione della domanda di sistemi e componenti non appare, tuttavia, sufficiente a innescare lo sviluppo di una filiera industriale. In Italia, ad esempio, si rileva un certo ritardo nell'adeguare la struttura produttiva industriale alla crescita della stessa domanda interna.

Nel settore del fotovoltaico, in particolare, si sta verificando una propensione alle importazioni superiore a quella riscontrata nella media dei paesi dell'UE-15 (figura 7). La percentuale di moduli di provenienza estera installati in Italia ha rappresentato infatti nel 2009 l'85%¹⁴ del totale, di cui circa la metà proveniente da Cina e Germania.

Altri paesi, grazie ad efficaci politiche industriali nazionali, sono riusciti a stimolare gli investimenti in nuova capacità produttiva localizzata sul territorio nazionale e a contenere di conseguenza la tendenza all'import di tecnologie per le rinnovabili. La Germania, ad esempio, attraverso un efficace e stabile sistema di incentivazione della domanda da un lato, e grazie a un ampio ventaglio di incentivi offerti agli investitori dall'altro (rimborsi *cash* dei costi diretti, prestiti a tassi agevolati, garanzie pubbliche alle banche,

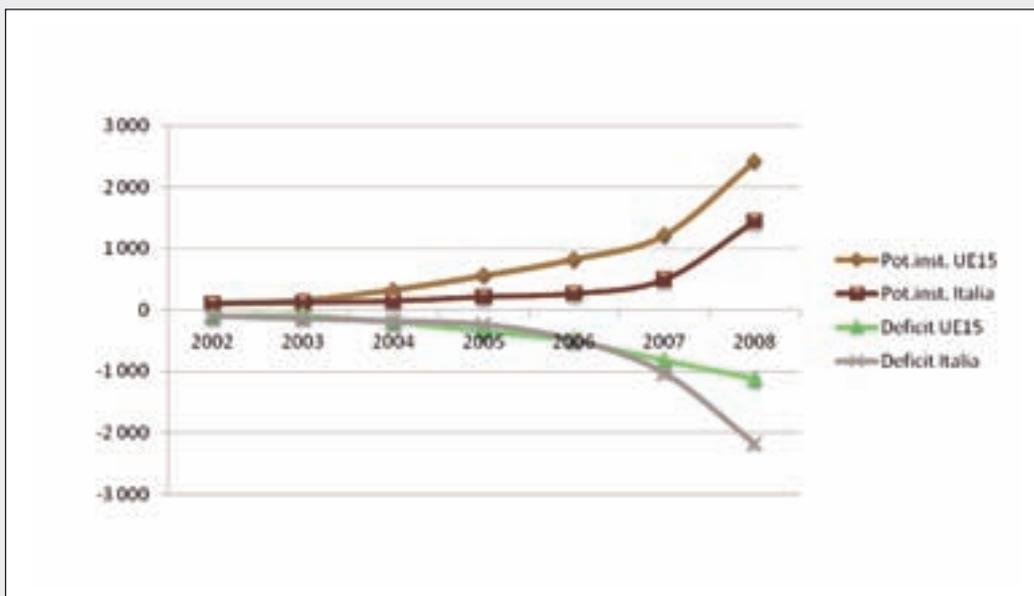


Figura 7

Fotovoltaico: dinamica della potenza installata e dei deficit commerciali in Italia e nell'UE15 (2002=100 Pot. inst. e 2002=-100 Deficit)

Fonte: elaborazione ENEA su dati EurObserv'ER e OCSE ITCS

14. *La filiera dell'industria italiana delle rinnovabili*. E. Cremona. Gestore dei Servizi Energetici, 2010.

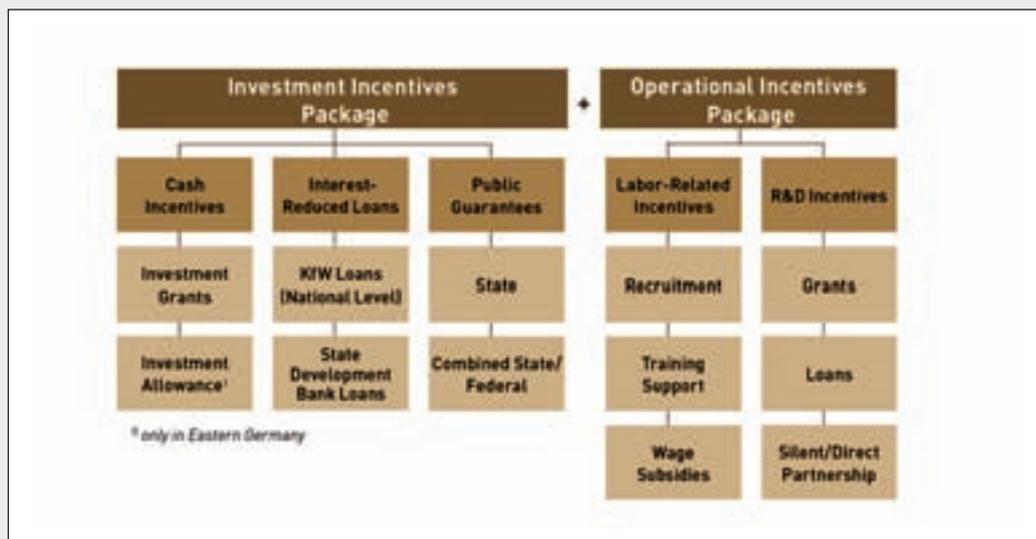


Figura 8
Tipologie di incentivo per il settore fotovoltaico in Germania
Fonte: Germany Trade&Invest (2009)

incentivi a sostegno dei costi del personale e per le attività di R&S tecnologico)¹⁵ (figura 8), ha dato vita al principale distretto industriale al mondo per il fotovoltaico, la *Solar Valley*, da cui proviene quasi il 15% di tutta la produzione mondiale di celle solari ed è la sede di tre delle dieci maggiori aziende al mondo: Q-cells, Schott Solar e Solar World¹⁶.

In Italia il giro d'affari del settore fotovoltaico, che ha raggiunto nel 2009 quota 2,6 miliardi di € crescendo di circa il 41% rispetto all'anno precedente¹⁷, è caratterizzato da una presenza delle imprese nazionali sbilanciata verso le fasi finali della filiera, rispetto a quelle a monte. Nel segmento della progettazione e installazione degli impianti il peso delle aziende nazionali sul mercato interno è, infatti, pari a circa i ¾ del to-

tale, mentre la loro presenza è quasi nulla se si osserva la fase di produzione del silicio¹⁸. Le iniziative imprenditoriali in quest'ultimo segmento sono state ultimamente rallentate e ostacolate da fattori quali la stretta creditizia delle banche, la riduzione del prezzo del silicio e i complessi processi di autorizzazione per gli stabilimenti produttivi.

Esistono tuttavia alcuni casi italiani di interesse in questo segmento. Uno è quello di Lux¹⁹, azienda di Pozzolo Formigaro (AL), operante nel segmento della produzione di wafer in silicio multi cristallino, con una capacità produttiva annua di circa 8 MW, di cui si prevede il raddoppio nel corso del 2010. Un altro è quello di Depasol Silicon²⁰, azienda di Trinitapoli (FG), che opera nella produzione di lingotti e wafer di sili-

15. *The photovoltaic industry in Germany*. Germany Trade&Invest, 2009

16. *Solar Storms*. Chemistry World, giugno 2010.

17. *National Survey Report of PV Power Applications in Italy*. International Energy Agency – Photovoltaic Power System Programme, 2010.

18. *Solar Energy Report 2009*. Energy & Strategy Group.

19. <http://www.luxsrl.it/index-ita.html>

20. http://www.depasol.it/depasol_silicon.html

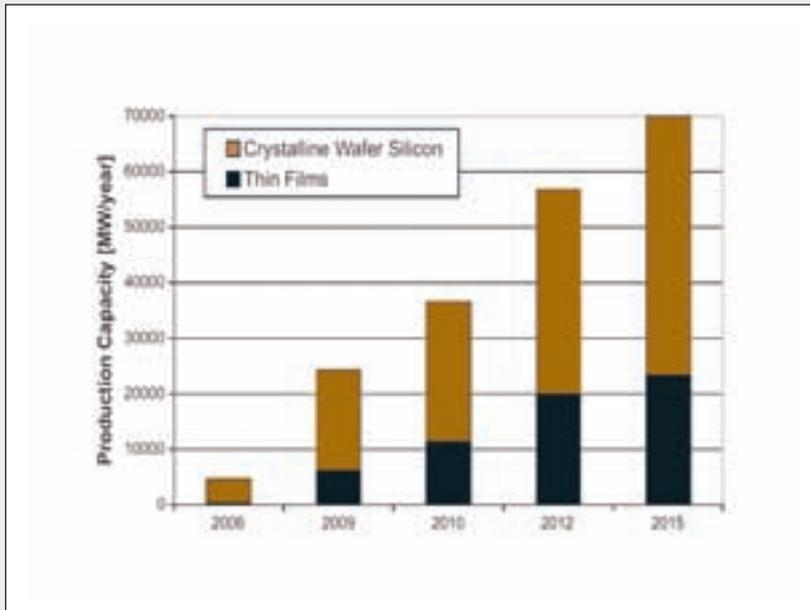


Figura 9
Produzione annuale di moduli a film sottile e in silicio cristallino
Fonte: Joint Research Centre, 2010

cio monocristallino ad alta efficienza, con una capacità produttiva annua prevista oltre i 15 MW. Si tenga presente inoltre che le prime fasi della catena industriale sono anche quelle in cui i margini di guadagno sono mediamente più elevati. Se si considera, infatti, il primo segmento, quello della produzione di silicio e wafer, la marginalità si attesta attorno al 40% rispetto al 14% della fase finale di progettazione e installazione degli impianti, dove la presenza di imprese italiane è molto forte.

Osservando l'evoluzione del mercato mondiale del fotovoltaico, risulta molto interessante lo sviluppo avvenuto negli ultimi anni nel segmento dei moduli a film sottile che ha guadagnato quote sempre maggiori di mercato rispetto a quello tradizionale del silicio cristallino, tuttavia ad oggi ancora dominante con una quota dell'80% del totale²¹. La tecnologia a film sottile è salita da una quota del 6% nel 2005 a una del 10% nel 2007 ed è arrivata nel 2009 a occupare una fetta del mercato mondiale compresa tra il 16 e il 20% (figura 9).

Le previsioni sono di un ulteriore aumento del peso di questa tecnologia sul mercato mondiale del fotovoltaico fino a circa 1/3 del totale entro il 2015. Delle circa 150 aziende che hanno annunciato piani di produzione di celle a film sottile, oltre 100 puntano al silicio (amorfo e amorfo/microcristallino), 30 alla tecnologia CIGS (*Copper Indium Gallium Selenide*), 9 su quella CdTe (*Cadmium Telluride*) e 8 su altri materiali e celle di tipo *Dye*, queste ultime considerate l'ultima generazione di celle fotovoltaiche. Tuttavia, ad oggi, solo 1/4 del totale delle aziende considerate ha già avviato produzioni di moduli a livello commerciale. Tra le esperienze italiane vi è la appena nata *3Sun*, joint venture tra Enel Green Power, Sharp e STMicroelectronics, destinata a diventare la più grande fabbrica italiana di pannelli fotovoltaici che, secondo l'accordo, dovrebbe arrivare a sviluppare una capacità produttiva a regime di 480 MW l'anno di pannelli a film sottile.

21. *PV Status Report 2010*. Joint Research Centre, European Commission.

Rinnovabili termiche e piano d'azione nazionale. Quei numeri che non fanno sistema

Andrea Molocchi

Responsabile Ufficio Studi Amici della Terra Italia

Il Piano di Azione Nazionale per le energie rinnovabili, pubblicato dal Governo nel giugno 2010, viene esaminato in base a 4 criteri: la qualità della eventuale pianificazione e valutazione delle fonti rinnovabili di energia, il rapporto costi-benefici nello stabilire dei target di settore, la capacità del Piano di dare impulso al potenziale economico e occupazionale, la prevenzione di costi esterni associati all'ampia diffusione di raccolti bioenergetici e di piante rinnovabili sul territorio. Desto qualche dubbio la capacità del Governo di adempiere esaurientemente alla funzione basilare del Piano di ottimizzare i benefici sociali derivanti dalla diffusione delle energie rinnovabili per il Paese

The Renewable Energy Action Plan and Renewables for Heating and Cooling. Those Numbers That Do Not Make a System

The Renewable Energy Action Plan issued by the Italian Government in June 2010 is analyzed under 4 criteria: quality of RES potential planning and evaluation, cost-effectiveness in fixing the sector-based targets, plan's capacity to boost the economic and occupational potential, prevention of external costs associated to a wide spread of bio-energy crops and renewable plants on the territory. Concerns are expressed on the capacity of the Government to fulfill the basic function of the plan to optimize welfare benefits for the country of RES diffusion

Il 14 giugno scorso il Ministero dello Sviluppo Economico ha pubblicato il Piano d'azione nazionale per le fonti rinnovabili, con due settimane di anticipo sulla scadenza per la Notifica alla Commissione, ma non c'è tempo per modifiche di sostanza a questo piano che, nonostante il rispetto formale dei tempi e i buoni propositi del documento di indirizzo, a mio parere nasce superato negli obiettivi numerici e sottovalutato nella funzione. Scopo di questo articolo è argomentare questa tesi, che vuole essere comunque costruttiva. Occorre quindi una premessa: i giudizi critici espressi non sono rivolti ai redattori del Piano, che hanno svolto un ottimo lavoro, sicuramente ai limiti delle risorse che sono state messe a loro disposizione, ma ai decisori (per quota parte anche quelli del precedente governo), che non hanno avvertito l'importanza di dare una risposta di sistema alla strategia europea su energia e clima. Infatti, questo Piano nasce da tempi ormai lontani, sulla scia delle esigenze poste fin dal *Position Paper* del 2007.

Questo articolo s'interroga innanzitutto sulla funzione del Piano d'azione nazionale: doveva semplicemente rispettare un obbligo europeo accontentando questo o quel settore, oppure doveva servire al sistema Italia per valutare le diverse opportunità e confrontarsi per individuare la strategia ottimale di sviluppo delle rinnovabili nel nostro Paese? In questo secondo caso c'è solo da constatare che avevamo tre anni di tempo, ma quella risposta di sistema che fa la competitività e la forza trainante di uno Stato non c'è stata.

Nel novembre 2009, ad un anno dall'accordo politico sulla nuova direttiva, col seminario "*Usi termici delle fonti rinnovabili*", l'ENEA aveva fatto notare che l'equiparazione effettuata dalla nuova direttiva europea fra energia termica ed elettricità nella quantificazione dell'obiettivo di rinnovabili avrebbe dovuto comportare un forte impulso alle politiche nazionali di promozione delle rinnovabili termiche, di cui invece non si vedeva traccia. Il 14 aprile scorso l'Associazione Amici della Terra aveva tenuto a Roma un convegno mirato alla preparazione del Piano, dal ti-

tolo emblematico "*Non solo Elettricità. Potenziale, opportunità e prospettive delle rinnovabili termiche*", in cui si dava testimonianza dell'insospettata presenza di un ampio fronte di interessi industriali in Italia sulle rinnovabili termiche e in cui si preannunciava che il Piano d'azione sarebbe stato giudicato su alcuni criteri portanti:

- 1) qualità delle valutazioni di potenziale (passaggio valutativo attraverso le Regioni, in particolare per quanto riguarda i limiti di accettazione della rete elettrica e il potenziale di approvvigionamento delle biomasse nei vari settori e distretti);
- 2) efficienza economica nella fissazione degli obiettivi di rinnovabili (sia nell'individuazione del giusto mix fra misure di efficienza energetica e misure di promozione delle rinnovabili, sia nella promozione delle tecnologie rinnovabili a minor costo);
- 3) capacità di guidare la trasformazione e lo sviluppo dell'industria nazionale – anche nei mercati esteri – massimizzando le prospettive occupazionali e i benefici sociali;
- 4) prevenzione degli effetti ambientali e territoriali di una vasta diffusione degli impianti e delle filiere delle rinnovabili.

Ma facciamo un passo indietro, per capire perché tanta attenzione su un settore sinora considerato la cenerentola delle rinnovabili, schiacciato da un decennio di politiche comunitarie a favore delle *rinnovabili elettriche* da un lato e dei *bio-carburanti* dall'altro (rispettivamente direttive 77/2001 e 30/2003). La nuova direttiva 28/2009, oltre a ricomprendere il nuovo settore applicativo del riscaldamento/raffrescamento, effettua una scelta di contabilità dell'energia rinnovabile che è decisiva: l'energia elettrica da fonti rinnovabili deve essere contabilizzata in termini di consumi finali (e non di consumi primari evitati di energia fossile, come sarebbe stato lecito attendersi in un quadro di politiche di riduzione dei gas serra) ed è quindi equiparata all'energia da fonti rinnovabili consumata per riscaldamento. Questa scelta, controversa in fase di elaborazione della direttiva, ha sollevato molte polemiche anche in

Italia. Ma a questo punto dobbiamo prenderne atto, cercando semmai di eliminare le deroghe introdotte all'ultimo minuto in alcuni settori, che non solo contraddicono il principio generale adottato dalla direttiva, ma rischiano di provocare disparità di trattamento e inefficienze energetiche nella diffusione delle innovazioni. È questo il caso, ad esempio, dell'elettricità da fonti rinnovabili impiegata per i trasporti su strada (la deroga non è invece prevista nei trasporti su rotaia), dove il premio moltiplicativo del 2,5 favorisce la diffusione della mobilità privata con auto elettriche a scapito della mobilità pubblica con linee metropolitane, benché quest'ultima sia molto più efficiente della prima sotto il profilo energetico. L'altra caratteristica della direttiva che richiede un grosso cambiamento di abitudini deriva dal fatto che essa non impone agli Stati membri alcun obiettivo nel settore elettrico che possa costituire un limite allo sviluppo delle rinnovabili in altri settori, come quello del riscaldamento/raffrescamento. Al contrario, la possibilità di sfruttare il grande e sottovalutato potenziale di rinnovabili nel settore del riscaldamento è affidata all'elaborazione di un piano nazionale di qualità, capace di ridiscutere molte delle assunzioni effettuate in passato.

Qualità delle valutazioni di potenziale

Un primo criterio di analisi del Piano riguarda la qualità delle valutazioni di potenziale, o ancora

meglio, la qualità di quel processo di individuazione delle risorse nel territorio, di analisi della producibilità degli impianti e dei relativi costi che, mediante un confronto con gli interlocutori, dovrebbe portare all'individuazione finale degli obiettivi esposti nel Piano stesso (tabella 1). Purtroppo, nel PNA sembra essere prevalsa la preoccupazione di cancellare le fasi di questo processo piuttosto che quella di testimoniare con razionali argomentazioni come i numeri siano stati ricavati.

Dal PNA non emerge evidenza di un'analisi di potenziale condotta sul territorio a stretto gomito perlomeno con le Regioni più attive sotto questo profilo. Non sono le Regioni che devono pianificare lo sviluppo dell'energia sul loro territorio e rilasciare l'autorizzazione unica per l'impianto e la connessione alla rete? Non sono le Regioni che devono in ultima analisi verificare la compatibilità ambientale degli impianti e se le localizzazioni di quelli non programmabili siano idonee rispetto all'effettiva capacità di trasmissione delle reti? Eppure, a quanto risulta, il PNA non commisura gli obiettivi di sviluppo dell'eolico e del solare alle (poche) maglie della rete con sovra-capacità di trasmissione e ai programmi di TERNA di sviluppo della rete. Più in generale, non sono esposti dati regionali, né analisi regionali o di distretto, né casi studio di filiera. Un'analisi delle diverse filiere era particolarmente attesa nel fondamentale comparto delle biomasse, trasversale ai tre settori d'impiego (elettricità, calore, trasporti), in quanto la valutazione del potenziale di approvvigionamento di biomasse deve necessariamente passare per la realizzazione di un

Tabella 1 - Consumi finali lordi di energia e obiettivi per le energie rinnovabili al 2020

	Consumi da FER		Consumi finali lordi 2020	FER/CFL	
	2005	2020			
	Mtep	Mtep	%	Mtep	%
Elettricità	4,846	9,112	40,2%	31,448	28,97%
Riscaldamento/raffrescamento	1,916	9,520	41,9%	60,135	15,83%
Trasporti (senza premi)	0,179	2,916	12,9%	39,630	7,36%
Trasferimenti da altri Stati	-	1,144	5,0%	-	-
Totale	6,941	22,692	100,0%	131,214	17,29%
Trasporti ai fini obiettivo 10% (con premi)	0,338	3,419	-	33,975	10,06%

Fonte: Sintesi PAN 2010, aggregazione degli obiettivi riportati nelle tabelle per elettricità, riscaldamento e trasporti

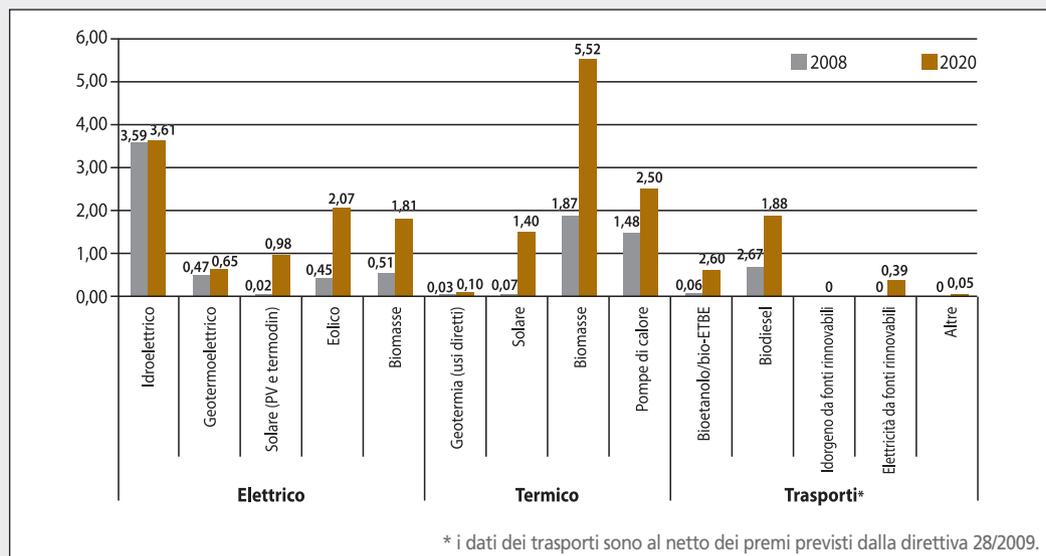


Figura 1
Contributo delle fonti rinnovabili per tipo di fonte e settore di impiego, anno 2008 e obiettivi al 2020 (Mtep di energia per consumi finali)
Fonte: elaborazione Amici della Terra da PNA

intenso programma di costruzione delle filiere sul territorio, di cui non si fa alcuna menzione. Visto il peso delle biomasse sul totale nazionale (attualmente del 49%, includendo i biocarburanti di origine nazionale, del 46% al 2020 in termini di energia finale) è difficile ritenere che le valutazioni quantitative di potenziale del Piano siano state imposte per risultare sufficientemente condivisibili.

Al contrario: l'approccio del PNA è quello di ricercare un elevato livello di condivisione degli obiettivi nazionali con le Regioni dopo la pubblicazione del Piano. Difficile pensare che questo passaggio non comporti modifiche, anche sostanziali, ai numeri espressi dal Piano, minandone la credibilità. È altrettanto arduo credere che la condivisione degli obiettivi nazionali possa essere perseguita attraverso la semplice ripartizione degli obiettivi di rinnovabili fra le Regioni: essa presupporrebbe comunque un'imposizione di obiettivi dal centro alla periferia.

Un altro esempio di opacità riguarda i dati a consuntivo su cui il Piano al 2020 è stato costruito, un consuntivo che non parte da una *tabula rasa*, ma che avrebbe dovuto costituire l'occasione per fare un sereno bilancio su un decennio di incentivi: non si capisce perché i dati storici pubblicati dal Piano

siano solo quelli del 2005 e non anche quelli più recenti del 2008. Per ricavare il consuntivo 2008 dei vari tipi di fonti rinnovabili si è costretti a rielaborare a ritroso i dati di scenario del PNA per gli anni 2010-2020. La *figura 1*, frutto per l'appunto di questa rielaborazione, evidenzia per ogni tipo di fonte il dato 2008 e l'obiettivo al 2020 del PNA (rispetto alla figura, il PNA offre un livello di disaggregazione ulteriore, per tecnologia).

Da questi dati emergono due aspetti critici di notevole rilevanza quantitativa, entrambi riguardanti il processo di valutazione del potenziale nel settore delle rinnovabili termiche.

a) Pompe di calore. Nei dati a consuntivo emerge una grande novità rispetto al passato (Position Paper 2007): un forte contributo delle pompe di calore per gli usi di riscaldamento (1,5 Mtep di energia rinnovabile impiegata nel 2008), che va letto in aggiunta agli usi convenzionali delle pompe di calore per il condizionamento estivo (si noti che l'energia rinnovabile impiegata per il raffrescamento non può essere per il momento contabilizzata). Eppure questo straordinario successo di impiego delle pompe di calore nel ciclo annuale, merito della loro efficienza energetica e versatilità di impiego, è poco riconosciuto dal PAN nell'individuazione dell'obiet-

tivo al 2020: appena 2,5 Mtep, un dato che presuppone un tasso di crescita di appena il 4,4% l'anno (penetrazione solo nelle nuove costruzioni?), mentre il contributo potenziale al 2020 stimato dal CoAer, l'associazione italiana dei produttori di condizionatori e di pompe di calore, nell'ambito della task force di Confindustria, è di ben 6 Mtep. Si noti che lo scenario del CoAer ipotizza un tasso del 12% l'anno, per arrivare a soddisfare con pompe di calore nel 2020 circa il 50% della domanda di caldo e freddo nei due settori del residenziale e del terziario (il 67% nel terziario, dove le pompe di calore trovano già oggi un certo impiego, e il 39% nel residenziale). Su questo tema si auspica un confronto trasparente per approfondire meglio le ragioni di questo divario di valutazioni.

b) Biomasse. L'obiettivo di impiego di biomasse per riscaldamento (5,5 Mtep nel 2020) appare particolarmente basso rispetto al notevole potenziale di approvvigionamento domestico di biomasse primarie (bioenergie) evidenziato da studi di settore, e questo anche a prescindere dal fatto che le bioenergie, opportunamente processate, trovino impiego in tutti e tre i settori di uso finale (elettricità, riscaldamento e trasporti). La *figura 2* effettua un con-

fronto preliminare fra i dati di approvvigionamento di biomasse forniti dal PNA e le stime condotte da Itabia nel 2009. Da questo confronto emerge che il PNA si è concentrato in alcuni settori (nell'ordine sottoprodotti dell'agricoltura, silvicoltura, FORSU e colture agricole), mentre ignora il potenziale di sfruttamento di residui dell'industria del legno e di produzione di biogas mediante riutilizzo dei fanghi di depurazione, ed effettua ipotesi molto cautelative soprattutto nello sfruttamento dei sottoprodotti della zootecnia. Complessivamente, il PNA prevede un approvvigionamento di biomasse per 12,9 Mtep di energia primaria, contro 26,1 Mtep di Itabia. Inoltre, ove disponibile la materia prima, il PNA prevede un suo utilizzo principalmente per produrre elettricità, certamente più remunerativo nel contesto attuale di incentivazione, ma non necessariamente l'opzione capace di minimizzare gli oneri di incentivazione a parità di resa energetica finale nel nuovo quadro della direttiva 28/2009. Sarebbe che, per raggiungere l'obiettivo al 2020 di impiego di biomasse per riscaldamento (5,5 Mtep, di cui 3,5 Mtep per usi in nuclei domestici) si intenda far emergere il mercato sommerso degli usi di legna in nuclei domestici (secondo l'Ita-

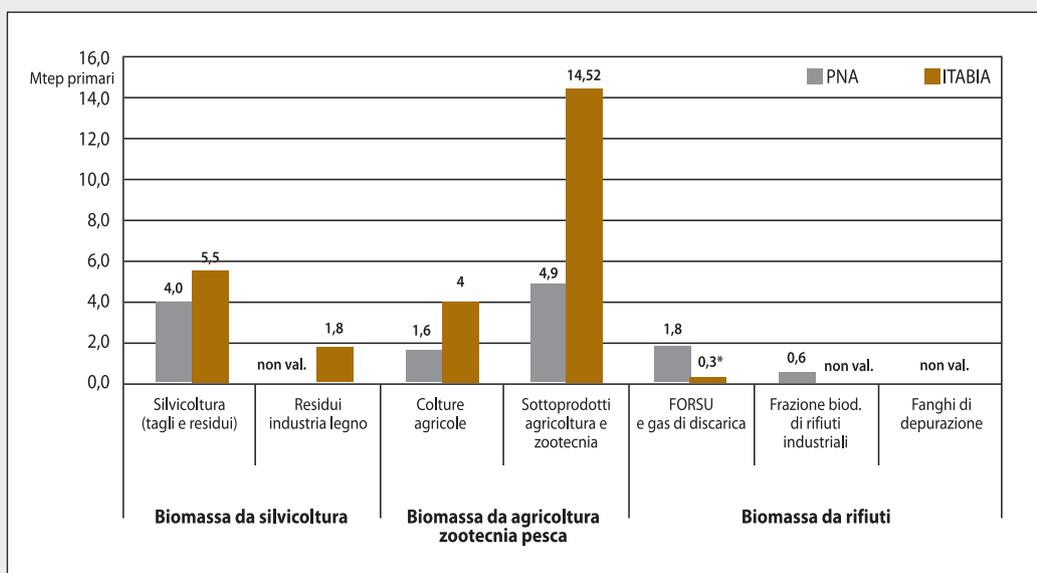


Figura 2
Approvvigionamento di energia primaria da biomasse in Italia al 2020, confronto fra PNA 2010 e Itabia 2009 (Mtep di energia primaria)

Fonte: elaborazione Amici della Terra da PNA 2010 (tabella 7) e Itabia 2009, I traguardi della bioenergia in Italia. Rapporto 2008

bia e la FIRE pari a circa 3 Mtep), non contabilizzato nel dato 2008 del PAN (1,2 Mtep). Ancora più preoccupante, anche sotto il profilo ambientale, è il fatto che il PAN trascuri il potenziale di utilizzo termico di biomasse di qualsiasi genere (solide, liquide o gassose, provenienti dalle diverse filiere sopracitate) secondo modalità avanzate di produzione e gestione nella fornitura del calore (teleriscaldamento). L'obiettivo per il teleriscaldamento per tutte le energie rinnovabili è limitato a 0,9 Mtep (appena il 10% dell'obiettivo per il settore termico), un numero non divisibile e che insinua dubbi sul processo di valutazione del potenziale nel settore termico: invece di puntare su un approccio organizzato, volto a promuovere l'innovazione tecnologica ottimizzando lo sfruttamento delle risorse rinnovabili di vario genere presenti nel territorio (energia aerotermica, idrotermica, geotermica, residui di biomasse offerti dalle varie filiere, solare termico, e andrebbero assimilati anche i cascami di calore dei processi industriali e di refrigerazione), il Piano punta sull'emersione dal sommerso dell'utilizzo privato della legna da ardere. Appare evidente che questa "furbizia" non è il modo più utile per assolvere alla funzione del PAN, che è quella di stimolare gli Stati a ottimizzare le opportunità economiche, sociali e ambientali della direttiva.

Efficienza economica nella fissazione obiettivi

Nel corso del 2009 l'AEEG ha più volte espresso preoccupazione per l'incidenza prevista nelle bollette dei sistemi di incentivazione delle rinnovabili nel settore elettrico (gli oneri hanno superato i 2,5 miliardi di euro nel 2009 ed sono previsti crescere fino a 6,5 miliardi nel 2020, nonostante l'ipotesi dell'AEEG di un graduale dimezzamento degli incentivi per kWh).

Alla luce degli ambiziosi obiettivi della direttiva 28/2009, ciò che preoccupa sono sia gli effetti territoriali indesiderati, anche dovuti ad un eccesso di

incentivazione, che il rapporto fra i sacrifici economici richiesti ai consumatori e i risultati produttivi ottenuti e ottenibili. Dato che la direttiva "apre" al potenziale di rinnovabili a minor costo esistente nel comparto termico, l'ottimizzazione del rapporto costi/benefici delle misure di promozione finanziaria diventa cruciale per contenere al minimo l'elevata crescita prevista degli oneri di incentivazione. Nell'attuale crisi economica questa preoccupazione diventa una vera e propria emergenza sociale. Se si considerano anche gli ulteriori meccanismi di incentivazione non analizzati dall'AEEG, come i certificati bianchi e le detrazioni fiscali al 55%, in vario modo fruibili anche da molte rinnovabili termiche (sia i certificati bianchi che le detrazioni nascono per interventi di efficienza e risparmio energetico), constatiamo che in Italia è sinora mancata una valutazione complessiva degli oneri di incentivazione estesa a tutte le tecnologie a fonti rinnovabili. Dal PNA ci si attendeva una risposta in questo senso soprattutto per quanto riguarda le basi economiche, ovvero una valutazione dei costi delle tecnologie che, insieme alle valutazioni di diffusione, di opportunità industriale e di compatibilità ambientale, sono il presupposto per l'individuazione degli obiettivi al 2020 e la previsione dei più opportuni meccanismi incentivanti (puntando innanzitutto sul miglioramento dei meccanismi vigenti). Eppure non c'è un dato di costo, nemmeno una tabella riepilogativa delle forchette dei costi unitari per tecnologia.

Una prima valutazione economica in questo senso, anche se di massima, è stata fatta l'anno scorso dall'Osservatorio Energia Mario Silvestri del Politecnico di Milano, che ha stimato un rapporto di 4 a 1 nella convenienza economica benefici/costi fra uno scenario di promozione "equiparata" delle rinnovabili elettriche e termiche (3 cent/kWh di incentivo) e uno scenario di promozione delle rinnovabili elettriche, con un risparmio economico per la collettività del 74% per Mtep di energia finale.¹ In pratica, la rinuncia a

1. L'Osservatorio del Politecnico ha posto a confronto uno scenario di sola incentivazione delle rinnovabili elettriche (oneri di incentivazione cumulati pari a 141 miliardi di euro per ottenere nel 2020 i 54,3 TWh addizionali rispetto ai 49,9 TWh del 2005, per arrivare ai 104,2 TWh nel 2020 ipotizzati dal *Position Paper* del 2007) con uno scenario alternativo di sviluppo delle rinnovabili, che punta sulle tecnologie per il settore termico e sulle biomasse in particolare, applicando un criterio di merito "costo/efficacia" nell'allocazione degli incentivi. Nello scenario alternativo, che prevede un ridimensionamento degli incentivi per le rinnovabili elettriche e l'applicazione di un meccanismo del tipo "conto energia" alle rinnovabili termiche, gli oneri di incentivazione sono inferiori, pari a 120 miliardi di euro, per ottenere tuttavia una produzione aggiuntiva di energia finale notevolmente superiore, pari a 15,2 Mtep (di cui 26,1 TWh cioè 2,2 Mtep elettrici e 13,0 Mtep termici).

28,2 TWh sul potenziale massimo al 2020 (2,4 Mtep) mediante una rimodulazione degli incentivi in questo settore libererebbe risorse economiche capaci di realizzare perlomeno 9 Mtep aggiuntivi di rinnovabili termiche.

Se guardiamo a questo punto alla ripartizione degli obiettivi fra settore elettrico e termico fornita dal PAN (tabella 1), è evidente che non è stato applicato un criterio di beneficio/costo complessivo nella promozione delle singole tecnologie: l'obiettivo del PAN per il settore elettrico (106 TWh nel 2020) è molto elevato, addirittura superiore al potenziale massimo teorico del *Position Paper* del 2020 (104 TWh), mentre l'obiettivo per il settore termico è limitato a 9 Mtep, inferiore al potenziale del *Position Paper* (11,4 Mtep) e di circa il 50% inferiore rispetto al potenziale di 18 Mtep (figura 3), così come da noi stimato in base alle valutazioni settoriali degli operatori intervenuti al convegno del 14 aprile 2010 "Non solo elettricità. Opportunità e prospettive delle rinnovabili termiche." Si noti che la figura 3 include anche la stima dell'obiettivo raggiungibile nel settore elettrico in un'ipotesi di graduale abbassamento degli incentivi (86 TWh al 2020), effettuata dall'ENEA nel rapporto per Confindustria del marzo 2010.

Valutazioni di opportunità industriale

L'attuale sviluppo delle rinnovabili è guidato da obiettivi di domanda, ma quel che manca – oltre ad un sistema di incentivazione ben congegnato – sono le politiche di offerta, le politiche industriali che dovrebbero dare sostanza alle opportunità industriali determinate dagli obiettivi. Un' enfasi esclusiva sul rispetto dell'obiettivo nazionale rischia di impostare le politiche come atto burocratico dovuto e non come opportunità per le nostre imprese di concentrare le capacità e di trovare le economie di scala necessarie per esportare all'estero. È sui mercati esteri che si giocano le opportunità della politica europea del prossimo decennio. Le poche risorse che possiamo mettere a disposizione dovrebbero essere utilizzate per sostenere la ricerca e lo sviluppo, realizzare progetti dimostrativi pilota, sviluppare le società che offrono servizi energetici avanzati (ESCO) e che possono svolgere il ruolo di interfaccia fra utenti e offerta industriale, aiutando le imprese a far conoscere e valorizzare le loro soluzioni. C'è bisogno di una politica industriale forte, che non può essere delegata alle Regioni. Alle Regioni spettano le

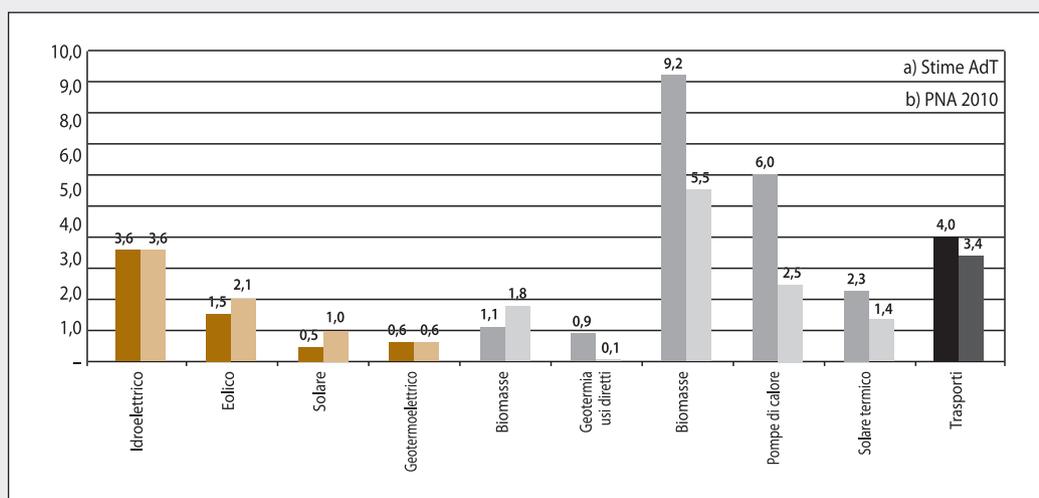


Figura 3

Confronto fra gli obiettivi del PAN al 2020 e le valutazioni di potenziale raccolte da Amici della Terra (Mtep finali)

Fonte: aggregazione Amici della Terra in base a valutazioni ENEA 2010 (settore elettricità), Itabia (bioenergie) e *Position Paper* 2007 (biomasse combustibili per riscaldamento), CoAer (pompe di calore), Assolterm e Assotermica (solare termico)

competenze su energia e territorio, ma lo Stato non può rinunciare alla politica industriale.

Le prospettive ci sono, lo testimonia la vasta presenza di imprese italiane, o estere con stabilimenti in Italia, fra le associazioni di categoria che sono intervenute al convegno del 14 aprile. Anche alla luce di quanto esposto in sede di valutazione del potenziale delle rinnovabili termiche, è intuitivo – anche se ancora non quantificato – il potenziale occupazionale offerto dalle diverse filiere di recupero e riutilizzo delle biomasse residuali (agroindustria/alimentare, industria del legno, zootecnia), dalla silvicoltura e agricoltura intese come coltivazioni dedicate, dalle filiere di produzione/installazione/servizi associati alle rinnovabili per gli edifici (pompe di calore a ciclo annuale, solare termico isolato o integrato con le altre tecnologie ad alta efficienza energetica), dalla filiera degli impianti/servizi nel settore geotermico. Ma quel che stupisce è che tutte le analisi condotte negli ultimi anni, ivi incluse quelle di fonte sindacale, continuano a valutare solo ed esclusivamente il potenziale occupazionale nel settore elettrico (vedi la recente rassegna condotta dall'Osservatorio Energia e Innovazione dell'Ires-Cgil), ignorando il settore termico delle rinnovabili e soprattutto le prospettive di diversificazione e integrazione con le tecnologie ad alta efficienza energetica, già ampiamente offerte dagli stabilimenti della nostra industria. Scopo dell'iniziativa del 14 aprile è stato anche quello di cominciare ad unire le voci sinora isolate e disperse dei settori industriali interessati, talvolta inutilmente concorrenziali fra di loro, per iniziare a far circolare dati capaci di rappresentare la dimensione del comparto, per stimolare valutazioni di opportunità più attendibili, per realizzare misure di sostegno più idonee e, soprattutto, per ottenere un ascolto e un riscontro da parte della politica degno delle credenziali offerte dal settore.

Valutazioni ambientali e di sviluppo sostenibile

Nel PNA non ci sono tracce di quell'emergenza paesaggistica e ambientale che si sta verificando per uno sviluppo incontrollato degli impianti e delle filiere a rinnovabili nel nostro Paese.

Eppure i numeri dovrebbero parlare da soli:

- l'obiettivo del PNA nel settore elettrico è di realizzare impianti per ulteriori 27.000 MW rispetto al 2005 (di cui 13.500 di eolico terrestre);

- i procedimenti autorizzativi in corso (richieste di connessione alla rete di Terna) ammontano a 117.000 MW, di cui 88.000 eolici e 18.000 fotovoltaici.

Gli strumenti vigenti di selezione della qualità dei progetti appaiono del tutto insufficienti. La mancata emanazione delle linee guida nazionali per il procedimento autorizzativo unico, unitamente agli elevati livelli di incentivazione e alla evidente sottovalutazione del problema anche a livello regionale, stanno determinando un mercato delle autorizzazioni di dimensioni incompatibili con l'importanza dei valori paesaggistici e culturali del nostro territorio.

Il PNA deve essere sottoposto a valutazione strategica ambientale, come previsto dalla legislazione vigente sulla valutazione ambientale strategica di piani e programmi. In aggiunta ai criteri di sostenibilità e di CO₂ evitata previsti dalla direttiva per i biocarburanti e biocombustibili liquidi, la valutazione strategica dovrebbe essere indirizzata prioritariamente su due aspetti:

- Verifica di compatibilità territoriale e paesaggistica e misure di prevenzione: minimizzazione degli effetti paesaggistici in base a indici verificabili (ad es. aree di intervisibilità, indici di densità fruitiva dell'area di intervisibilità ecc.), incentivi economici per i diversi tipi di impianti differenziati in base a indicatori d'impatto, indirizzi di idoneità localizzativa ecc.
- Misure per il contenimento delle emissioni inquinanti da combustione delle biomasse in camini, stufe o caldaie obsolete (programmi di sostituzione dei dispositivi obsoleti, promozione del teleriscaldamento per le utenze urbane).

A nostro parere i criteri di minimizzazione dell'uso del territorio e degli effetti paesaggistici costituiscono non ennesimi vincoli ambientali ma fattori di vantaggio competitivo per lo sviluppo della nostra industria delle rinnovabili. Ecco alcuni esempi:

- il valore storico-architettonico delle nostre città può e deve farci diventare campioni nell'integrazione del fotovoltaico e del solare termico negli edifici, sviluppando soluzioni di qualità da esportare all'estero (di converso, il fotovoltaico di potenza ad alto consumo di territorio possiamo anche lasciarlo ai nostri *competitors*);
- il valore paesaggistico di ampie porzioni del nostro territorio dovrebbe farci diventare campioni nei servizi di analisi e valutazione a supporto della progettazione, a partire dai software per

la simulazione dell'inserimento paesaggistico degli impianti nel territorio. La constatazione che questo mercato oggi valga poco sotto il profilo economico è proprio dovuta al fatto che questo tipo di valutazione è in Italia poco richiesto, quando invece dovrebbe costituire una buona fetta dell'investimento;

- la fascia climatica dell'Italia, con temperature non eccessivamente rigide d'inverno, offre grandi opportunità alle pompe di calore, soprattutto quelle aerotermiche, che alle nostre latitudini risentono meno del differenziale di temperatura fra sorgente fredda e pozzo caldo, e che non richiedono interventi di captazione della risorsa rinnovabile, che rischiano di essere invasivi o dispendiosi sotto il profilo energetico.

Conclusioni

Una riforma dei meccanismi di sostegno è imprescindibile, ma il Piano è titubante; invece di fornire chiari indirizzi per una riforma il più possibile armonica con gli strumenti vigenti, propone "possibili interventi". Eppure alcuni indirizzi generali potrebbero essere formulati (cfr. riquadro recante le proposte di Amici della Terra). Un'attenta considerazione degli aspetti economici, ivi inclusi quelli riguardanti i costi esterni ambientali, è fondamentale per individuare obiettivi raggiungibili e capaci di massimizzare le opportunità per l'intero

Paese, così come per impostare correttamente le forme di incentivazione, stimolando congiuntamente lo sviluppo tecnologico e la prevenzione degli effetti ambientali e territoriali indesiderati. Un'attenta valutazione dei costi è innanzitutto necessaria per individuare le applicazioni tecnologiche con bassi costi d'investimento, la cui diffusione richiede strumenti di supporto diversi dagli incentivi economici; in altri casi potrebbero essere sufficienti strumenti di tipo finanziario per abbattere i costi d'investimento iniziali e per assicurare la bancabilità dei progetti; ci sono poi tecnologie che, seppur promettenti, sono attualmente lontane dal raggiungimento della competitività economica, per le quali bisogna studiare adeguate forme di incentivazione economica nei limiti di bilancio fissati. L'importante è che ci sia la necessaria trasparenza nelle assunzioni del processo di valutazione e che un soggetto terzo abbia la responsabilità di verificare l'adeguatezza dei diversi sistemi e gli oneri complessivi di incentivazione.

La sintesi del PNA contiene varie proposte che preannunciano la volontà di compiere alcuni passi nella direzione qui auspicata (fermi restando gli obiettivi quantitativi, che appaiono contraddittori e obsoleti rispetto a molti indirizzi del piano stesso), ma auspichiamo che essi siano realizzati con la necessaria consapevolezza di tutte le poste in gioco e con una capacità di governo adeguata per i 60-100 miliardi di investimento sulle rinnovabili stimati nel prossimo decennio.

Proposte degli Amici della Terra per i meccanismi di incentivazione

- Il Piano deve essere accompagnato da un programma al 2020 di sostegno alla Ricerca, Sviluppo e Dimostrazione, mirato ad ottimizzare i ritorni industriali e occupazionali dei meccanismi di incentivazione.
- I meccanismi di incentivazione per le rinnovabili devono essere basati su una valutazione economica attendibile dei costi livellati del kWh, elettrico e/o termico, e dei costi ambientali evitati rispetto alle fonti convenzionali (valutazione dei costi interni ed esterni delle tecnologie).
- Non è necessario un unico sistema di incentivazione delle rinnovabili. L'importante è che esso sia basato su criteri comuni di valutazione economica e ambientale, in maniera tale da renderlo il più possibile trasparente.
- Il sistema di incentivazione deve avere un orizzonte a lungo termine (2020), per assicurare certezza agli investimenti di processo in Italia. Gli schemi di incentivazione a breve termine favoriscono solo le importazioni e lo svuotamento dei magazzini.
- Il sistema di incentivazione deve favorire la contabilizzazione dell'energia termica e la produttività delle tecnologie.
- Il sistema di incentivazione deve essere accompagnato da un meccanismo istituzionale di valutazione e verifica degli oneri per la collettività

Valutazione del costo di investimento del termovalorizzatore di Acerra

Ermanno Barni
Pasquale De Stefanis
Vito Iaboni

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

Come richiesto dal Decreto Legge 30 dicembre 2009 n. 195, l'ENEA ha determinato il valore economico dell'impianto di termovalorizzazione di rifiuti di Acerra. L'applicazione della metodologia sviluppata da ENEA, a fronte del valore del carico termico di 340 MW dell'impianto, ha portato a definire un valore di 355 milioni di euro per il costo di investimento

Assessing the Investment Costs of the Acerra Thermal Waste Treatment Plant

In compliance with Legislative Decree no. 195 of 30th December 2009, ENEA defined the economic value of the Acerra thermal waste treatment plant. In view of the plant's 340MW thermal load, the application of the ENEA methodology has led to estimate a total investment cost of € 355M

Il Decreto Legge 30 dicembre 2009 n. 195^[1] ha affidato all'ENEA la determinazione del valore dell'impianto di termovalorizzazione rifiuti di Acerra.

In particolare il decreto in questione prescrive testualmente (articolo 6) che sia "riconosciuto al soggetto già concessionario del servizio di smaltimento dei rifiuti – proprietario dell'impianto, un importo onnicomprensivo da determinarsi sulla base dei criteri stabiliti dallo studio ENEA 2007 'Aspetti economici del recupero energetico da rifiuti urbani', con riferimento al parametro operativo del carico termico di progetto dell'impianto". L'attività è consistita inizialmente nell'analisi delle condizioni e dei parametri di progetto dell'impianto di Acerra, al fine di una verifica di congruenza con le informazioni e i dati utilizzati nella messa a punto della metodologia impiegata nel corso dello studio che ha portato alla pubblicazione nel 2007 del rapporto ENEA "Aspetti economici del recupero energetico da rifiuti urbani"^[2]. Ai fini di una adeguata applicazione dei criteri impiegati a suo tempo si è resa necessaria una verifica ed integrazione dei dati elaborati con altri resisi nel frattempo disponibili, in modo da pervenire ad un accettabile grado di attendibilità per l'estrapolazione dei risultati, con particolare riguardo al parametro del carico termico.

Va evidenziato come lo studio ENEA del 2007 fosse di natura prettamente tecnico-scientifica, mirante all'individuazione degli elementi economici più significativi associati all'impiantistica di recupero energetico, anche se utilizzabile per stime attendibili sulla base dei quantitativi di rifiuti da trattare in fase di studio di fattibilità, oppure per valutazioni generali ex-post.

Descrizione dell'impianto di Acerra

L'impianto di Acerra costituisce, nei suoi caratteri generali, una compiuta espressione realizzativa dei moderni, elevati, standard europei in tema di valorizzazione energetica dei rifiuti urbani, con particolare riguardo alla struttura ed alla articolazione delle sue sezioni che consentono di coniugare elevate prestazioni energetiche con livelli emissivi molto ridotti.

L'impianto è costituito da tre linee indipendenti di termovalorizzazione di eguale capacità, operanti in parallelo, da un'unica sezione di produzione energia elettrica e da sistemi e componenti ausiliari comuni alle 3 linee (figura 1).

In linea generale la sua configurazione rispecchia quella comunemente adottata a livello nazionale che prevede, nel caso degli impianti di grossa taglia, la realizzazione di più linee di combustione

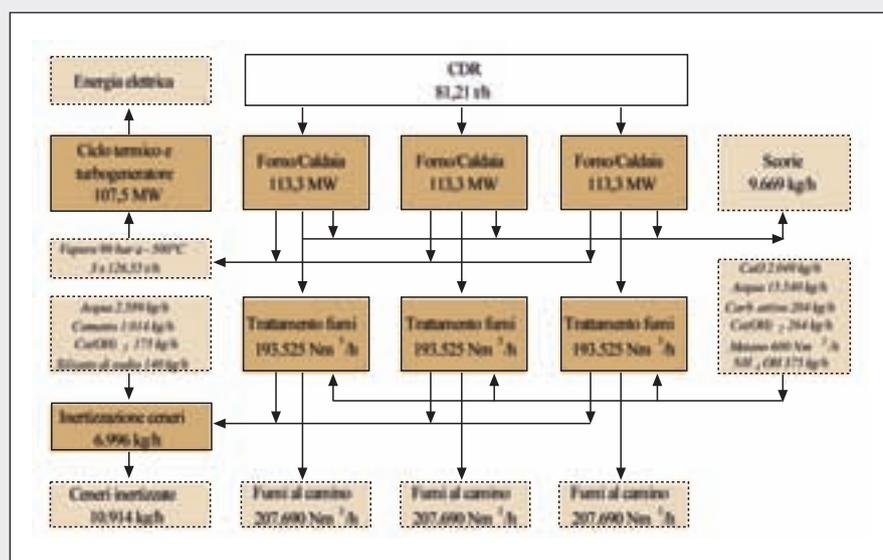
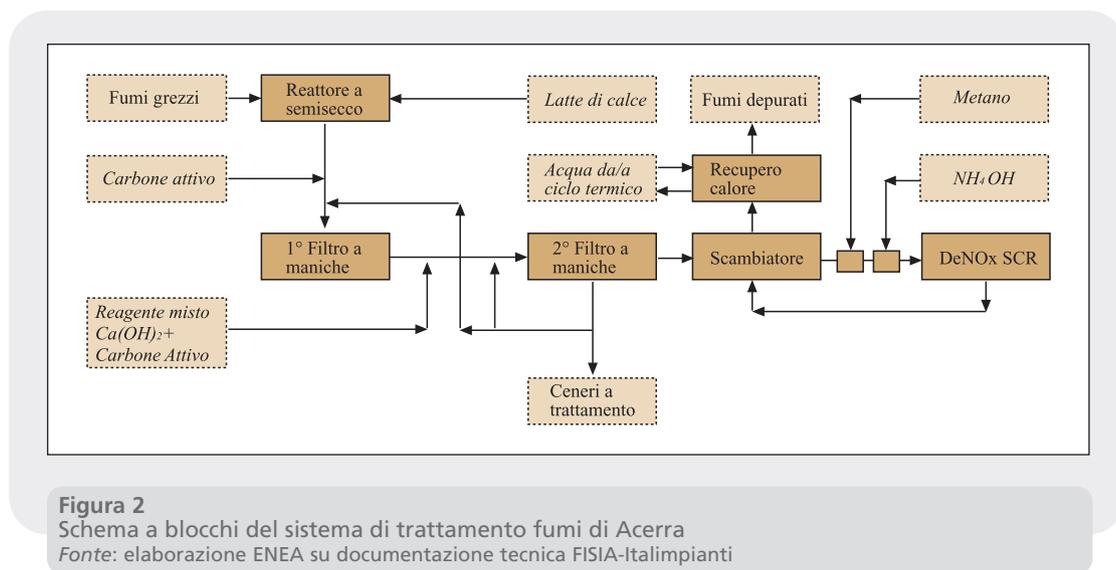


Figura 1
Schema a blocchi
quantificato dell'impianto
di Acerra
Fonte: elaborazione ENEA su
documentazione tecnica
FISIA-Italimpianti



operanti in parallelo, ciascuna dotata di una propria unità di recupero energetico tramite la produzione di vapore e di un sistema di trattamento dei fumi. Il vapore prodotto dalle tre linee confluisce ad un unico ciclo termico costituito da una turbina a vapore accoppiata ad un generatore di energia elettrica.

Per quanto riguarda la configurazione, l'impianto fa ricorso a schemi consolidati, che rispondono ai requisiti di carattere non solo ambientale ma anche tecnico-economico individuati, sia a livello nazionale che europeo, come le "migliori tecniche disponibili", meglio conosciute con l'acronimo inglese di BAT (*Best Available Techniques*). In particolare la sezione di combustione è costituita da un forno a griglia mobile integrato con il generatore di vapore, che risulta la tecnologia di più ampia diffusione a livello mondiale, in grado di offrire le migliori garanzie globali in termini di affidabilità, efficacia e sicurezza.

Anche il sistema di trattamento dei fumi si presenta piuttosto articolato (figura 2), in linea con la tendenza che si va riscontrando a livello nazionale che prevede l'impiego di sistemi di depurazione multistadio per la rimozione delle polveri e dei gas acidi che non danno luogo alla produzione di effluenti liquidi da sottoporre a successivo trattamento. È inoltre presente un'unità finale di riduzione selettiva degli ossidi di azoto ("DeNO_x") di tipo catalitico (SCR), in grado di svolgere anche

un'azione di *polishing* finale nei confronti dei microinquinanti organici clorurati (le cosiddette "diossine").

L'impianto è stato progettato per il trattamento di un combustibile derivato da rifiuti (CDR), rispondente alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti dal DM 5 febbraio 1998 e s.m.i., ma, dal punto di vista tecnico, è in grado di trattare rifiuti urbani che hanno subito trattamenti più blandi (la cosiddetta "frazione secca" o "secco" o, facendo ricorso ad un neologismo più recente, il "tritovagliato") e che pertanto possono non rispondere alle caratteristiche richieste per il CDR, in accordo alle deroghe normative intervenute successivamente e a quanto prescritto dall'autorizzazione integrata ambientale (AIA).

Le principali caratteristiche dell'impianto possono essere così riassunte:

- la capacità di trattamento complessiva dell'impianto di progetto è pari a 1.950 t/g di CDR, con un potere calorifico inferiore (PCI) pari a 15.070 kJ/kg, corrispondente ad un carico termico di 340 MW;
- in tali condizioni il turbogeneratore è in grado di erogare una potenza elettrica lorda pari a 107,5 MW, corrispondente ad un rendimento elettrico lordo pari al 31,6%;
- le suddette prestazioni energetiche (di molto superiori a quelle di norma riscontrabili sia a livello nazionale che europeo) sono rese possi-

bili grazie all'adozione di condizioni operative per il vapore (pressione 90 bar, temperatura 500 °C) che trovano pochi riscontri simili;

- l'impianto deve inoltre essere in grado di rispettare valori limite di emissione, prescritti dall'AIA, che risultano di gran lunga inferiori a quelli previsti dalla normativa nazionale che regola gli impianti di incenerimento (DLgs 133/2005).

Una considerazione specifica merita la taglia dell'impianto, la cui esatta definizione è correttamente individuata dal parametro "carico termico", definito come prodotto della portata oraria dei rifiuti trattati per il loro PCI. Ciò in considerazione del fatto che, soprattutto nella realtà nazionale, gli impianti di recupero energetico sono in grado di trattare rifiuti di origine urbana e non, sottoposti o meno a pre-trattamenti più o meno complessi (es.: rifiuti urbani indifferenziati, frazione secca, CDR, rifiuti sanitari ecc.), anche in combinazione fra di loro.

Alla luce di quanto sopra esposto e in considerazione del carico termico di progetto pari a 340 MW, si può senza dubbio affermare che l'impianto di Acerra è il più grande a livello nazionale e, in base ad una breve indagine eseguita, si colloca al terzo posto in Europa rispetto al parametro preso come riferimento.

Occorre rilevare che gli impianti di grossa taglia, soprattutto a livello europeo, sono spesso frutto di successive ristrutturazioni e/o ampliamenti; la loro taglia complessiva, sia in termini di carico termico che di capacità di trattamento ponderale, consegue dalla presenza di un numero maggiore (fino a 7) di linee di termovalorizzazione che, a loro volta, inviano il vapore prodotto dal recupero energetico a 2 o più unità di produzione di energia elettrica, in ciascuna delle quali è presente un gruppo turbina a vapore/generatore. Sempre secondo l'indagine svolta non si è avuto riscontro di turbine di potenza simile a quella dell'impianto di Acerra, che supera di gran lunga anche quella installata presso l'impianto di Brescia (di potenza pari a circa 85 MW).

Quanto sopra a conferma del fatto che ai fini della determinazione del valore relativo al costo

di investimento dell'impianto di Acerra è necessario ricorrere ad una estrapolazione risultante dall'elaborazione di dati relativi ad impianti di taglia inferiore.

La metodologia di valutazione

Nel corso del 2006 l'ENEA ha effettuato un'indagine finalizzata alla raccolta di dati relativi alla realizzazione e all'esercizio di impianti di valorizzazione energetica di rifiuti urbani, riguardanti numerose realizzazioni impiantistiche, relative sia alla realtà nazionale che a quella europea. Ciò al fine di disporre degli elementi necessari per una valutazione di massima degli aspetti economici (costi di investimento, costi e ricavi di gestione) di tale modalità di trattamento all'interno di un ciclo integrato di gestione dei rifiuti urbani.

Va evidenziato come la definizione degli aspetti economici relativi al recupero energetico risulti influenzata da diversi fattori (tipologia dei rifiuti trattati, taglia e configurazione dell'impianto, modalità ed entità del recupero energetico, presenza o meno di incentivi economici, disponibilità dell'impianto¹ ecc.), fortemente variabili in funzione della specifica realtà nella quale l'impianto è o dovrà essere realizzato.

In merito alla stima dei costi di investimento, intesi come oggetto di una fornitura "chiavi in mano", occorre rilevare che essi risultano dalla sommatoria delle seguenti voci:

- costi diretti, relativi all'acquisto dell'area e alla sistemazione del sito, alla realizzazione delle opere civili, elettromeccaniche, infrastrutturali, dei componenti ausiliari, alla dotazione iniziale delle parti di ricambio ecc.;
- costi indiretti, relativi alla progettazione, all'ottenimento delle autorizzazioni, alla supervisione ed alle spese generali durante la costruzione, agli imprevisti, all'addestramento del personale, alle prove ed avviamento dell'impianto, alla revisione dei prezzi, agli oneri finanziari durante la costruzione ecc.

In particolare per la valutazione dei costi di investimento erano stati elaborati i dati riguardanti 69 impianti di recupero energetico da rifiuti,

1. La disponibilità dell'impianto è data dalle ore annue di funzionamento.

corrispondenti ad una capacità di trattamento complessiva su base giornaliera di circa 41.000 tonnellate (pari a circa 13 milioni di tonnellate su base annua).

L'utilizzo di tali dati aveva richiesto operazioni di bonifica, disaggregazione, riaggregazione ed uniformazione, in modo da pervenire alla definizione di una base dati quanto più omogenea e attendibile, aggiornata ad uno specifico riferimento temporale (dicembre 2005). La loro successiva elaborazione aveva permesso di ottenere, attraverso l'impiego del metodo dei minimi quadrati, delle curve di regressione che meglio interpolavano i valori disponibili, sia in termini di costi complessivi che unitari.

È da rilevare, in considerazione della finalità del compito assegnato all'ENEA, che oltre il 70% dei dati di costo elaborati erano relativi ad impianti aventi un carico termico inferiore a 100 MW e solo 2 impianti superavano i 200 MW, con un limite superiore costituito da un valore pari a circa 280 MW.

L'inquadramento metodologico

Gli adempimenti consequenziali all'articolo 6 del DL 195/2009, nonostante l'estrema chiarezza della sua formulazione, implicano una serie di aspetti metodologici, riconducibili essenzialmente a due tipologie di problemi: la finalizzazione dell'attività richiesta all'ENEA, di natura diversa da quella caratterizzante lo studio a suo tempo effettuato, ed il posizionamento "fuori scala" dell'impianto di Acerra, in quanto di taglia notevolmente superiore, in termini di carico termico, rispetto ad altre realizzazioni "ex-novo" occorse negli ultimi anni, sia a livello nazionale che europeo.

Con riferimento al primo aspetto, è intuibile come la curva di regressione risultante dall'applicazione del metodo dei minimi quadrati, impiegato per l'elaborazione di un complesso di dati costituiti dall'accoppiamento dei due parametri costo di investimento/carico termico, rappresenti uno strumento di grande utilità, non solo a livello tecnico-scientifico. Esso può risultare di aiuto, ad esempio, nello svolgimento di considerazioni relative alle economie di scala realizzabili al crescere della potenzialità degli impianti o per stime preliminari di costo nell'ambito della pianificazione

territoriale o dello sviluppo di progetti industriali. Tuttavia, rispetto ad un'opera specifica della quale sia determinato il valore di uno dei due parametri, dell'altro si viene a disporre solo di una indicazione, potendo il suo valore variare entro limiti relativamente ampi in relazione ad un gran numero di fattori, sia di tipo ingegneristico (articolazione strutturale dell'impianto, tipologia dei rifiuti alimentati, prestazioni energetico-ambientali ecc.), sia connessi al contesto generale nel quale si sviluppa l'opera stessa.

Del pari intuibile è come la determinazione del costo di investimento di un impianto di termovalorizzazione sulla base del suo carico termico risulti tanto più precisa e attendibile quanto più simili ad esso siano gli impianti i cui dati concorrono alla definizione della curva di regressione. Nonostante il numero dei termovalorizzatori sia oggi sufficientemente elevato da prestarsi in generale ad elaborazioni statistiche, non altrettanto può dirsi laddove si abbia l'esigenza di limitare lo studio ad opere che si presentino similari sotto tutti i punti di vista. Va inoltre considerato che gli aspetti economici relativi ai termovalorizzatori, al pari di molte altre tipologie di impianti industriali, non sono di norma facilmente accessibili e che, quindi, vengono ad essere necessariamente utilizzati dati da un lato non sempre provenienti da fonti ufficiali e formalmente validati e, dall'altro, sovente riconducibili a stime preliminari, piuttosto che ai costi di investimento a livello di piano industriale o a consuntivo.

Con riferimento al secondo aspetto va chiarito come l'accennato permanere "fuori scala" dell'impianto di Acerra sia connesso al fatto che, nell'evoluzione di questo tipo di impiantistica in ambito nazionale ed europeo, le taglie molto elevate risultano di norma associate ad opere frutto di ampliamenti e realizzazioni succedutesi nel tempo. Quando una realtà impiantistica origina da una successione di singoli interventi, il suo impiego in valutazioni quale quella in questione si rivela difficilmente gestibile e/o poco rappresentativo. Accade infatti tipicamente che si possa disporre del costo di investimento relativo alla parte di essa di più recente realizzazione, ma che tale dato sia da un lato associato ad un carico termico significativamente inferiore a quello dell'impianto di Acerra e, dall'altro, che tale costo non sia correttamen-

te riferibile a quello di una realizzazione ex novo, essendo influenzato quantomeno (peraltro in modo non quantificabile) dalla preesistenza in loco di sistemi ed infrastrutture.

Il fatto che il valore del costo di investimento da valutare - in assenza di opere realizzate ex novo di taglia analoga - risulti, anche ad oggi, frutto di una estrapolazione dei dati disponibili, unitamente al fatto che questi ultimi sono comunque relativamente scarsi in corrispondenza di carichi termici elevati, pone dei limiti all'accuratezza della proiezione.

Le questioni sopra accennate, unitamente ad altre di valenza diversa, hanno posto l'ENEA di fronte ad una serie di scelte metodologiche non banali, al fine di fornire un risultato coerente con la natura del compito affidatole dal DL 195/2009.

L'impostazione adottata

L'esplicito richiamo del DL 195/2009 ai criteri impiegati dallo studio ENEA per la determinazione del valore dell'impianto ha permesso di eliminare all'origine potenziali dubbi interpretativi sul significato da attribuire al termine "valore": quest'ultimo viene infatti inequivocabilmente ad essere espresso dal costo complessivo di investimento.

Sempre in relazione al richiamo di cui sopra, è ragionevole assumere che il costo oggetto di determinazione vada inteso come il costo di investimento indicativo di un impianto di termovalorizzazione caratterizzato da un carico termico pari a quello di Acerra, nella sua tipica collocazione temporale a cavallo tra il completamento della progettazione e l'inizio delle attività di realizzazione. Per l'impianto di Acerra, al di là evidentemente delle note vicissitudini di cui è stata oggetto l'impresa nel suo complesso, tale passaggio può essere collocato tra la seconda metà del 2004 (indicativamente individuata dall'inizio dei lavori, avvenuta nel mese di agosto del 2004) e la fine del 2005 (individuata dalla rescissione del contratto, occorsa in data del 15 dicembre 2005, così come previsto dal DL n. 245/2005, convertito con legge n. 21 del 27 gennaio 2006), pressoché coincidente con il riferimento temporale al quale sono stati attualizzati i costi esplicitati nel rapporto ENEA del 2007. Questo fatto rende intrinsecamente

congruente, in prima approssimazione, un'operazione di proiezione/estrapolazione sulla base dei dati utilizzati a suo tempo per lo studio.

Nell'ambito delle attività preliminari svolte in un'ottica esclusivamente orientativa, è stata in effetti ripresa la curva costo d'investimento/carico termico a suo tempo ricavata. Dall'estrapolazione della curva di regressione, tenuto conto che il costo unitario decresce al crescere della potenzialità dell'impianto, è stato possibile ricavare in corrispondenza di un carico termico pari a 340 MW, un valore del costo complessivo di investimento pari a 332 milioni di euro.

Tale valore, sulla base dei nuovi dati resisi disponibili successivamente alla pubblicazione del rapporto ENEA, è apparso significativamente sottostimato. L'origine di ciò va ricercata essenzialmente nella prevalenza, tra i vari impianti i cui dati sono stati utilizzati per lo studio del 2007, di valori relativi ad impianti di taglia media e medio-piccola, nonché di realizzazioni meno recenti che, caratterizzandosi per configurazioni relativamente più semplici, lasciano presupporre prestazioni energetico-ambientali inferiori rispetto a quelle che caratterizzano l'impianto di Acerra.

Si è quindi proceduto all'integrazione dei dati con quelli relativi ad ulteriori 8 impianti. In modo analogo a come operato a suo tempo per la definizione dei costi di investimento si è venuti a disporre in questo caso dei dati di costo relativi a 77 impianti, corrispondenti ad una capacità di trattamento complessiva su base giornaliera di circa 50.000 tonnellate (pari a circa 16 milioni di tonnellate su base annua).

Va evidenziato come tale integrazione appaia quanto mai pertinente ed utile. Si tratta, infatti, per lo più, di opere caratterizzate da una potenzialità più prossima, anche se sempre inferiore, a quella del termovalorizzatore di Acerra rispetto agli impianti sui quali è stato sviluppato lo studio del 2007, peraltro riconducibili anch'esse al periodo preso come riferimento.

I risultati conseguiti

Le modifiche ed integrazioni apportate hanno permesso di disporre di una base dati la cui elaborazione ha consentito di definire delle curve di re-

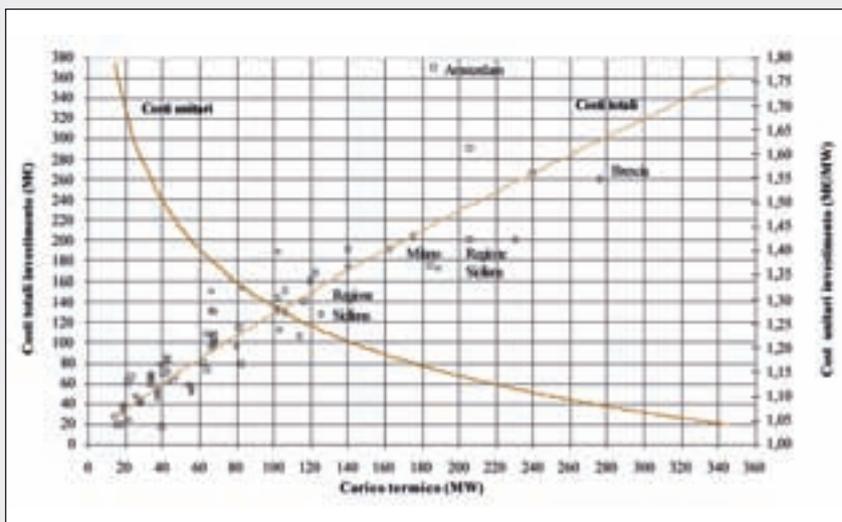


Figura 3
Costi di investimento in funzione del carico termico
Fonte: elaborazione ENEA su fonti varie [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]

gressione, rispettivamente per i costi totali e unitari, che vengono riportate nella *figura 3*.

L'extrapolazione del valore fornisce in questo caso, in corrispondenza di un valore del carico termico pari a 340 MW, un costo di investimento pari a 355 milioni di euro.

Un esame anche grossolano di ciò che viene in gergo definita la "nube" dei punti rappresentativi dei vari impianti nel diagramma costi di investimento/carico termico evidenzia la già ricordata rarefazione al crescere della potenzialità, accompagnata da una marcata tendenza alla divergenza.

A dimostrazione di quanto tali caratteristiche della base dati influiscano sull'andamento della curva e rendano quindi critica la stima, sono state effettuate due simulazioni, escludendo rispettivamente dalla base dati in un caso l'impianto di Amsterdam (considerando che questo potesse essere riguardato come un dato "anomalo" o "spurio", per i motivi più avanti specificati) e, nell'altro, gli impianti di Augusta e Agrigento² (progettati, ma non realizzati) in quanto, per molti aspetti, rap-

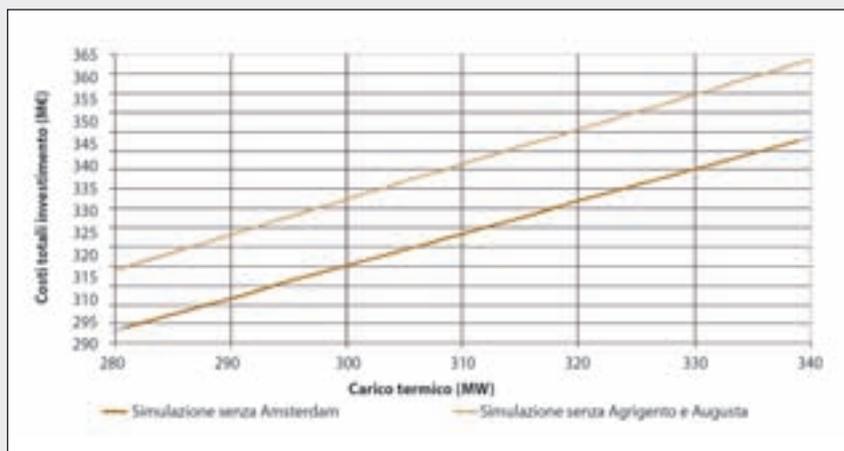
presentabili da un solo dato significativo relativo all'impianto di Palermo. I risultati ottenuti sono riportati in forma grafica nella *figura 4*.

Si può notare come le due ipotesi esaminate, seppure non rilevanti, comportino variazioni significative per la proiezione a 340 MW, che determinerebbe un costo di investimento di 344 milioni di euro nel primo caso e di 363 milioni di euro nel secondo.

Come già accennato in precedenza, la stima del costo di investimento di un impianto di termovalorizzazione sulla base del suo carico termico risulta tanto più precisa e attendibile quanto più simili ad esso sono gli impianti i cui dati vengono utilizzati per la costruzione della curva che lega i due parametri. Si è pertanto proceduto ad una serie di verifiche rispetto agli impianti di potenzialità superiore ai 150 MW, che hanno una maggiore influenza sull'andamento della curva di regressione risultante in corrispondenza della sua extrapolazione ad elevati valori del carico termico.

2. La realizzazione di tali impianti, assieme a quello di Palermo, era stata assegnata ad un raggruppamento temporaneo di imprese il cui capofila era costituito da Falck Ambiente SpA. Questi impianti, di caratteristiche uguali, vengono pressoché a corrispondere, nell'ottica della metodologia di stima adottata, ad un unico impianto che somma le capacità di tutti e tre. È peraltro presumibile che il costo dei singoli impianti possa essere tendenzialmente inferiore ad un "valore tipico", in considerazione della rilevanza e delle economie di scala associabili alla realizzazione di ben 8 linee di trattamento di capacità complessiva piuttosto elevata.

Figura 4
Influenza della composizione
della base dati sul costo di
investimento
Fonte: elaborazione ENEA su
fonti varie [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]



Tale analisi, nei limiti in cui è stato possibile condurla, ha evidenziato, riguardo alla struttura impiantistica ed al conseguente livello di prestazioni energetico-ambientali, che nessuno degli impianti in questione presenta, al di là della potenzialità, caratteristiche interamente assimilabili a quelle di Acerra.

Quest'ultimo si distingue infatti, oltre che per la sua capacità di trattamento molto elevata, per la configurazione della sezione di trattamento dei fumi piuttosto articolata, nonché per le condizioni operative del ciclo termico, che risultano superiori ai valori di norma adottati. Tuttavia, sulla base dei dati disponibili, dall'esame della *figura 3* è possibile formulare alcune considerazioni.

In particolare, tra gli impianti che si trovano al di sopra della curva, spicca il valore "anomalo" relativo all'impianto di Amsterdam, che risulta caratterizzato da un ciclo termico più articolato e da condizioni operative più gravose (pressione 130 bar, temperatura 440 °C), da un sistema di trattamento dei fumi equipollente e, per certi aspetti, più complesso (doppia filtrazione, iniezione a secco di reagente e triplo stadio di trattamento ad umido finale con recupero dei sali di neutralizzazione formati), anche se non è prevista una sezione di riduzione degli ossidi di azoto (DeNOx) di tipo catalitico, ma solo di tipo termico (SNCR). Tale impianto è inoltre inserito all'interno di un eco park che prevede l'integrazione e la sinergia del trattamento dei rifiuti urbani con

quello delle acque reflue, con la presenza di unità di digestione anaerobica e di motori endotermici nei quali viene combusto il biogas prodotto. Non essendo stato possibile scorporare i costi relativi a queste unità aggiuntive, il costo riportato risulta presumibilmente sovrastimato in relazione alle logiche della presente valutazione.

Per quanto riguarda invece gli impianti che nel campo considerato si collocano al di sotto della curva va tenuto conto che:

- i valori riportati per gli impianti di Brescia e Milano si riferiscono alla loro configurazione iniziale e non tengono conto delle modifiche ed integrazioni occorse successivamente. Per entrambi gli impianti è stata prevista, in tempi successivi, l'installazione di un sistema DeNOx di tipo SCR (per quello di Brescia tale realizzazione è tuttora in corso). Una stima grossolana dei costi aggiuntivi porterebbe il costo di investimento dei due impianti a valori molto prossimi di quelli ricavabili dalla curva di regressione. È anche da rilevare che l'impianto di Brescia è quello che, sia come carico termico (280 MW), sia come condizioni operative del vapore (pressione 75 bar, temperatura 450 °C), più si avvicina come prestazioni energetico-ambientali a quello di Acerra.
- in merito ai 4 impianti previsti nella Regione Siciliana i valori economici riportati sono relativi alla aggiudicazione degli impianti avvenuta in un periodo temporale compatibile con quello di riferimento dello studio ENEA (fine 2005). Si

tratta di valori presunti e non definitivi, in quanto la realizzazione di tali impianti non ha avuto seguito. Inoltre la configurazione impiantistica, pur in grado di rispettare i valori limite di emissione previsti dalla normativa vigente, non appare così ridondante, in particolar modo per quanto riguarda il trattamento dei fumi, che prevede un solo stadio di trattamento a secco per la rimozione dei gas acidi e un sistema di riduzione degli ossidi di azoto di tipo non catalitico (SNCR), tramite iniezione di reagente nella camera di combustione.

Va evidenziato come la presenza di un certo numero di impianti, i cui punti rappresentativi vengono a cadere sulla curva di regressione o nelle immediate adiacenze di essa, non sottenda alcun significato di "analogia strutturale" degli stessi con l'impianto di Acerra, in genere non ravvisabile oppure non confermabile dai dati attualmente in nostro possesso.

Sotto questo profilo appare in generale corretto affermare che la base dati utilizzata, anche con riferimento alle realizzazioni più moderne e di taglia più elevata, è formata da impianti tendenzialmente differenti tra di loro e che il numero di quelli assimilabili almeno in prima approssimazione ad Acerra a livello di configurazione impiantistica e di prestazioni energetico-ambientali non è sufficiente a fornire stime raffinate basate su criteri statistici. L'insieme delle analisi e delle considera-

zioni sviluppate porta a ritenere che, nel contesto nel quale si è pervenuti alla redazione del presente documento, la curva di regressione ottenuta dall'elaborazione dell'ampia base dati (77 impianti), costituisca la rappresentazione più corretta ai fini della proiezione finalizzata ad una stima attendibile del costo di investimento associato all'impianto di Acerra.

Conclusioni

L'aggiornamento dello studio ENEA del 2007, effettuato integrando i dati a suo tempo utilizzati con quelli resisi successivamente disponibili relativi ad ulteriori 8 impianti, peraltro di taglia e caratteristiche più simili a quelle del termovalorizzatore di Acerra, anche se ad esso non compiutamente assimilabili, ha permesso di ricavare una nuova curva di regressione, espressiva dell'andamento del costo di investimento degli impianti in funzione del loro carico termico.

L'estrapolazione di tale curva al valore di 340 MW porta a definire un valore di 355 milioni di euro per il relativo costo di investimento.

Tale valore, inteso come costo di investimento tipico di un moderno impianto di termovalorizzazione riferito al periodo 2005-2006, si ritiene attendibile a fronte di una serie di considerazioni relative alla congruenza della base dati disponibile, nei limiti della metodologia adottata.

Riferimenti

- [1] Decreto-Legge 30 dicembre 2009, n. 195 *Disposizioni urgenti per la cessazione dello stato di emergenza in materia di rifiuti nella regione Campania, per l'avvio della fase post emergenziale nel territorio della regione Abruzzo ed altre disposizioni urgenti relative alla Presidenza del Consiglio dei Ministri ed alla protezione civile*, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 302 del 30 dicembre 2009.
- [2] Iaboni V., De Stefanis P. (2007), *Aspetti economici del recupero energetico da rifiuti urbani* – Rapporto Tecnico ENEA RT/2007/7/ACS.
- [3] *The energy signs 47 MWth waste-to-energy plant in Germany* (2008). <http://www.theenergy.eu/en/press/releases/item/210>
- [4] *Indaver Sustainable Waste Management - Meath Waste-to - Energy Facility* (2006). <http://www.indaver.ie/meath1.htm>
- [5] *Netherlands/Construction work to start on WtE plant Delfzijl*. <http://www.waste-incineration.com/archive.php?page=57>
- [6] European commission Directorate General Regional Policy (2008), *Guide to cost-benefit analysis of investment projects – Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession* – Final Report.
- [7] Waste and Energy Company of City of Amsterdam (a cura di) (2006), *Value from Waste – Waste fired Power Plant*.
- [8] Documentazione varia da TRM SpA.
- [9] *Dublin Waste to Energy* (2007). <http://www.dublinwastetoenergy.ie>

Tecnologie per il recupero di materia e di energia dai rifiuti: il progetto TyGRe

Sergio Galvagno*
Sabrina Portofino*
Lorenzo M. Cafiero**
Maurizio Coronidi**

*ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Portici

**ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

L'ENEA ha presentato, nell'ambito del 7° Programma Quadro di Ricerca dell'Unione Europea, il progetto TyGRe che, con un costo stimato di 4,50 M€, ha ottenuto una valutazione molto positiva dagli esperti indipendenti ed è stato finanziato dalla Commissione Europea con un contributo che ammonta a 3,35 M€

Technologies for Material and Energy Recovery from Waste: The TyGRe Project

In the framework of the EU Seventh Framework Programme, ENEA has submitted the TyGRe project. With an estimated cost of € 4.50M, the project has obtained a very positive evaluation by independent experts and has been financed by the European Commission with a contribution of € 3.35M

Vi è ormai ampia condivisione sul fatto che il nostro pianeta abbia una limitata capacità di soddisfare il crescente fabbisogno di risorse e di assorbire le emissioni ed i rifiuti derivanti dal loro uso; in diversi casi l'attuale domanda supera la capacità di carico dell'ambiente. Un uso razionale delle risorse naturali e la protezione dell'ecosistema globale, uniti alla prosperità economica e ad uno sviluppo sociale equilibrato, sono una condizione necessaria per garantire lo sviluppo sostenibile. In quest'ottica la gestione dei rifiuti assume un posto di primo piano tra le problematiche ambientali di maggiore importanza, sia per la conservazione della qualità ambientale, sia per il raggiungimento degli obiettivi dello sviluppo sostenibile.

In ambito europeo le "linee guida" per una gestione sostenibile dei rifiuti, sono tracciate dalle direttive-quadro 75/442/CEE, 91/156/CEE, 2006/12/CE e, da ultimo, dalla nuova direttiva sui rifiuti 2008/98/CE. La strategia in atto persegue la riduzione del rifiuto, agendo nelle fasi di produzione, impiego, recupero e smaltimento. La priorità massima è assegnata alla prevenzione, ovvero la minimizzazione della produzione di rifiuti (e della loro pericolosità) alla fonte. Questo obiettivo viene quindi perseguito mediante l'ottimizzazione dei cicli produttivi e l'introduzione in fase di progettazione dei beni dei concetti di *designed for disassembly* (progettato per il disassemblaggio) e *designed for recycling* (progettato per il riciclaggio). Successivamente troviamo il riuso (in forma tal quale) che, quando perseguibile, rappresenta la *best practicable option* (BPO), ed il riciclo, il recupero (materia e/o energia nell'ordine) e l'ottimizzazione dello smaltimento finale (termodistruzione, discarica).

Considerato che un rifiuto deriva da un prodotto che in origine possedeva un elevato valore in

termini di energia e materiali impiegati per la produzione, i problemi relativi alla gestione dei rifiuti sono strettamente correlati alla salvaguardia delle risorse. Nel campo del recupero di materia e/o di energia (nell'ordine di priorità) le tecnologie di trattamento termico ricoprono quindi un ruolo di primaria importanza.

Al livello europeo la maggior parte delle esperienze relative alle tecniche di termotrattamento (ad eccezione dell'incenerimento) riguardano le biomasse e sono in massima parte finalizzate (in modo diretto o indiretto) al recupero energetico.

Tuttavia l'interesse per la termovalorizzazione dei rifiuti è molto alto, sia per esigenze ambientali che per opportunità economica: il numero di aziende che cerca sbocchi di mercato, con esiti spesso dubbi, proponendo processi spesso non pienamente maturi o testati è elevatissimo.

A dispetto degli sforzi profusi, la quantità di rifiuti prodotti all'interno dell'Unione Europea continua infatti ad aumentare, con conseguente perdita di risorse e aumento dei rischi di inquinamento. Attualmente nella UE la maggior opzione di smaltimento dei rifiuti urbani continua ad essere la discarica (49%), a fronte dell'incenerimento (18%) e del riciclaggio e compostaggio (33%)^[1]. La strategia di gestione proposta necessita quindi del sostegno e del rafforzamento delle tecnologie ambientali che si pongono come obiettivo strategico l'incremento del recupero di materia e di energia da rifiuti, la validazione tecnico-economica delle sinergie ottenibili dall'integrazione dei trattamenti di differenti flussi di rifiuti di origine sia urbana che industriale e, in ultima analisi, l'adeguamento dei sistemi nazionali di gestione.

In linea con queste esigenze l'ENEA è impegnata nello sviluppo delle tecnologie ambientali, settore nel quale svolge attività di ricerca e sviluppo

e contribuisce al trasferimento tecnologico a servizio del sistema paese e a sostegno dello sforzo europeo di diventare continente leader nella diffusione delle tecnologie ambientali. Le attività relative alle tematiche ambientali ed in particolare alla gestione dei rifiuti si svolgono in diversi centri di ricerca dell'Agencia: Bologna, Casaccia, Portici e Trisaia. Il coordinamento strategico è condotto dall'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali, di recente istituzione nell'Agencia.

Nell'ottica di fornire risposte tecniche e supporto tecnologico ad una corretta gestione integrata ed ecocompatibile del ciclo dei rifiuti, la ricerca sviluppata in ENEA nell'ambito del recupero di materia ha focalizzato l'attenzione sui trattamenti *end of pipe*, ed in particolare sui trattamenti termici combinati finalizzati al riutilizzo o alla trasformazione dei prodotti di processo come materie prime seconde.

Il processo per il recupero di materia e di energia da pneumatici di rifiuto

Lo smaltimento dei pneumatici a fine vita rappresenta un problema rilevante nella strategia di gestione dei rifiuti dell'Unione Europea. Si sti-

ma che ogni anno, nel mondo, siano generate più di 6 milioni di tonnellate di pneumatici usati; di questi, 2,6 milioni sono generati in Europa^[2]. Una valutazione esatta della quantità risulta difficile ma, a livello di stima, si assume che ogni anno nei paesi industrializzati venga generato un pneumatico usato per persona.

Questo enorme flusso di rifiuti definito già dal 1989 "prioritario" nella strategia di gestione dell'Unione Europea, oltre a rappresentare un enorme vettore di energia e di materia, pone seri problemi ambientali e sanitari. Infatti i pneumatici, progettati e costruiti per essere estremamente resistenti alla degradazione fisica, chimica e biologica, permangono nell'ambiente per lunghissimo tempo, occupando, se non tritati, grandi volumi di discarica e, in quanto deformabili, riducendo la portanza del terreno e limitando quindi, in ultima analisi, un possibile riutilizzo futuro dell'area.

A causa del loro buon potere calorifico (circa 34.000 kJ/kg) i pneumatici possono bruciare per lungo tempo ad elevata temperatura, emettendo sostanze inquinanti per l'atmosfera e il suolo. In molti paesi europei, ad eccezione della Germania e del Regno Unito, la discarica rimane ancora un'alternativa praticata: nonostante i tenta-



Figura 1
Pneumatici a fine vita
Fonte:
immagine tratta da Internet

tivi di riutilizzo di pneumatici a fine vita in molti modi diversi, quasi il 23% è ancora smaltito in discarica.

Tentativi di condurre operazioni di riutilizzo hanno visto fasi alterne; la ricostruzione, cioè rigenerare i vecchi pneumatici tornando a prodotti con prestazioni eccellenti, anche se costituisce la migliore chiusura del ciclo, non è molto praticata se non per i pneumatici dei mezzi pesanti (autocarri, TIR, aerei ecc.) che rappresentano una quota minore del mercato; per quanto riguarda i pneumatici da automobile, accanto ad una diffidenza del consumatore nei confronti di un prodotto di riciclo destinato a garantire sicurezza ed affidabilità, l'indirizzo di mercato è rivolto verso prodotti a basso profilo ed alte prestazioni, difficili da ricostruire.

Ovviamente esistono altre vie di recupero, come il riuso in forma tal quale o dopo lavorazione, tuttavia nel primo caso le quantità destinate sono molto piccole, e nel secondo la mancanza di un mercato definito per la gomma granulata pone seri limiti alla sostenibilità economica: esperienze di utilizzo nella manifattura delle suole delle scarpe, superfici ricreative o per barriere vibroassorbenti sono ancora in fase di diffusione. Accanto a queste opzioni, le tecnologie di termovalorizzazione (figura 2) sembrano rappresentare una incoraggiante via di recupero, sia come valorizzazione energetica che come recupero di materia^[3].

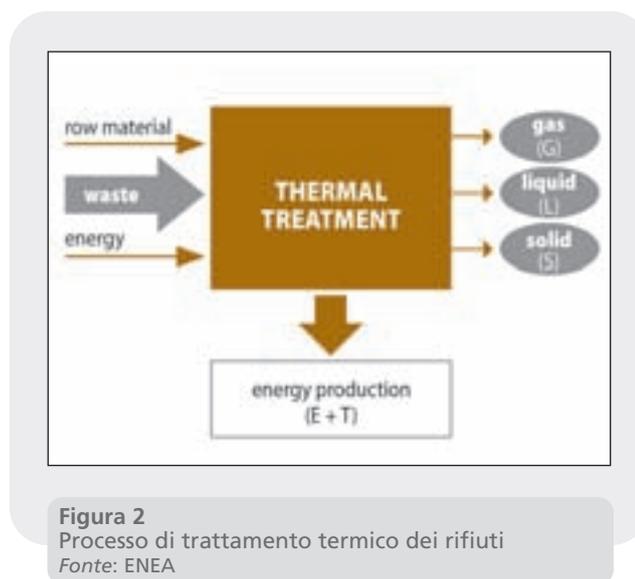
La pirolisi sembra un'applicazione dalle potenzialità di impiego elevatissime, in quanto il processo porta a frazioni gassose e liquide utilizzabili come combustibili o fonte di *chemicals*.

Tuttavia, accanto a queste incoraggianti premesse, le esperienze sin ora condotte sia in scala pilota che industriale, hanno dimostrato che, se non si individua un utilizzo commerciale del residuo di processo (*char*) diverso dallo sfruttamento come combustibile, il processo risulta antieconomico.

Sono stati fatti diversi tentativi per far fronte a questa stringente problematica; gli sforzi sono stati indirizzati verso due principali sbocchi: il riutilizzo del *char* nella preparazione di nuovi pneu-

matici (in luogo del *carbon black*) e la sua trasformazione in carbone attivo^[4].

Ad oggi le ricerche condotte hanno fornito risultati alterni e spesso poco soddisfacenti. Nel primo caso il carbone risultante dai processi di decomposizione degli elastomeri, in cui è contenuto parte dello zolfo presente per i processi di vulcanizzazione della gomma, altera in modo sostanziale le proprietà del *carbon black* origi-



nalmente presente, peggiorando l'interazione con i nuovi reagenti. Nel secondo caso il prodotto risultante dal processo di attivazione spesso è maleodorante (alto contenuto di volatili residui) per gli oli assorbiti. Il prodotto quindi non è destinato ad applicazioni di alto livello e di conseguenza ha un valore limitato; migliori risultati si possono ottenere spingendo le condizioni di attivazione (800-1.000 m²/g), ma con rese più limitate (10-20%).

Partendo da queste premesse l'ENEA ha cercato di cambiare l'approccio al problema, orientando il processo termovalorizzazione verso il recupero di materia, sfruttando l'elevato potenziale del sotto-prodotto solido (il *char*, appunto), accoppiando il termotrattamento dei pneu-

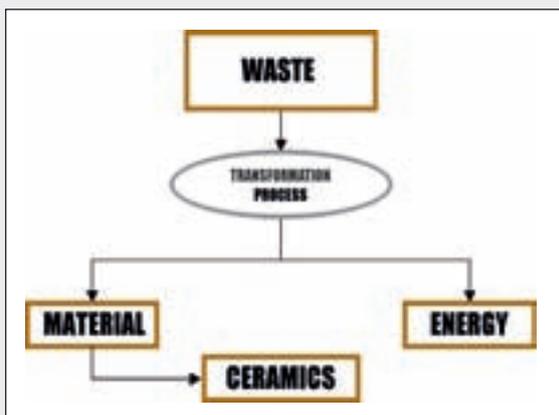


Figura 3
Processo di trasformazione dei rifiuti
Fonte: ENEA

matici con un secondo processo dedicato alla sintesi di materiali ceramici (figura 3).

Il procedimento, brevettato in Italia, è stato sperimentato con successo su biomasse e pneumatici per la produzione di carburo di silicio.

Il 'processo combinato' sviluppato è in grado di produrre, a partire dai rifiuti, da un lato un gas ricco in idrogeno e metano e dall'altro materiale ceramico.

Il processo nel suo insieme presenta un elevato

livello di sostenibilità, poiché attiene al trattamento di un flusso di rifiuti problematici (i pneumatici) e consente l'utilizzo dei sottoprodotti di processo, grazie ad un efficiente recupero dell'energia e, soprattutto, alla produzione di materiali ad alto valore aggiunto come i ceramici. L'impiego di questa classe di materiali è fortemente incoraggiato in applicazioni che prevedono ambienti di lavoro severi e richiedono resistenza alla corrosione ed ad alte temperature



Figura 4
Carburo di silicio
Fonte: immagine tratta da Internet

(superiori a 900 °C); in più, grazie alla loro alta durezza ed al modulo elastico relativamente elevato, questi materiali sono vantaggiosamente utilizzati anche come rivestimenti.

Il carburo di silicio (SiC) è il ceramico a base non-ossidica commercialmente più diffuso.

Le sue proprietà, come l'alta durezza e resistenza meccanica, l'eccellente resistenza alla corrosione/ossidazione, l'alta resistenza ad elevate temperature e l'alta conducibilità termica, lo rendono un'ottima scelta come materiale di rinforzo per compositi a matrice ceramica da impiegare al posto dei metalli. Per le sue caratteristiche il SiC vanta diversi campi di impiego: semiconduttori, supporto per catalizzatori, materiali strutturali (tubi scambiatori di calore ad alta temperatura, giranti per turbine), applicazioni astronomiche (specchi), abrasivo, sistemi frenanti (dischi, pastiglie, ganasce), cartucce filtranti (diesel), membrane per gas, elemento sensibile per pirometri, sorgenti e resistenze scaldanti, impiantistica nucleare, schermature termiche (piastrelle rivestimento *shuttle*), utensili da taglio, siderurgia ecc. A causa della vasta gamma di applicazioni (e metodi di produzione) non è facile stimare la produzione mondiale di SiC. Nel 1994 i quantitativi prodotti erano pari a 500.000 t/a; oggi il sempre crescente numero di applicazioni determina un aumento esponenziale della produzione.

Il procedimento sviluppato cerca quindi, seguendo un diverso approccio al problema, di trasformare un rifiuto in risorsa, integrando il trattamento di termovalorizzazione con la sintesi di materiali ad alto valore aggiunto.

Esistono in letteratura alcuni lavori che producono polveri ceramiche, prevalentemente carburo di silicio, partendo da legno carbonizzato allo scopo di produrre ceramici biomorfici. Altri lavori riportano l'impiego di schiume e resine come precursori. Tuttavia, in ogni caso, si tratta di preparazioni da laboratorio per l'ottenimento di prodotti per applicazioni specifiche. In nessun caso vi sono esempi di processi integrati che considerano i rifiuti come materiale di partenza.

Il progetto TyGRe

Sulla base del processo sviluppato, l'ENEA ha presentato, nell'ambito del 7° Programma Quadro di Ricerca dell'Unione Europea (*Environment Programme* – Call FP7-ENV-2008-1), il progetto TyGRe – *High added value materials from waste Tyre Gasification Residues*.

Il progetto di ricerca, che ha un costo stimato di 4,50 M€ (il contributo della Commissione Europea ammonta a 3,35 M€), ha ottenuto una valutazione molto positiva (14 punti su 15) dagli esperti indipendenti ed è stato finanziato.

TyGRe si avvale di un partenariato internazionale che, oltre all'ENEA, vanta una eccellente componente accademica (Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule Aachen – RWTH, The Scientific and Technological Research Council of Turkey Marmara Research Center Energy Institute – Tubitak MRC, Institute of Materials and Environmental Chemistry, IMEC-CRC/HAS) ed una rilevante presenza industriale, proveniente dalla PMI italiana ed europea (European Tyre Recycling Association – ETRA, CoMeTas A/S, FEBE Ecologic, Elastrade e Sicav srl).

Il progetto, iniziato il 1 settembre 2009 sotto il coordinamento dell'ENEA, con una durata di 42 mesi, prevede:

- lo sviluppo del processo di gassificazione dei rifiuti, la riduzione del *char* di pirolisi, la sintesi di polveri ceramiche ed il recupero energetico del *syngas*;
- l'applicazione del processo ai pneumatici fuori uso ed ai rifiuti di vetro, utilizzati come fonte di carbonio e di silicio per la produzione di materiali ceramici (carburo di silicio);
- la valutazione della sostenibilità del processo di recupero e di riciclaggio del prodotto;
- la realizzazione e l'esercizio sperimentale di un dimostratore.

Il materiale in ingresso al processo è la frazione di pneumatici a fine vita che ancora finisce in discarica (circa il 23%).

Lo schema a blocchi riportato in *figura 5* descrive il flusso di processo.

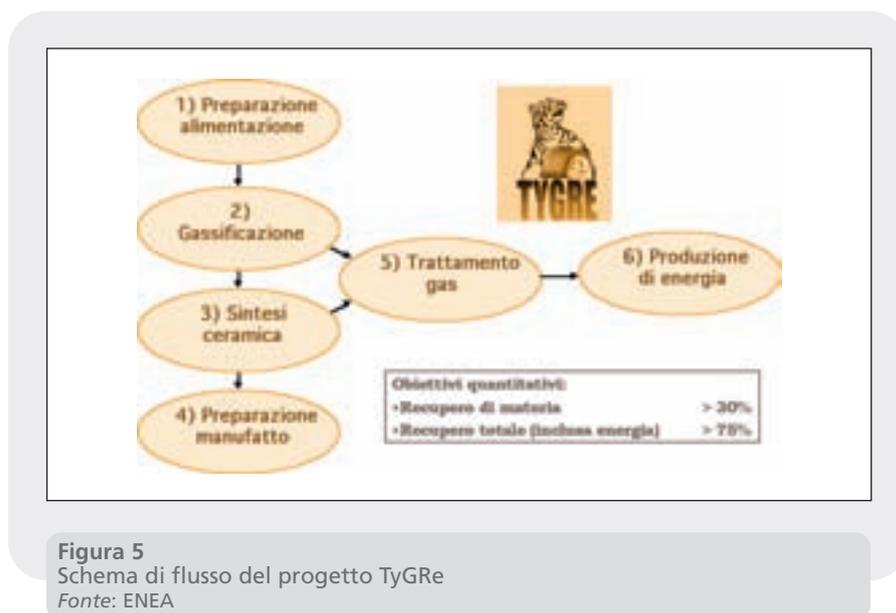


Figura 5
Schema di flusso del progetto TyGR
Fonte: ENEA

Il lavoro è stato diviso in *workpackages* (WPs) strettamente correlati e interconnessi, come riportato in *figura 6*.

La strategia complessiva del piano di lavoro si sviluppa principalmente su tre livelli:

- lo sviluppo di un processo di riciclaggio sostenibile per il trattamento dei pneumatici a fine vita, con la costruzione finale di un impianto prototipo dimostrativo;
- la valutazione della sostenibilità, in termini di analisi dell'impatto sugli aspetti ecologici, economici e sociali;
- l'analisi dei requisiti di mercato e le prospettive future di sviluppo in vista di potenziali interessi commerciali e diffusione dei risultati.

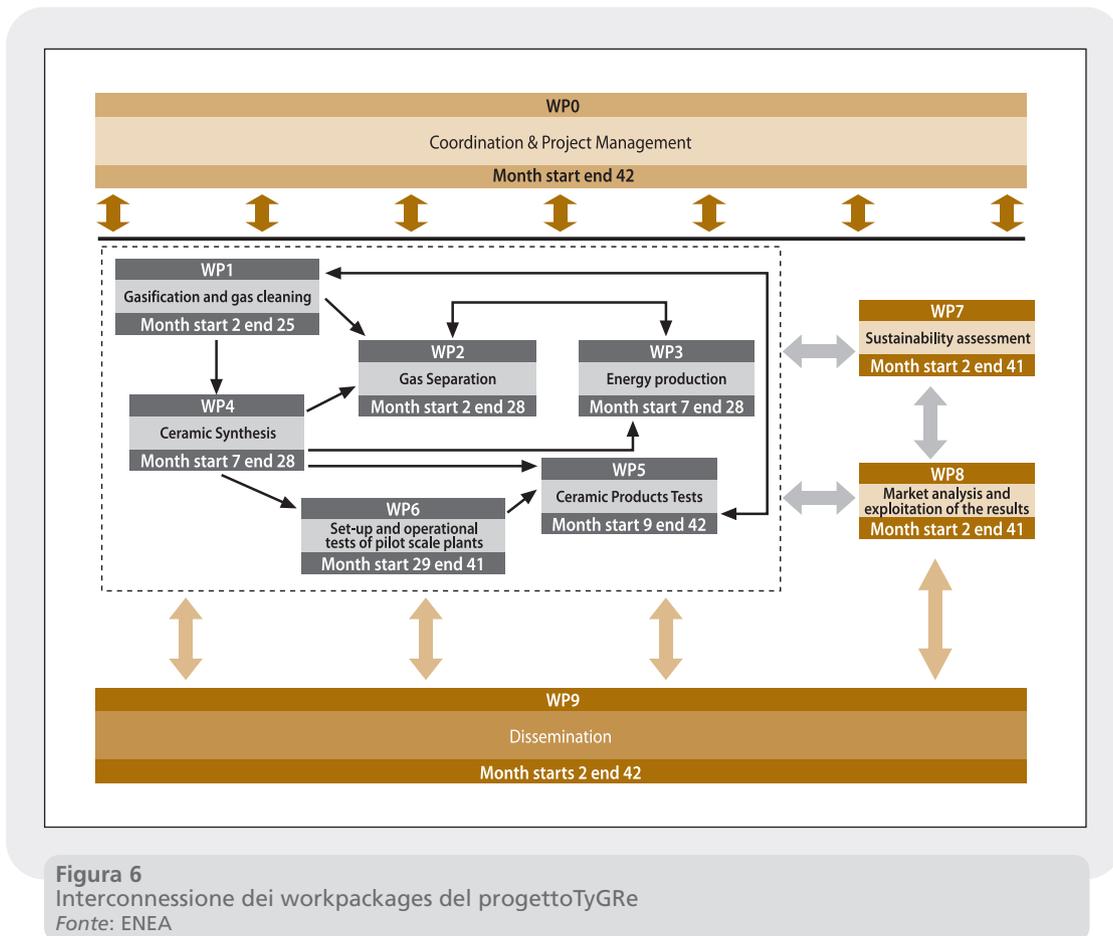
Ognuno dei nove partner è stato selezionato per la propria comprovata esperienza in uno specifico settore tecnico-scientifico o economico-commerciale, rilevante per sviluppo di un aspetto del progetto. Oltre al coordinamento progettuale (WP0) e alla diffusione dei risultati (WP9) che agiscono orizzontalmente per tutta la durata del progetto, vi è quindi un gruppo di WPs (1-6) dedicato allo sviluppo ed implementazione delle tecnologie di processo necessarie a:

- sperimentare il processo combinato in bench scale;
- costruire ed assemblare l'impianto pilota;
- condurre prove sperimentali sull'impianto pilota e validare il processo.

La responsabilità delle attività da sviluppare in ciascuno dei sei WP è stata assegnata ai partner la cui esperienza è maggiormente rilevante nello specifico settore; tuttavia, la complessità di tutto il processo richiede un continuo scambio di informazioni.

Il materiale in ingresso sarà quindi sottoposto ad un processo di termotattamento/sintesi (WP1 e WP4) per produrre da una parte la polvere ceramica (SiC) e dall'altra energia (WP3) che sarà utilizzata principalmente per ridurre i costi di processo. Il carburo di silicio prodotto sarà caratterizzato e qualificato, realizzando una analisi comparativa delle proprietà della polvere prodotta rispetto al prodotto commerciale (WP5).

Grande attenzione sarà posta alla purificazione del *syngas* prodotto impiegato come vettore energetico. Il processo prevede la separazione e il riutilizzo del biossido di carbonio contenuto nel gas (WP2) aumentando la sostenibilità ambientale del processo.



Uno specifico *workpackage* (WP6) è dedicato all'assemblaggio ed all'esercizio dell'impianto pilota finale.

Altri due fondamentali aspetti saranno poi sviluppati durante lo svolgimento del progetto:

- la valutazione degli impatti del processo, analizzando la sostenibilità ambientale ed economico-sociale (WP7);
- l'analisi del mercato potenziale (WP8) per lo sfruttamento economico del processo.

LCA, LCC e SLCA sono gli strumenti che saranno utilizzati per lo studio di sostenibilità (WP7). I risultati della sperimentazione forniranno la base per gli studi. La valutazione di sostenibilità sarà completata confrontando il sistema proposto con almeno un sistema di trattamento attuale ed analizzando le probabili evoluzioni sia nella

società che nelle tecnologie, al fine di tracciare gli scenari di sviluppo futuro. In tale livello risulta fondamentale il contributo degli operatori industriali coinvolti nella produzione di ceramici, nel mercato dei pneumatici e nella produzione di carboni da pirolisi.

Quest'ultimo aspetto si collega chiaramente alle attività di valutazione di mercato (WP8).

Ovviamente, vista la grandezza e la diffusione del mercato dei ceramici, il progetto non propone di sostituire i normali metodi di produzione del carburo di silicio, ma suggerisce un metodo di valorizzazione del sottoprodotto dei processi di termovalorizzazione dei pneumatici, producendo un materiale con un indiscusso valore di mercato e contribuendo così alla sostenibilità economica dei processi di termovalorizzazione.

Il supporto di partner industriali (produttori di carbone da pirolisi, riciclatori, l'utente finale della polvere ceramica) oltre a fornire preziose informazioni di mercato, consente una proiezione reale sulla futura possibile penetrazione commerciale del processo.

Per quanto riguarda la presenza ENEA, stante il ruolo di coordinatore e la multidisciplinarietà richiesta dalle attività, diversi gruppi di ricerca dell'Agencia sono coinvolti nel progetto TyGRe:

- gestione del progetto (WP0: Casaccia, Portici);
- sviluppo trattamenti termici (WP1 e WP6: Portici, Trisaia);

- sintesi/sinterizzazione di polveri ceramiche e caratterizzazioni chimico-fisiche e termo-meccaniche dei prodotti (WP4 e WP5: Portici, Faenza);
- *Life Cycle Assessment*, progettazione ecocompatibile e metodologie per la valutazione della sostenibilità (WP7: Bologna);
- interfaccia tra scienza, industria ed enti pubblici (WP8 e WP9: Casaccia, Portici).

Il progetto è attualmente in fase di svolgimento; i primi risultati ottenuti sono incoraggianti. La *figura 7* mostra le micrografie SEM della polvere di carburo di silicio ottenuta.

Conclusioni

Mentre le strategie di produzione e di consumo sostenibili indirizzano verso una società del riciclaggio, che focalizza sempre di più l'attenzione al recupero dei materiali, vi sono enormi quantità di pneumatici di rifiuto che attualmente continuano ad essere destinate a discarica, e ciò nonostante gli sforzi tesi ad esplorare soluzioni di trattamento economicamente sostenibili.

Trattamenti termici innovativi, quali la pirolisi e la gassificazione, nonostante la loro elevata efficienza, possono difficilmente trovare un realistico sfruttamento commerciale, a causa di problemi relativi allo smaltimento dei sottoprodotti solidi, con i corrispondenti svantaggi dovuti all'esborso economico, e alla carenza di consolidamento tecnologico.

Il processo sviluppato ha un notevole potenziale. Infatti, oltre a impiegare come materia di partenza un rifiuto, e quindi ridurre, a parità di altre condizioni, il costo delle materie prime, da un punto di vista ambientale trasforma uno scarto in risorsa, favorendo il reimpiego di un prodotto a fine vita, in linea con i principi dello sviluppo sostenibile.

La ricerca condotta pone le basi per superare il limite economico posto dalla destinazione finale del residuo solido di processo degli impianti di termovalorizzazione (pirolisi e/o gassificazione) di rifiuti; nel caso considerato il prodotto solido non solo non deve essere smaltito in discarica,

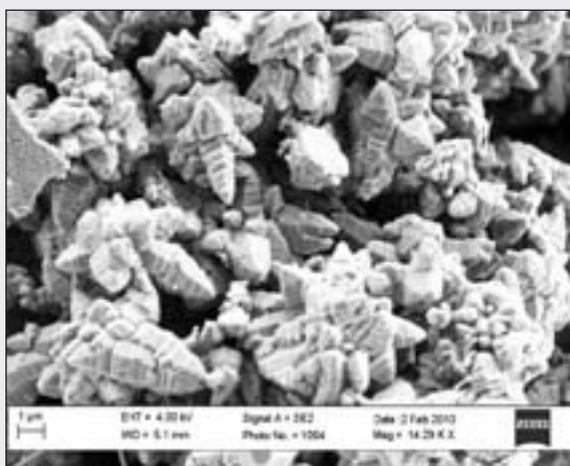
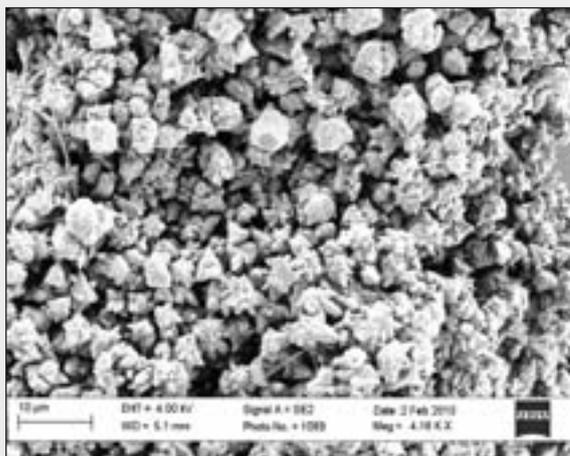


Figura 7
Micrografie SEM della polvere ottenuta
Fonte: ENEA

ma ha anche un buon valore commerciale e contribuisce quindi in positivo alla sostenibilità economica. La modularità del processo sviluppato potrebbe offrire anche una soluzione agli impianti di termovalorizzazione di rifiuti selezionati (come i pneumatici) già esistenti.

Il processo è stato sviluppato impiegando biomasse di scarto e pneumatici fuori uso; tuttavia la sperimentazione condotta ha evidenziato che il trattamento è facilmente estendibile anche ad altre tipologie di rifiuti, sia in sostituzione del carbone che della silice.

L'elevata flessibilità del processo messo a punto consente di ottenere, cambiando le matrici di

partenza, altre polveri ceramiche, diverse dal carburo di silicio: sfruttando il processo modificato è stato già sintetizzato con successo presso i laboratori ENEA il nitruro di silicio.

Il costo del carburo di silicio è fortemente influenzato dal prezzo delle materie prime e dall'alto consumo di energia del processo di produzione. Il metodo proposto concorre alla salvaguardia delle risorse naturali, consentendo la produzione, a partire da pneumatici di scarto, di polvere di carburo di silicio (SiC); l'impiego del *syngas* per ridurre il fabbisogno energetico del trattamento contribuisce positivamente alla sostenibilità economica del processo.

Bibliografia

- [1] Heermann C., Schwager F.J., Whiting K.J., *Pyrolysis and Gasification of Waste: a Worldwide Technology and Business Review*. Volume 1: Markets and Trends; Volume 2: Technologies and Processes – Juniper Consultancy Services 1/03/2000 – ISBN 0-9534305-6-1.
- [2] Official ETRA web site: www.etra-eu.org
- [3] Galvagno S., Casu S., Casabianca T., Calabrese A., Cornacchia G., 2002. *Pyrolysis process for the treatment of scrap tyres: preliminary experimental results*. *Waste Manag.* 22, 917–923.
- [4] Ko D.C.K., Mui E.L.K., Lau K.S.T., McKay G., 2004. *Production of activated carbons from waste tyre – process design and economical analysis*. *Waste Manag.* 24, 875–888.
- [5] Galvagno S., Casu S., Dinoi A., Bezzi G. *Procedimento per la trasformazione del granulato di pneumatico in Carburo di Silicio (SiC)* – Patent RM 2003 A000121 in the name of ENEA.
- [6] Wei G.T.-C., 1983. *Beta SiC powders produced by carbothermic reduction of silica in high temperature rotary furnace*. *Journal of American Ceramic Society.* 66 (7), C111-C113.
- [7] Kristic V.D., 1992. *Production of fine, high-purity beta Silicon Carbide powders*. *Journal of American Ceramic Society.* 75(1), 170-174.
- [8] Galvagno S., Portofino S., Casciaro G., Casu S., D'Aquino L., Martino M., Russo A., Bezzi G., *Synthesis of beta silicon carbide powders from biomass gasification residue*. 2007. *Journal of Materials Science.* 42 (16) 6878-6886.
- [9] Szepvolgyi J., Mohai I., Karoly Z., Gal L., 2008. *Synthesis of nanosized ceramic powders in a radiofrequency thermal plasma reactor*, *Journal of the European Ceramic Society.* 28, 895-899.

La gestione della frazione umida/biodegradabile dei rifiuti urbani

Mauro Atrigna,
Margherita Canditelli,
Nazzareno Faustini,
Giovanni Pescheta

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

La frazione umida dei rifiuti urbani è la più complessa da gestire ai fini di un adeguato smaltimento: l'alta umidità che la caratterizza non ne rende opportuno il conferimento in discarica né un eventuale trattamento termico. Il trattamento biologico di compostaggio è dunque il sistema più indicato per la sua ottimizzazione gestionale e la sua valorizzazione, attraverso il recupero della sostanza organica da destinare all'agricoltura

Managing Wet/Biodegradable Urban Waste

Managing wet urban waste is more complex when faced with its proper treatment. Its high level of humidity makes it not suitable to be landfilled or thermally treated. Hence the bio-composting waste treatment is most appropriate to optimize wet waste management and exploitation through the recycling of organic and green material for agricultural uses

Le direttive comunitarie in materia di rifiuti hanno definito importanti strategie nell'ambito del loro sistema di gestione; la legislazione nazionale di recepimento (DLgs 22/97) ha apportato interessanti innovazioni operative conseguenti a quelle normative la cui emanazione è arrivata dopo svariati anni dall'ultimo decreto che risale al 1982 (DPR 915). Il suddetto decreto, comunemente noto come Decreto Ronchi, ha modificato lo "scenario rifiuti", ha introdotto in Italia il modello di gestione integrata incentrato su prevenzione, riutilizzo e recupero al fine di conseguire la riduzione dell'impatto ambientale connesso al ciclo dei rifiuti e migliorare il sistema uomo-ambiente; il sistema imprese, la pubblica amministrazione nonché i cittadini hanno acquisito una visione del rifiuto come un qualcosa da gestire e non smaltire. La collettività è quindi stata spronata a seguire un modello di gestione dei rifiuti con l'obiettivo di:

- ridurre la quantità dei rifiuti;
- promuovere la differenziazione;
- incentivare il riuso/riciclaggio;
- limitare lo smaltimento.

Il raggiungimento dei suddetti obiettivi impone una differenziazione delle varie categorie merceologiche finalizzata al riciclaggio, recupero e/o commercializzazione di diverse frazioni per consentire che allo smaltimento siano destinati quantitativi sempre più residuali e soprattutto gestibili nel rispetto della salvaguardia ambientale.

Fra le frazioni più impattanti si pone la frazione umida dei rifiuti urbani (RU), frazione biodegradabile, la più complessa da gestire ai fini di un adeguato smaltimento; l'alta umidità che la caratterizza (70% sia per gli scarti organici di origine domestica sia per quelli da grandi utenze) non ne rende opportuno il conferimento in discarica (formazione di percolato, la cui aggressività chimica costituisce una minaccia per le falde e di biogas che, se non opportunamente captato, va a sommarsi all'effetto serra) né un eventuale trat-

tamento termico (diminuzione di resa dei sistemi di termoutilizzazione) ma, nel contempo, rappresenta la frazione merceologicamente più "preziosa" in quanto fonte di sostanza organica suscettibile di recupero e valorizzazione.

Questi requisiti hanno sempre più validato il trattamento biologico di compostaggio come il sistema più indicato per l'ottimizzazione gestionale della frazione umida e la sua valorizzazione attraverso il recupero della sostanza organica da destinare ad un'agricoltura, quale quella mediterranea, che ne denota un forte deficit.

Il compostaggio

Lo si può definire come la "versione ingegnerizzata e/o industrializzata" di quello che un tempo era il processo che avveniva nei letamai, che rappresentavano la fonte di concimazione naturale per le attività agricole; ad oggi, con la riduzione degli allevamenti, la quantità di letame va sempre più diminuendo a conferma del compostaggio come suo sistema integrativo e/o sostitutivo per la produzione di fertilizzanti naturali.

La degradazione aerobica del materiale organico fermentescibile

Il compostaggio è un processo ossidativo di tipo aerobico assolutamente spontaneo e di natura biologica; le reazioni biologiche e biochimiche che caratterizzano il processo bio-ossidativo, sono innescate e condotte dai diversi microrganismi presenti naturalmente nel terreno e negli stessi scarti sottoposti al processo.

L'attività microbica svolta in condizioni di meso e termofilia ed in presenza di ossigeno, comporta la mineralizzazione delle frazioni biodegradabili con stabilizzazione della sostanza organica e sua successiva trasformazione in residuo umificato in grado di migliorare le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del terreno.

Affinché il processo evolva in maniera ottimale, è necessario creare le condizioni più opportune per favorire l'attività microbica e l'andamento del processo ossidativo.

Un fattore determinante è rappresentato dalla tipologia di matrice sottoposta al trattamento biologico aerobico con particolare riguardo alle caratteristiche fisiche e strutturali della suddetta; le dimensioni dei materiali soggetti al compostaggio favoriscono l'azione di degradazione da parte dei microrganismi e soprattutto l'aerazione richiesta dal processo.

L'adeguata pezzatura e l'opportuna miscelazione delle matrici con materiale strutturante, favoriscono l'attivazione diretta delle reazioni di trasformazione del materiale caratterizzate da elevata richiesta di ossigeno, ossidazione dei composti organici ad anidride carbonica e acqua ed innalzamento della temperatura (che assicura l'igienizzazione del prodotto finale).

Al variare di questi parametri, si succedono le diverse specie microbiche coinvolte nell'ossidazione biologica e contemporaneamente avanza il processo di stabilizzazione con riduzione di volume della biomassa iniziale (variabile da 1/2 a 1/4 rispetto al volume originale).

Ad una corretta evoluzione del processo contribuiscono altri parametri chimico-fisici quali umidità, pH, composti contenenti carbonio ed azoto che, nel complesso, rappresentano la fonte energetica e caratterizzano l'habitat dei diversi microrganismi coinvolti nel compostaggio; un opportuno monitoraggio di tutte le variabili chimico-fisiche elencate consente di regolare le attività biologiche e biochimiche che si susseguono dalla fase di degradazione della matrice organica a quella di sintesi delle sostanze umiche nonché, di garantire un corretto andamento del trattamento biologico aerobico.

Scelte tecnologiche e criteri gestionali

La scelta di una tecnologia di compostaggio dipende fondamentalmente dalle matrici di partenza anche se le diverse soluzioni proponibili sono accomunate dai meccanismi biologici e biochimici che caratterizzano il processo e che convergono

no verso l'unico obiettivo che è quello di ottimizzare le condizioni per una efficiente attività microbica.

La consapevolezza, ormai acquisita, della possibilità di ottenere compost di qualità dal trattamento biologico controllato di soli rifiuti selezionati alla fonte e biostabilizzato da separazione a valle, ha determinato scelte tecnologiche dettate unicamente da esigenze di processo ed impiantistiche (ubicazione dell'impianto e conseguenti opere finalizzate a limitarne l'impatto ambientale).

Il ruolo predominante spetta sempre ai materiali di partenza che definiscono le scelte tecnologiche sia come opere civili che elettromeccaniche ecc.; è infatti facilmente intuibile come il trattamento di scarti ligno-cellulosici non richieda gli stessi accorgimenti impiantistici previsti per tipologie di matrici altamente fermentescibili, come quelle tipicamente provenienti da utenze selezionate.

La gestione degli scarti di manutenzione del verde è infatti facilmente attivabile in quanto consente il trattamento di un flusso di rifiuti, fondamentalmente pulito e relativamente asciutto, in strutture impiantistiche semplificate e di facile inserimento ambientale.

Per contro, la gestione di matrici altamente fermentescibili presenta una maggiore complessità dalla fase di raccolta a quella di trattamento; in questo ambito è richiesta una serie di accorgimenti progettuali riguardanti le strutture di stoccaggio, la gestione confinata per la fase attiva del compostaggio, la predisposizione di un adeguato sistema di collettamento e biofiltrazione per il controllo delle arie esauste, l'adozione di efficienti sistemi per il rivoltamento e l'aerazione delle biomasse, il tutto con il duplice scopo di garantire l'efficacia del processo di biostabilizzazione ed annullare i potenziali impatti ambientali.

I fattori legati al controllo del processo e alla limitazione dell'impatto ambientale influiscono sulla scelta tecnologica in senso lato (compostaggio all'aperto o al chiuso, con o senza aerazione forzata, con o senza rivoltamento ecc.), in quanto è disponibile una vasta gamma di soluzioni impiantistiche tecnicamente affidabili tra le quali effettuare le proprie scelte.

Il ruolo del compostaggio nelle strategie ambientali

Il compostaggio si pone come sistema competitivo rispetto alle altre forme di smaltimento e, come in diversi altri paesi, costituisce un elemento fondamentale di un qualunque sistema integrato di gestione dei rifiuti solidi urbani.

L'emanazione del Decreto Ronchi, promuovendo la differenziazione ed il riuso/riciclaggio del rifiuto, ha segnato un punto di svolta per la crescita del settore compostaggio anche in Italia; la politica ambientale (in primis l'europea, ma anche quella nazionale) dal Decreto Ronchi in poi ha posto degli obiettivi ben definiti di raccolta differenziata finalizzata al riciclaggio (35% al 2003), obiettivo che non si sarebbe mai conseguito se alla sola differenziazione del "secco" (carta, plastica e vetro) non fosse stata affiancata quella dell'"umido" o scarto compostabile (solitamente inteso come scarto da rifiuto alimentare e verde), che costituisce il 35% dei rifiuti urbani.

Tutte le Direttive Comunitarie post Ronchi, la norma nazionale sui rifiuti (DLgs n. 152/06), il correttivo ambientale (DLgs n. 04/08 a modifica ed integrazione della precedente) e non ultima la Direttiva 2008/98, hanno confermato l'obbligo della raccolta differenziata (*raccolta in cui un flusso di rifiuti è tenuto separato... al fine di facilitarne il trattamento specifico*), ribadendo i concetti di recupero (*qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile...*) e riciclaggio (*qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i materiali di rifiuto sono ritrattati per ottenere prodotti... include il ritrattamento di materiale organico...*) al fine di procedere ad operazioni di smaltimento (*qualsiasi operazione diversa dal recupero...*) sicure per l'uomo e l'ambiente.

Per i rifiuti organici, in particolare, (Direttiva 2008/98 CE, art. 22) gli Stati membri adottano misure volte ad incoraggiarne la raccolta separata ai fini di un opportuno trattamento di compostaggio per l'ottenimento di prodotti sicuri per l'ambiente.

All'affermarsi di questa tipologia di trattamento biologico, oltre al continuo aumento dalla quantità di scarti organici di origine industriale e domestica, ha sicuramente contribuito in maniera determinante l'emanazione della Direttiva 99/31/CE sulle discariche, recepita anche in Italia (DLgs n. 36/03), che impone una significativa riduzione del rifiuto urbano biodegradabile (RUB) da conferire in discarica; in particolare, i RUB dovrebbero essere ridotti del:

- 25% entro 5 anni;
- 50% entro 8 anni;
- 65% entro 15 anni.

Questo provvedimento è mirato non solo a limitare il contributo all'effetto-serra apportato dal biogas, ma anche all'ottimizzazione operativo-gestionale degli stessi siti di conferimento (impatto da percolato, minore assestamento nel profilo della discarica dopo che è stata chiusa).

In considerazione della produzione dei rifiuti urbani attualmente stimata in circa 32,5 Mt/anno, di cui buona parte è rappresentata da frazione organica recuperabile (*tabella 1*), questa evoluzione normativa registrata negli ultimi anni, ha sicuramente rappresentato il fattore trainante per la valorizzazione degli scarti organici mediante compostaggio; dopo il superamento della storica Legge 748 del 1984 e della lunga attesa per l'emanazione normativa del settore, che avevano screditato e considerato il compost come un rifiuto, è stata finalmente riconosciuta la differenza tra compost di qualità e compost da rifiuti e privilegiata la raccolta differenziata a garanzia dell'alta qualità finale del prodotto.

Tabella 1 - Matrici organiche contenute nei rifiuti urbani da non conferire in discarica

Frazione organica da residui alimentari	33,6%: si conferma la frazione più raccolta differenziatamente
Frazione organica + Carta	63%
Frazione organica + Tessile + legno	71%

Fonte: ENEA

Il compost di qualità è riconosciuto come ammendante ed è quindi normato dal DLgs n. 217/06 (legislazione sui fertilizzanti), il cui Allegato 2 elenca le caratteristiche chimico-fisiche degli ammendati, le materie prime di provenienza, i parametri di processo, le tecnologie... ed è già stato ulteriormente aggiornato da un Decreto emanato molto recentemente (Decreto 22 gennaio 2009 del MiPAF).

Alla luce delle più recenti novità legislative il compost di qualità si pone come *"un materiale organico (humus) risultante dalla decomposizione naturale di scarti organici raccolti in modo selettivo, trattati secondo norme di igiene e sicurezza e nel rispetto delle normative italiane in materia di fertilizzanti, la cui produzione avviene in insediamenti produttivi dotati dei più rigidi presidi ambientali (collettamento acque, biofiltri ecc.) con un monitoraggio in continuo dei processi produttivi"*. (M. Centemero – Annuario Compost di Qualità 2009-2010)

Produzione

In Italia, come anche a livello europeo, il compostaggio si è affermato notevolmente; negli ultimi anni si è infatti registrato un costante incremento del numero di impianti con relativo aumento della disponibilità di compost.

Numerosi fattori hanno contribuito all'affermazione e al consolidamento di questa tecnologia, fattori di natura legislativa, tecnico-gestionale, nonché esigenze di smaltimento di una particolare frazione merceologica dei rifiuti. La frazione organica presente nei rifiuti urbani rappresenta da sempre un problema al trattamento, recupero e smaltimento degli stessi a causa della sua putrescibilità, che arreca un particolare impatto ambientale dovuto ad emissioni odorigene, formazione e liberazione in atmosfera di metano, rischio biologico, rilascio di percolato ecc.

Sono questi in definitiva i fattori che hanno spinto gli operatori del settore ad individuare una tecnologia adatta ed impianti dedicati per il trattamento/smaltimento della frazione organica dei rifiuti che, a livello nazionale, fa registrare diversi milioni di tonnellate e si presta a forme di recu-

pero tecnologicamente mature quali sono i processi biologici.

L'incremento della produzione di compost a livello nazionale, come a livello europeo, è riconducibile alle esigenze di allinearsi alle disposizioni normative del Ronchi e della gestione integrata dei rifiuti, che prevede come azione prioritaria la raccolta differenziata finalizzata al recupero di materia, ma è anche da imputarsi ad altri importanti fattori a carattere ambientale.

Come già riportato, un notevole impulso è da attribuirsi al recepimento della Direttiva Discariche che prevede una riduzione graduale del conferimento in discarica del rifiuto biodegradabile fino al 65% in 15 anni, provvedimento volto in particolare a limitare il contributo apportato all'effetto serra dai rifiuti (attraverso l'emissione di biogas).

In riferimento al contenimento dell'effetto serra e del cambiamento climatico, recentemente si va sempre più affermando, anche da un punto di vista scientifico, il concetto di sostanza organica come *sink* per il carbonio. È stato rilevato (Prof. Sequi, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante) che un incremento dello 0,15% del carbonio organico nei suoli arabili italiani, potrebbe fissare negli stessi una quantità di CO₂ pari a quella rilasciata in atmosfera dall'Italia in un anno per l'uso di combustibili fossili; in assenza di fertilizzazione organica viene a mancare l'apporto di sostanza organica con conseguente passaggio netto di CO₂ dal suolo all'atmosfera.

Un ruolo fondamentale della fertilizzazione organica si sottolinea in ambito agricolo (*tabella 2*), nel quale si sta sempre più evidenziando il ruolo prioritario del compost alla base di un'agricoltura sostenibile o meglio, per un uso sostenibile del suolo; ammendare il suolo con compost significa apportare sostanza organica attraverso la quale ripristinare le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo. Negli ultimi anni infatti, il mancato reintegro della sostanza organica proveniente da attività zootecniche (che stanno del tutto scomparendo) a valle di un eccessivo sfruttamento dei suoli agricoli, ha turbato quell'equilibrio che garantisce il mantenimento di adeguati livelli di sostanza organica e fertilità.

Tabella 2 - Funzioni della sostanza organica nei terreni

Natura delle proprietà influenzate	Azione specifica della sostanza organica	Tipo di effetto
PROPRIETÀ FISICHE	1) Miglioramento della struttura 2) Incremento dell'intensità del colore 3) Aumento della capacità di ritenzione idrica	1a) Nei terreni argillosi: mitigazione dei fenomeni di crepacciamento. 1b) Nei terreni sabbiosi: maggiore stabilità della struttura glomerulare. 1c) Nei terreni limosi: minore tendenza alla formazione di croste superficiali. 2a) Aumento della temperatura del suolo. 3a) Maggiore possibilità di trattenimento dell'acqua, che viene resa disponibile con gradualità.
PROPRIETÀ CHIMICHE	Funzioni nutrizionali	DIRETTE: apporto di nutrienti (N, P, S ecc.) dovuto ai processi di mineralizzazione. INDIRETTE: chelazione ed assorbimento di Fe, P, metalli pesanti ecc.; rilascio graduale di elementi nutritivi destinati all'assorbimento radicale.
PROPRIETÀ BIOLOGICHE	Azione sulla microflora tellurica Azione sulla pianta	<ul style="list-style-type: none"> • Funzione di substrato per i microrganismi coinvolti nei cicli biogeochimici; effetto di inibizione nei confronti di alcuni funghi fitopatogeni. • Funzione di stimolo all'accrescimento radicale dovuto all'apporto di composti biologicamente attivi (es. aminoacidi, nucleotidi ecc.).

Fonte: Rapporto ANPA – ONR 7/2002

riflettore su

Non potendo sopperire alla carenza di sostanza organica fortemente richiesta dall'agricoltura mediterranea, il contesto agricolo si è orientato verso la fertilizzazione chimica che, a distanza di anni, ha comportato il depauperamento del terreno con evidenti fenomeni di desertificazione; anche in Italia si sta registrando una lenta ma continua riduzione della fertilità dei suoli che interessa l'86,4% dell'intero territorio nazionale, con un contenuto di sostanza organica inferiore al 1,5%. Alla luce dei fattori sopracitati, che sono effettivamente da considerarsi i fattori trainanti nel riconoscere il ruolo del compostaggio nell'ambito della sostenibilità ambientale, sono scaturite molteplici iniziative finalizzate a promuovere il recupero di biomasse tramite trattamento biologico; a questo proposito va sottolineato che alcune Regioni italiane hanno emanato disposizioni per fi-

nanziare l'uso del compost per la lotta e/o ripristino del potenziale biologico del terreno ed un uso sostenibile del suolo, che rappresenta oltretutto il recettore unico per l'utilizzo e la valorizzazione della sostanza organica recuperata.

A sostegno di queste iniziative si è aggiunto il tanto atteso marchio ecologico europeo Ecolabel per gli ammendanti, fondamentale strumento di marketing ambientale di cui, al momento, possono pregiarsi anche diverse aziende italiane produttrici di compost.

La risposta concreta a queste considerazioni, valutazioni, verifiche ecc. ormai decennali, è da ricercarsi nell'analisi dello sviluppo del settore compostaggio, dal punto di vista impiantistico, e delle raccolte differenziate che si vanno sempre più diffusamente consolidando.

L'incremento del numero di impianti è particolar-

mente evidenziato in questi ultimi anni; da circa una decina di impianti, rilevati nei primi anni 90, si è giunti ad un totale di 212 nel 2001 e ad oggi sono stati censiti 229 impianti di compostaggio operativi di cui il 66% è dislocato nelle regioni del Nord, il 18% al Centro e solo il 16% al Sud. La distribuzione impiantistica rispecchia l'andamento delle raccolte differenziate del rifiuto urbano nei diversi ambiti territoriali italiani; infatti, considerando che la media italiana è intorno al 15%, si evidenziano medie del 30-40% (anche con punte di 70-80%) di materiale recuperato al Nord, mentre al Centro e al Sud si registrano scarsi risultati in termini di RD, considerando che sono state attivate più di recente e che comunque sono in continua ascesa.

Va comunque sottolineato che, nonostante in netta riduzione dal 59,5 al 47,9%, la modalità di smaltimento più utilizzata rimane la discarica e, nonostante il lento ma continuo consolidamento della RD, il compostaggio interessa comunque solo il 7% circa del totale del rifiuto urbano, benché rappresenti la tecnologia di trattamento/smaltimento per la frazione merceologica forse più impattante per l'ambiente, ma certamente più importante per il contesto agricolo.

In Italia, stime riferite ad anni precedenti attestano produzioni di compost di qualità pari a 300/400.000 t nel 1997, 500/600.000 t per gli anni 1999-2000, 850/950.000 t nel 2002 fino a 1.100.000 t nel 2007.

In riferimento al 2009, dati di letteratura indicano che sono state avviate a compostaggio circa 3,5 Mt/anno costituita da frazione organica selezionata, scarto vegetale, fanghi di depurazione e da rifiuti provenienti dal settore agro-industriale; considerando una resa di processo pari al 40% (al netto della mineralizzazione, ossia della trasformazione in acqua ed anidride carbonica di parte della sostanza organica) si sono ottenute circa 1.400.000 t di compost, comprensive di ammendante compostato verde e misto.

Il compost prodotto in Italia viene commercializzato come Ammendante Compostato Verde e Misto a norma del DLgs n. 217/06, è completamente assorbito dal mercato ed utilizzato in particolare nell'agricoltura di pieno campo, cui è de-

stinato più del 60%, mentre circa il 34% va alla produzione di terricci, substrati per l'hobbistica ed il florovivaismo.

Utilizzo del compost

Dopo diversi anni di dubbi ed incertezze, finalmente è stato riconosciuto il "prodotto compost" e si sta ormai consolidando il concetto di poterlo destinare in svariati settori.

In Italia negli ultimi anni, si è registrato un notevole miglioramento qualitativo del prodotto grazie alla presa di coscienza da parte dei produttori di alcuni concetti fondamentali, oltretutto imposti dalla normativa vigente; non meno importante si è rivelata l'azione informativa diretta invece agli utilizzatori di compost che sono i veri fautori del consolidamento del mercato del prodotto suddetto.

La legislazione italiana, in linea con quanto avviene in altri paesi europei, ha imposto una serie di limiti e restrizioni volti a monitorare e perfezionare il "sistema compost" dal punto di vista impiantistico, di processo e produttivo.

In tale contesto sono risultati decisivi una più rigida selezione degli scarti e l'abbandono del compostaggio da RU indifferenziato, fattori che hanno portato ad un netto miglioramento della qualità del compost, suscitando così la fiducia degli acquirenti a riconoscerne le qualità ammendanti, a considerare il compost come un prodotto le cui caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche sono fondamentali per la qualità dei suoli e relativa produttività vegetale.

Si ricorda che per anni la commercializzazione del compost è stata penalizzata proprio perché prodotto da frazione organica ottenuta mediante separazione meccanica dei RU; nonostante l'efficienza dei suddetti sistemi il prodotto ottenuto aveva sempre presentato un elevato contenuto di metalli pesanti nonché di impurità come vetro, plastiche ed altri inerti.

Un impulso notevole al consolidamento del mercato del compost sarà sicuramente garantito dal recente conferimento al prodotto del marchio ecologico, che ne garantisce la qualità e ne assicurerà certamente la promozione.

Grazie alle sue proprietà, il compost può essere utilizzato in svariati ambiti caratterizzati da specifiche esigenze; per poterlo valorizzare al meglio al di là del monitoraggio dei parametri ambientali (inerti, metalli pesanti ecc.) è importante individuare le specifiche agronomiche per ogni ambito d'impiego.

La normativa vigente pone il compost tra gli ammendanti e li classifica in ammendante compostato verde (ACV) ed ammendante compostato misto (ACM).

In *tabella 3* si riportano i parametri analitici caratterizzanti i diversi prodotti compostati ed altri materiali organici utilizzati a fini agronomici, che evidenziano le proprietà degli stessi in relazione al possibile utilizzo.

Gli ammendanti compostati verdi si ottengono da compostaggio di scarti di manutenzione del verde, presentano contenuto di elementi nutritivi (azoto, fosforo, potassio) piuttosto bassi e una salinità (espressa come conducibilità elettrica spe-

cifica) limitata, caratteristiche queste che li accomuna molto alle torbe; anch'essi infatti si prestano bene ad essere integrati con altre matrici per la preparazione di terricci, caratterizzati da una miscela variabile con altri substrati, da proprietà fisiche ed idrologiche compatibili con diversi ambiti d'impiego.

Oltre a rappresentare un elemento sostitutivo della torba (della quale oltretutto siamo importatori dall'estero) per la preparazione di terricci per il florovivaismo, i bassi tenori di salinità rendono questo tipo di prodotto particolarmente indicato per tutte quelle pratiche agronomiche che ne prevedono il diretto contatto con le radici delle colture in genere.

Gli ammendanti compostati misti si ottengono invece da trattamento biologico aerobico di scarti alimentari, fanghi di depurazione e residui zootecnici; rispetto ai primi, presentano valori di conducibilità e contenuto in macronutrienti e microelementi decisamente superiori.

Tabella 3 - Caratteristiche agronomiche relative a differenti fertilizzanti organici (valori medi)

Parametro	Letami	Pollina	Compost da scarti alimentari	Compost da fanghi biologici	Compost da residui zootecnici	Compost da residui verdi	Terricci torbosi	Torbe
Umidità (% t.q.)	65-80	20-70	40-55	40-55	35-50	40-55	40-60	40-50
N (% s.s.)	2,2	4,3	1,79	1,78	3,01	1,07	/	0,86
P (come P ₂ O) (% s.s.)	1,9	4,5	1,38	2,13	8,93	0,47	/	0,09
K (come K ₂ O) (% s.s.)	1,7	3,1	1,26	0,67	1,06	0,42	/	0,08
Carbonio org. (TOC) (% s.s.)	35	/	25	24	30	22	50	39,7
pH	8,3	8,9	8,15	7,21	8,01	7,81	5,9	5,6
Conducibilità (CES) (μScm ⁻¹)	2.560	6.590	3.730	2.470	1.890	980	1.860	440
SV (% s.s.)	55	50	49,48	48,67	51,50	43,63	64,69	83,81
Mg (% come MgO)	/	/	1,53	1,23	1,07	1,08	/	0,16
Mn (mg kg ⁻¹ s.s.)	/	/	294,32	273,23	360,25	303,32	/	63,17
Fe (mg kg ⁻¹ s.s.)	/	/	13.600	9.490	3.410	2.690	/	1.480
Densità apparente (g l ⁻¹)	/	/	400	350	/	350	250	150
Porosità totale (%vol / vol)	/	/	81,32	81,71	/	82,34	87,28	90,48
Acqua disponibile (% vol/vol)	/	/	15,84	11,97	/	13,81	18,66	23,04

N.B.: i compost da scarti alimentari e da fanghi biologici vengono prodotti a partire da miscele che contengono sempre una certa percentuale di materiali di supporto lignocellulosici, quali potature, cortecce ecc.

Fonte: Rapporto ANPA – ONR 7/2002

Oltre alla sostanza organica umificata, questa tipologia di compost è in grado di garantire un notevole apporto concimante a base di azoto (N), fosforo (P) e potassio (K), nonché di magnesio e ferro, caratteristiche che lo differenziano dall'ACV rendendolo oltretutto utilizzabile in ambiti d'impiego differenziati.

Uno dei maggiori settori per la collocazione di questa tipologia di compost, in considerazione della quantità di superfici arabili, è rappresentato dall'agricoltura tradizionale in pieno campo dove va a sostituire il tradizionale ammendamento da letame; un altro ambito d'impiego è rappresentato da orticoltura, viticoltura e frutticoltura, contesti, questi, che richiedono un graduale rilascio di elementi nutritivi per le piante, in cui il compost si apprezza notevolmente come fattore limitante l'utilizzo di concimi chimici.

Il compost può essere ancora valorizzato attraverso attività hobbistiche come giardinaggio, floricoltura e tutte le attività inerenti la costruzione e manutenzione del verde ornamentale come verde urbano ricreativo e/o sportivo, costruzione di tappeti erbosi, materiale di riempimento di buche di piantagione ecc., nonché in attività di tipo paesaggistico e di gestione territoriale che prevedono l'utilizzo di compost per il recupero di aree degradate contaminate (discariche) e non (cave, scarpate stradali e ferroviarie), per il ri-

pristino di aree "sterili" tipo strade forestali, fronti di frane, piste da sci ecc.

Altri due importanti settori di applicazione (relativamente recenti e supportati dalla normativa), nei quali l'utilizzo del compost si va sempre più affermando, sono rappresentati dall'agricoltura biologica, esclusivamente vocata alla concimazione organica e la coltivazione fuori suolo, che si va sempre più diffondendo per le specie orticole a seguito dei risultati sperimentali ottenuti.

Oltre a questi che sono gli utilizzi tradizionali ormai consolidati, si possono individuare ambiti innovativi per l'utilizzo del compost grazie alle potenzialità microbiologiche conferite al prodotto dall'elevata carica microbica di cui è dotato. La popolazione microbica "indigena" vive a carico della sostanza organica per cui trova nel compost un ottimo substrato di crescita consentendo, grazie alla propria attività metabolica, la degradazione di contaminanti organici tossici (idrocarburi policiclici aromatici, solventi clorurati, pesticidi ecc.) e l'utilizzo del prodotto in operazioni di bonifica ambientale (bioremediation). Nella *tabella 4* vengono elencati i potenziali ambiti di utilizzo in riferimento alle proprietà microbiologiche del compost.

Considerate le molteplici proprietà ed i potenziali ambiti d'impiego più o meno specialistici, è

Tabella 4 - Descrizione delle operazioni che sfruttano la reattività microbica del compost

Operazione	Descrizione
Bonifica di suoli contaminati con componenti organiche tossiche	Impiego di compost nei suoli per accelerare la degradazione progressiva di alcune componenti tossiche quali: solventi organici, idrocarburi derivati dal petrolio, fitofarmaci, esplosivi.
Trattamento dell'aria e delle acque contaminate	Impiego di compost in miscele ad altri materiali per costituire un biofiltro, ovvero un letto filtrante per purificare arie esauste da processi produttivi.
Bonifica di cave e miniere	Impiego di compost per la ricostituzione di uno strato umico al fine di favorire la rivegetazione e la conseguente bonifica di giacimenti minerali (per esempio di pirite) e cave (per esempio di argilla).
Potere repressivo nei confronti di alcune patologie delle piante coltivate	Impiego di compost per diminuire la possibilità di infezioni da parte di patogeni durante la coltivazione sia in pieno campo, sia in coltura protetta. Consente di attenuare i trattamenti con fitofarmaci per attività agricole ecocompatibili.

Fonte: Annuario Compost di Qualità 2004-2005

fondamentale considerare il compost non come un materiale di risulta da rifiuti, ma piuttosto come un prodotto alternativo e/o complementare ai tradizionali ammendanti organici.

È ormai consolidato il concetto che una corretta scelta delle matrici di partenza ed una adeguata gestione del processo di compostaggio garantiscono la qualità del prodotto in termini di pie-

na stabilizzazione della frazione organica, assenza di fitotossicità, completa igienizzazione, assenza di vetro e plastica, ridotta presenza di metalli; per poterlo valorizzare al meglio, è fondamentale definire lo specifico utilizzo in relazione alla tipologia di compost e, soprattutto, incentivare le attività di ricerca volte ad individuare settori di utilizzo innovativi.

Riferimenti bibliografici

1. Annuario del compost di qualità – IV Edizione 2004/2005.
2. Annuario del compost di qualità – VI Edizione 2009/2010.
3. Il recupero di sostanza organica dai rifiuti per la produzione di ammendanti di qualità. Manuali e Linee guida 7/2002 ANPA/ONR.
4. Favoino E., La qualità del suolo contro il cambiamento climatico - Annuario del compost di qualità – VI Edizione 2009/2010.
5. Fontanarosa et al., Nel compost un nuovo futuro per il biorisanamento, Ricicla 2008 – Atti di convegno.
6. Centemero M., Zanardi W., La produzione di Ammendante Compostato in Italia: stato dell'arte, Ricicla 2008 – Atti di convegno.
7. Caudatelli M., Stato dell'arte e prospettive del compostaggio. RT/AMB/95/15.
8. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive (GUUE del 22 novembre 2008).
9. DLgs 22 gennaio 2009 del Ministero delle politiche Agricole Alimentari e Forestali: Aggiornamento degli allegati al decreto legislativo 29 aprile 2006, n. 217, concernente la revisione della disciplina in materia di fertilizzanti in GU n. 88 del 16 aprile 2009 – Supplemento Ordinario n. 51.
10. DLgs 16 gennaio 2008, n. 4, Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale in GU n. 24 del 29 gennaio 2008 – Supplemento ordinario n. 24/L.
11. DLgs 29 aprile 2006, n. 217, Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti in GU n. 141 del 20 giugno 2006 – Supplemento Ordinario n.152.
12. DLgs 3 aprile 2006 n. 152, Norme in materia ambientale in GU n. 88 del 14 aprile 2006 – Supplemento Ordinario n. 96.
13. DLgs 13 gennaio 2003, n. 36, Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti in GU n. 59 del 12 marzo 2003 – Supplemento Ordinario n. 40.
14. Decreto 27 marzo 1998, Modificazione all'allegato 1C della legge 19 ottobre 1984, n. 748, recante nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti, in GU n. 146 del 25 giugno 1998.
15. DLgs 5 febbraio 1997, n. 22, Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/61/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio, in Supplemento ordinario n. 33 alla GU n. 38 del 15 febbraio 1997.
16. Legge 19/10/1984 n. 748, Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti, in Supplemento ordinario n. 64 della GU della Repubblica Italiana n. 305 del 6 novembre 1984 e successive modificazioni ed integrazioni.
17. Deliberazione 27/7/1984 del Comitato interministeriale di cui all'art. 5 del DPR 915/82, Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del Decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti, in Supplemento ordinario n. 52 della GU della Repubblica Italiana n. 253 del 13 settembre 1984.
18. DPR 10/9/1982 n. 915, Attuazione delle Direttive CEE n. 75/442 relativa ai rifiuti, n. 76/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e policlorotrifenili e n. 78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi, in GU della Repubblica Italiana n. 343 del 15 dicembre 1982.

Caratterizzazione e trattamento di rifiuti costituiti da assorbenti igienici

Lorenzo M. Cafiero,
Maurizio Coronidi,
Giovanni Pescheta,
Nazzareno Faustini

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

Il tema dello smaltimento degli assorbenti igienici riveste un interesse sempre più crescente presso l'opinione pubblica. Una loro precisa caratterizzazione chimico-fisica permette di valutare correttamente l'ipotesi di un loro trattamento con recupero di energia, con una valutazione delle relative emissioni gassose

Characterization and Treatment of Absorbent Hygiene Product Waste

Public opinion is increasingly interested in the disposal of absorbent hygiene products. Their precise chemical and physical characterization allows to correctly consider the possibility of energy recovery from their treatment and evaluate the related gas emissions

Questo articolo si propone di affrontare il problema del trattamento finale degli assorbenti igienici, voce merceologica presente nella composizione dei rifiuti urbani che negli ultimi anni sta crescendo notevolmente di importanza, partendo da una prima caratterizzazione del prodotto industriale originario. Allo scopo di raggiungere la più ampia generalità nei risultati, si è stabilito di prendere in esame i semilavorati che sono alla base dell'assemblaggio finale del prodotto "assorbente igienico"¹. Su queste componenti merceologiche di partenza è stata effettuata l'analisi dei macroelementi e la misura del potere calorifico allo scopo di conoscerne il potenziale apporto energetico, nell'ipotesi dell'utilizzo finale come combustibile. Allo stesso tempo l'analisi elementare ha permesso di costruire un modello per l'impostazione di una scelta di specie chimiche in grado di simulare l'assorbente come materiale in fase di combustione. La valutazione della combustione ha riguardato principalmente il calcolo delle emissioni gassose e il bilancio di energia eseguito secondo ipotesi di equilibrio termodinamico.

Materiali e metodi

I materiali

L'attività sperimentale è stata condotta su 10 campioni, corrispondenti alle varie componenti merceologiche di un generico assorbente igienico, secondo quanto riportato nel più recente studio disponibile (EDANA, 2007) pubblicato a cura della "European Disposable and Nonwovens Association (EDANA)"; per ciascuna voce riportata nella *tabella 1* sono indicate una sigla identificativa e una breve descrizione; al fine dell'esecuzione delle analisi, si è potuto disporre di ca. 500 grammi per ciascun componente.

Con l'ausilio del rapporto EDANA è possibile dare alcuni brevi cenni descrittivi su ciascun componente della *tabella 1*. Per SAP si intende *super absorbent powder*, terminologia inglese che definisce un prodotto granulare di molecole di poliacrilato di sodio, la cui funzione è di assorbire i liquidi organici. Il componente indicato come "colla" rientra nella categoria degli adesivi termofusibili a base poliuretanic (hot melt adhesives). Il terzo

Tabella 1 - I campioni da analizzare

N°	Codice identificativo del campione	Descrizione
1	SAP	Super absorbent powder
2	COLLA	Glue
3	PP	Top sheet PP
4	FIBERS	Top sheet – bicomponent non woven
5	UNT	Wood fluff untreated
6	T	Wood fluff treated
7	PE-P	Cover sheet – PE
8	PE-L	Back sheet – PE
9	PET	Acquisition distribution Layer – PET
10	ELA	Elastics

Fonte: ENEA

1. In questo articolo vengono presi in esame gli assorbenti per l'infanzia e quelli per l'incontinenza. Gli assorbenti femminili sono stati oggetto di uno studio separato.

componente (PP), a base di polipropilene, costituisce il così detto topsheet, lo strato di assorbente igienico che viene posto a diretto contatto con la pelle. Il componente indicato con la denominazione *fiber* è un prodotto, simile ad un feltro, a base di fibre di resina sintetica, non intessute, la cui composizione può includere fibre di cellulosa rigenerate, PET, PP. I componenti indicati con UNT e T comprendono due tipologie di fluff celluloso di origine legnosa con funzione assorbente. Il PE-P (pellicola perforata di polietilene) è il coversheet che forma uno strato in polietilene a fori distribuiti uniformemente sulla sua superficie per il mantenimento dell'asciutto. Il PE-L (pellicola "liscia" di polietilene) costituisce invece il *backsheets* per il contenimento dell'umidità all'interno del pannolino, ed è costituito da un film di polietilene, eventualmente ricoperto da uno strato di materiale idrofobico. Il PET è il principale componente di quello che si chiama *Acquisition and Distribution Layer*, che grazie alla sua struttura capillare ha il compito di distribuire, il più omogeneamente possibile, i fluidi organici a quelle componenti alle quali è demandata l'azione di assorbimento (SAP e *fluff*). Infine, troviamo nell'elenco della tabella 1 la banda elastica (ELA nella tabella), principalmente con funzioni di contenimento e assemblaggio di tutte le restanti componenti.

Strumentazione e metodologia analitica

La preparazione dei campioni da sottoporre ad analisi è avvenuta per triturazione con mulino a coltelli Retsch, modello SM2000, raccogliendo il prodotto per una dimensione del setaccio inferiore a 0,75 mm. Tale trattamento ha riguardato le componenti fibrose di *tabella 1: Fibers*, UNT, T, PE-P, PE-L, PET, PP, ELA, mentre per le componenti di colla e SAP è stato possibile prelevare direttamente le aliquote occorrenti dai rispettivi materiali forniti. I campioni, dopo essere stati triturati, sono stati conservati in essiccatore per rimuoverne l'umidità superficiale.

L'analisi elementare per la determinazione di C, H, N è stata eseguita con Analizzatore Elementare Carlo Erba, modello EA1108; l'ossigeno è stato determinato per differenza. La procedura avviene per *dynamic flash combustion* del campione contenuto in crogiolo di stagno all'interno di un tubo di quarzo mantenuto a 1.010 °C ; il tubo di quar-

zo è a sua volta riempito con uno strato di catalizzatore a base di anidride tungstenica e uno strato di riduzione in rame per l'abbattimento dell'ossigeno comburente in eccesso e per la conversione degli NO_x a N₂. I fumi di combustione vengono trasportati con elio lungo un circuito, detto di misura, alla colonna cromatografica (*porapak PQS*) per la separazione degli elementi. Gli elementi vengono analizzati confrontando per termo-conducibilità il segnale proveniente dal flusso dell'elio del circuito di misura con quello di elio puro che percorre un circuito, detto di riferimento.

La misura diretta del potere calorifico superiore è stata condotta invece mediante calorimetro di Berthelot-Mahler, seguendo il metodo standard ASTM 5865/04. Il principio di funzionamento si basa sull'equivalenza termica che è possibile stabilire tra il calore sviluppato nel corso della combustione di una quantità nota del campione in esame, con condensazione del vapore liberato, e l'innalzamento di temperatura che subisce il bagno termostatico di acqua in cui si trova immersa la cella o "bomba" calorimetrica. La variazione della capacità termica dipende, oltre che dal calore specifico dell'acqua, anche dalle parti metalliche che costituiscono l'apparecchio di misura; per questo motivo si effettua una calibrazione iniziale, utilizzando uno standard a potere calorifico noto per stabilire il valore caratteristico della capacità termica dello strumento. Il potere calorifico inferiore viene ottenuto analiticamente utilizzando la seguente equazione:

$$PCI = PCS - (9 \cdot 2,5 \cdot H\%) \quad (1)$$

Dove

PCI = potere calorifico inferiore in MJ/kg;

PCS = potere calorifico superiore in MJ/kg;

H% = percentuale in peso dell'idrogeno presente nel campione.

La cella calorimetrica ospita il campione in polvere, compresso in pasticca, alloggiato a sua volta in un crogiolo di quarzo; il comburente è costituito da ossigeno puro caricato ad una pressione di 30 bar all'interno della cella; la reazione di combustione viene innescata dal passaggio di corrente all'interno di una spirale in lega di costantana posta a contatto con la pasticca di campione e collegata a due elettrodi isolati elettricamente e solidali con la cella; l'innesco della reazione genera sviluppo di calore che determina l'innalzamento

della temperatura del bagno di acqua (capacità 2,5 L) nel quale si trova immersa la cella. La temperatura del bagno viene registrata ad intervalli di 30 secondi, per un periodo complessivo di 5 minuti. Questa fase ha lo scopo di verificare la natura isotermica del processo che implica una variazione di temperatura di poche frazioni di grado, tra l'inizio e la fine della reazione, come conseguenza della maggiore capacità termica del bagno rispetto a quella della cella calorimetrica. Al termine della prova, si apre la cella calorimetrica per misurare la massa residua di campione e del filo di costantana utilizzato.

Calcolo del potere calorifico

In base a quanto detto prima, l'espressione analitica finale per la valutazione del potere calorifico superiore è la seguente.

$$PCS = \frac{(T_{fin} - T_{iniz}) \cdot E - e_l}{m} \quad (2)$$

Dove

T_{fin} = temperatura rilevata al termine della combustione, °C;

T_{iniz} = temperatura rilevata all'inizio della combustione, °C;

E = capacità termica del calorimetro, pari a 2.976 cal/°C;

e_l = capacità termica del filo di costantana (prodotto del calore specifico, 1,4 cal/mg/°C per la massa del filo in mg);

m = massa del campione che ha reagito.

Simulazione e calcolo termodinamico

Il calcolo delle emissioni gassose è stato effettuato tramite il software termodinamico HSC Chemistry 5.1 della società finlandese Outokumpu Oy (n. licenza 50313). Il software si avvale di una banca dati termodinamica di ca 15.000 specie chimiche e permette il calcolo dell'equilibrio chimico di un sistema sulla base della minimizzazione dell'energia libera di Gibbs. Ai fini del calcolo della combustione si sono utilizzati i due moduli denominati rispettivamente *Equilibrium composition* e *Heat and Materials Balance*. Il primo, data una lista di reagenti e di prodotti del sistema reagente, calcola le quantità all'equilibrio al variare della composizione, della temperatura e della pressione. Il secondo, permette il calcolo del bilancio di materia e di energia per un sistema termodinamico, date le quanti-

tà in ingresso e in uscita di un insieme di specie chimiche; lo scopo di questo modulo è di verificare il rispetto del bilancio di materia globale per l'insieme di specie inserite e valutarne la condizione energetica (endotermica, esotermica o adiabatica).

Il calcolo della combustione è stato effettuato sotto ipotesi di adiabaticità, avvalendosi dell'utilizzo simultaneo dei due moduli di calcolo sopra descritti. Ricordando che il modulo *Equilibrium composition* calcola gli equilibri solo a temperatura e pressioni costanti, e che *Heat and materials balance* è in grado di calcolare il bilancio globale di energia, si fissa per tentativi una temperatura del sistema, calcolandone il corrispondente equilibrio in termini di composizione, verificando che il bilancio energetico dei reagenti in ingresso (combustibile e comburente) e prodotti in uscita (emissioni gassose) sia pari a zero (condizione di adiabaticità). La procedura iterativa è sinteticamente illustrata dallo schema della figura 1.

I casi studio esaminati

I casi esaminati hanno riguardato due categorie di assorbenti igienici: prodotto per l'infanzia e prodotto per l'incontinenza. Ciascuna di esse presenta una diversa composizione merceologica illustrata dalla figura 2 A-B.

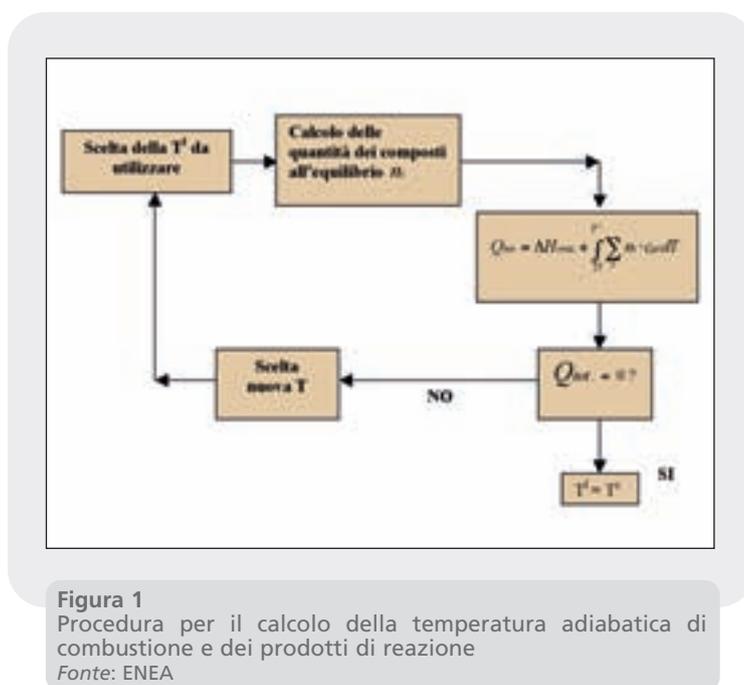


Figura 1

Procedura per il calcolo della temperatura adiabatica di combustione e dei prodotti di reazione

Fonte: ENEA

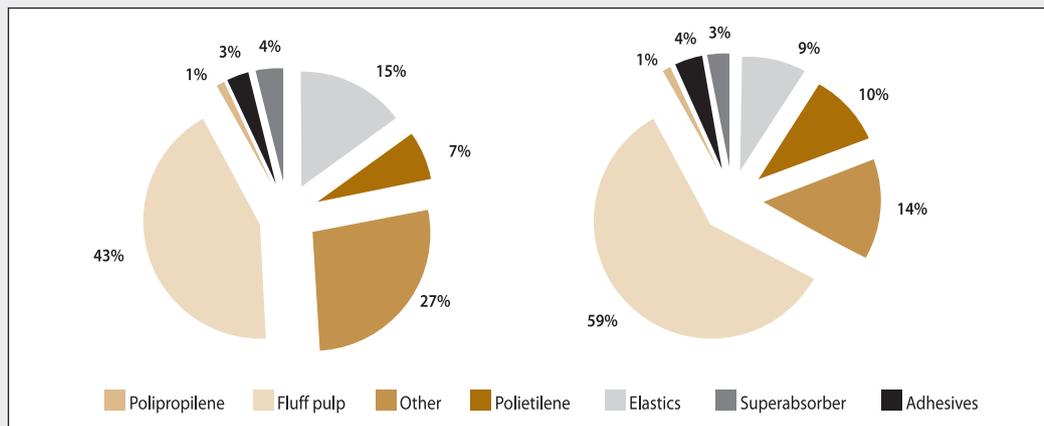


Figura 2
Composizioni merceologiche: A) prodotti per l'infanzia; B) prodotti per l'incontinenza
Fonte: Edana

Le composizioni merceologiche vengono utilizzate per ottenere una valutazione delle composizioni elementari e del potere calorifico inferiore dei prodotti per l'infanzia e dei prodotti per l'incontinenza, combinando secondo l'espressione analitica seguente i risultati delle analisi dei campioni in esame (tabella 1).

$$A_i = \sum_k^N X_k \cdot Y_k \quad (3)$$

Dove

A_i = Parametro analizzato (Carbonio, Idrogeno, Azoto, Ossigeno, PCI) nel prodotto per l'infanzia o per l'incontinenza, in funzione della composizione merceologica selezionata;

X_k = frazione ponderale della componente merceologica k-esima presente negli assorbenti secondo le composizioni in figura 2;

Y_k = Parametro analizzato (Carbonio, Idrogeno, Azoto, Ossigeno, PCI) presente nella componente merceologica k-esima (X_k);

N = numero delle componenti merceologiche presenti nelle composizioni della figura 2.

Come si può osservare dalla figura 2 il numero delle frazioni merceologiche indicate è di 7, mentre quello dei campioni inviati (tabella 1) è di 10. Pertanto, si è predisposta in tabella 2 una tavola equiparativa che permette il confronto tra le voci dei campioni e quelle delle frazioni merceologiche, in mo-

Tabella 2 - Tavola di confronto tra voci merceologiche e campioni esaminati

Frazione merceologica come riportata in Figura 2	Campione analizzato come riportato in Tabella 1			
	N°	Percentuale	Nome campione	Descrizione campione
Polipropilene	3	100%	PP	Polipropilene
Polietilene	7	50%	PE-L	Cover sheet
	8	50%	PE-P	Back sheet
Superabsorber	1	100%	SAP	Superabsorber
Fluff pulp	5	50%	UNT	Wood fluff untreated
	6	50%	T	Wood fluff treated
Elastics	10	100%	ELA	Elastics
Adhesives	2	100%	Colla	Glue
Altro	4	50%	FIBERS	Top sheet – bicomponent non woven
	9	50%	PET	Acquisition distribution Layer

Fonte: ENEA

do da poter utilizzare le analisi effettuate sui campioni per ottenere risultati validi per le categorie di prodotti per l'incontinenza e per l'infanzia.

Risultati

Analisi elementare

Per ciascun componente esaminato è stata effettuata l'analisi elementare i cui risultati sono riportati in *tabella 3*.

Dall'esame della *tabella 3* si osserva che la maggior parte dei campioni mostra una rilevante presenza di carbonio e idrogeno, a conferma della natura idrocarburica del materiale esaminato; in particolare i campioni a base di polietilene (PE-L e PE-P), di polipropilene (PP) e resina adesiva (COLLA) presentano una percentuale di carbonio che supera l'80% e di idrogeno il 10%. I campioni di fluff (T e UNT) mostrano una composizione vicina a quella di una cellulosa, con il carbonio di poco superiore al 40% e l'idrogeno al 7-8%. I campioni PET e *Fibers* si avvicinano alla composizione del PET, mentre il campione elastico ELA è l'unico che in cui si è rilevata presenza di azoto.

Potere calorifico

La misura del potere calorifico per i diversi componenti esaminati è riportata in *tabella 4*. Nell'ultima colonna a destra della tabella sono riportati i valori misurati con il calorimetro di Berthelot-Mahler, mentre nella colonna centrale sono stati riportati, per confronto, i valori di potere calorifico calcolati a partire dalla sola analisi elementare, applicando l'equazione di Dulong (v. 4) che fa riferimento ai calori di combustione dei singoli elementi, espressi in MJ/kg.

$$PCI = 32,959 * C\% + 142,915 * (H\% - O\% / 8) - (9 * 2,5 * H\%) \quad (4)$$

Come è possibile rilevare, il valore di PCI misurabile tramite la prova di Berthelot-Mahler non risulta disponibile per quei campioni (SAP, COLLA e FIBERS) non riducibili alla forma di una pasticca di polvere compressa; in questo caso si è utilizzato il valore di PCI calcolato con l'espressione di Dulong. Dal confronto dei valori tra le due colonne si può notare una concordanza per quel che riguarda l'ordine di grandezza; in generale si nota che per quei campioni dove la percentuale di ossigeno

è bassa (PE-P, PE-L, PP) il PCI stimato con l'equazione di Dulong risulta superiore all'analogo valore misurato tramite calorimetro di Berthelot; la circostanza potrebbe essere dovuta all'effetto endotermico della rottura del legame chimico che viene trascurato dall'applicazione dell'equazione di Dulong. Per quei campioni, invece, dove il valore del PCI stimato dall'equazione di Dulong è inferiore a quello misurato con il calorimetro di Berthelot, potrebbe risultare predominante l'effetto dell'approssimazione secondo la quale l'ossigeno contenuto nel campione risulterebbe combinato con il solo idrogeno (sottraendo energia utile in fase di combustione) e non, per esempio con il carbonio, per formare carbonati.

Tabella 3 - Analisi elementare dei campioni esaminati

Campione	Elemento chimico analizzato in frazioni ponderali			
	C	H	N	O ⁽¹⁾
SAP	0,409	0,053	0,000	0,538
COLLA	0,857	0,126	0,000	0,016
PP	0,835	0,162	0,000	0,000
FIBERS	0,731	0,102	0,000	0,167
UNT	0,431	0,081	0,000	0,488
T	0,440	0,071	0,000	0,489
PE-P	0,814	0,159	0,000	0,000
PE-L	0,810	0,161	0,000	0,000
PET	0,638	0,047	0,000	0,315
ELA	0,680	0,151	0,029	0,140

(1) L'ossigeno è dato per differenza

Fonte: ENEA

Tabella 4 - Il Potere Calorifico Inferiore dei campioni esaminati

Campione	PCI - Analisi elementare	PCI- bomba Mahler
	MJ/kg	MJ/kg
SAP	10,23	-
COLLA	43,13	-
PP	47,02	43,82
FIBERS	33,44	32,66
UNT	15,26	14,99
T	14,33	15,81
PE-P	45,95	40,68
PE-L	46,14	40,83
PET	21,08	22,78
ELA	38,08	-

Fonte: ENEA

Risultati analitici per i prodotti merceologici

Sulla base dei risultati analitici di composizione elementare di *tabella 3* e di PCI di *tabella 4*, applicando l'espressione

$$A_i = \sum_k^N X_k \cdot Y_k \quad (3)$$

si ricava la composizione elementare e il PCI del prodotto per l'infanzia e del prodotto per l'incontinenza. I risultati sono riportati in *tabella 5*.

Dal confronto tra i valori delle due categorie di prodotto si osserva una sostanziale somiglianza, laddove la di poco superiore percentuale di carbonio e idrogeno negli assorbenti per l'infanzia è dovuta alla minore percentuale di *fluff* nella composizione merceologica (*figura 2*). Per quanto riguarda la misura del potere calorifico, si è cercata un'ulteriore prova di riscontro, sottoponendo un campione commerciale di assorbente per l'infanzia a combustione mediante calorimetro di Berthelot, ottenendo un valore di 22,38 MJ/kg, in buon accordo quindi con i due risultati riportati in *tabella 5* di 21,59 e di 21,47 MJ/kg. È interessante osservare che questo materiale, privo di umidità, sviluppa un potere calorifico maggiore di un Combustibile Da Rifiuto (CDR), pari a 15 MJ/kg, secondo quanto prescritto dal DM 05/02/98 e minore di un carbone, pari a ca. 30 MJ/kg, secondo quanto riportato in uno studio ENEA di caratterizzazione (Ricci G., 2009).

Calcolo delle emissioni

I risultati dell'analisi elementare e del potere calorifico inferiore riportati nel paragrafo precedente sono stati utilizzati per valutare, mediante il software HSC Chemistry, un ipotetico processo di

combustione con aria umida comburente, in condizioni termodinamiche adiabatiche, in termini di temperatura di combustione, portata e composizione delle emissioni gassose generate ed energia sviluppata. I casi di combustione sono stati applicati ai quattro casi seguenti:

- 1) assorbente per l'infanzia privo di umidità;
- 2) assorbente per l'infanzia "umido";
- 3) assorbente per adulto privo di umidità;
- 4) assorbente per adulto "umido".

I casi 1) e 3) hanno preso in esame il prodotto secco, considerando la combustione di 1.000 kg di materiale; i casi 2) e 4) hanno preso in esame invece il prodotto "umido", considerando il caso di combustione applicata ad un prodotto costituito ancora da 1.000 kg di materiale secco e da una quantità di acqua tale che sul totale risultasse una frazione di umidità assorbita del 50%. È interessante aggiungere che nel corso di prove preliminari sperimentali si è valutato che il grado di imbibizione raggiungibile da un comune assorbente per l'infanzia commerciale è risultato essere pari al 90% rispetto al materiale umido. Una simulazione di combustione applicata al caso di massima imbibizione non produrrebbe alcun risultato utile, a causa della percentuale troppo bassa (10%) della frazione secca combustibile. Ci si è quindi orientati al caso di umidità al 50%, in modo da poter studiare l'effetto sul potenziale termico globale e sulle emissioni per una condizione generica di umidità del materiale in esame.

L'impostazione dei calcoli della combustione ha richiesto l'inserimento nei moduli del programma di simulazione di un insieme di composti la cui composizione elementare e il cui potere calorifico globali replicassero i valori riportati in *tabella 5*. È stato inoltre necessario inserire un insieme di prodotti gassosi che simulassero i composti generati dalla combustione. Per la simulazione del combustibile (ovvero dell'assorbente igienico per l'infanzia o per adulti) sono stati selezionati 20 composti tra quelli disponibili nella banca dati del software HSC, in modo da tenere conto delle informazioni merceologiche e dei risultati delle analisi dei componenti degli assorbenti, come riportate in *tabella 1* e in *tabella 3* rispettivamente. Dopo aver individuato le specie chimiche per la simulazione del combustibile, si sono calcolate con il metodo dei minimi quadrati, le per-

Tabella 5 - Analisi elementare e PCI per assorbenti igienici

Assorbenti per l'infanzia		Assorbenti per adulti	
C	0,5398	C	0,5322
H	0,0907	H	0,0917
O	0,3668	O	0,3727
N	0,0003	N	0,0003
PCI, MJ/kg	21,59	PCI, MJ/kg	21,47

Fonte: ENEA

centuali di ciascuna da inserire nei moduli di calcolo di HSC. A titolo esemplificativo si riporta in *tabella 6* il risultato, nel caso di assorbente per l'infanzia.

La selezione dell'insieme di specie chimiche simulanti il combustibile ha permesso di stabilire anche le quantità di comburente, assumendo una combustione da realizzarsi in condizioni stechiometriche. Come comburente si è ipotizzata aria costituita da ossigeno (21% vol.), azoto (78% vol.) e vapore (1% vol.), considerando un valore di umidità relativa dell'80% a 20 °C. Per ciascuno dei quattro punti indicati all'inizio del presente paragrafo si è predisposta una tabella che sintetizza i risultati del bilancio di materia, la temperatura di combustione ottenuta e la potenza termica sviluppata. Con il termine di combustibile si è indicato l'insieme delle specie chimiche simulanti l'assorbente igienico, 1.000 kg di materiale nel caso di combustione dell'assorbente secco e 2.000 kg nel caso di combustione di assorbente umido (1.000 kg di sostanza secca e 1.000 kg come acqua). Le quantità delle specie gassose sono date in kg e in Nm³.

Dall'esame dei risultati riportati nelle *tabelle 7 e 8* si osserva che la combustione del materiale in esame non dipende dalla categoria di assorbente considerata (se per l'infanzia o per adulti), come era del resto da attendersi a causa della prossimità della composizione elementare dei prodotti di partenza (*tabella 5*). Per quanto riguarda le emissioni gassose generate dalla combu-

stione, si può rilevare che le specie chimiche che presentano una maggiore pericolosità dal punto di vista dell'impatto ambientale sono il monossido di carbonio (poco più dell'1% v.v., corrispondente a oltre 15.000 mg/Nm³, nel caso di combustione di prodotto secco, e 0,06% v.v., corrispondente a circa 600 mg/Nm³, nel caso di combustione di prodotto umido) e il complesso di NO_x la cui concentrazione globale supera 600 mg/Nm³. A tale proposito si ricorda che secondo il Dlgs 11 maggio 2005 n. 133, il limite di emissione di CO, come valore medio orario, è di 100 mg/Nm₃, e che il limite per gli ossidi di azoto, come media su 30 minuti è di 400 mg/Nm₃. Nell'ambito della famiglia degli idrocarburi policiclici aromatici, che pure è stata considerata dal calcolo, non si forma all'equilibrio nessun composto. L'elevata concentrazione di CO e di NO_x, come pure l'assenza di specie idrocarburiche superiori, è dovuta sia alle elevate temperature di combustione, che alle quantità stechiometriche del comburente, condizioni alle quali sono stati calcolati gli equilibri. La combustione di campione umido provoca l'abbassamento della temperatura di combustione adiabatica (da ca. 1.980 °C per la combustione di prodotto secco a ca. 1.540 °C per la combustione di prodotto umido), con simultaneo effetto diluente dei fumi; infine si nota il drastico abbassamento del potere calorifico del combustibile, che passa dagli oltre 21 MJ/kg nel prodotto secco a poco più di 9 MJ/kg nel prodotto umido.

Tabella 6 - Specie chimiche selezionate per la simulazione del combustibile (caso dell'assorbente per l'infanzia) e loro percentuale

C ₆ H ₁₂ O ₆	C ₃ H ₄ O ₄	C ₂ H ₆ O	CH ₃ OH	C ₇ H ₈ O
49,3%	19,98%	0,05%	0,03%	0,08%
C ₈ H ₆ O ₄	C ₅ H ₉ NO ₄	C ₃ H ₅ N	C ₂ H ₄	C ₃ H ₆
4,13%	0,21%	2,99%	7,15%	15,09%
C ₃ H ₆	C ₈ H ₈	C ₈ H ₈ O	C ₄ H ₆	C ₃ H ₃ N
0,13%	0,11%	0,19%	0,13%	0,07%
C ₁₀ H ₁₆ O	C ₁₀ H ₁₈ O ₄	C ₃ H ₈ O	C ₄ H ₁₀ O	C ₃ H ₆ O
0,09%	0,07%	0,07%	0,08%	0,06%

Fonte: ENEA

Tabella 7 - Risultati del calcolo della combustione applicato al caso dell'assorbente igienico per l'infanzia

PCI	21,59 MJ/kg				9,54 MJ/kg			
Umidità	0%				50%			
Temperatura di combustione adiabatica, °C	1981 °C				1.544 °C			
Potenza termica sviluppata	5,99 MWt				2,65 MWt			
	Assorbente "secco"				Assorbente "umido"			
	Quantità		Concentrazioni		Quantità		Concentrazioni	
	kg	Nm ³		u.m.	kg	Nm ³		u.m.
Quantità in ingresso								
Combustibile	1.000	-			1.000			
Umidità					1.000			
Aria stechiometrica umida	6.930	5.509			6.930	5.509		
di cui:								
O ₂	1.597	1.138			1.597	1.138		
N ₂	5.259	4.279			5.259	4.279		
H ₂ O (gas)	73,50	91,50			73,50	91,45		
Prodotti della reazione	7.930	6.272			8.932	7.480		
di cui:								
O ₂ (g)	73,15	52,10	0,84	%v.v	20,70	14,75	0,20	%v.v
N ₂ (g)	5.265	4.284	68,26	%v.v	5.267	4.285	57,29	%v.v
H ₂ O (g)	772	961	15,37	%v.v	1.776	2.210	29,55	%v.v
CO(g)	95,99	78,10	1,23	%v.v	6,08	4,95	0,06	%v.v
CO ₂ (g)	1.720	890,98	14,22	%v.v	1.861,61	964,07	12,89	%v.v
N ₂ O(g)	3,32E-04	1,72E-04	5,29E-02	mg/Nm ³	4,08E-005	2,11E-005	5,45E-03	mg/Nm ³
NO(g)	4,00	2,98	6,38E+02	mg/Nm ³	0,53	0,39	7,09E+01	mg/Nm ³
NO ₂ (g)	1,59E-03	7,86E-04	2,54E-01	mg/Nm ³	2,06E-04	1,02E-04	2,75E-02	mg/Nm ³
N(g)	1,27E-05	2,29E-05	2,02E-03	mg/Nm ³	2,37E-008	3,79E-008	3,17E-06	mg/Nm ³
NO ₃ (g)	9,28E-10	3,36E-10	1,48E-07	mg/Nm ³	3,24E-011	1,17E-011	4,33E-09	mg/Nm ³
N ₂ O ₄ (g)	1,63E-16	3,86E-17	2,60E-14	mg/Nm ³	4,47E-018	1,09E-018	5,98E-16	mg/Nm ³
N ₂ O ₅ (g)	3,91E-20	8,12E-21	6,23E-18	mg/Nm ³	4,94E-022	1,02E-022	6,60E-20	mg/Nm ³
N ₂ O ₃ (g)	1,37E-11	9,45E-12	2,18E-09	mg/Nm ³	3,32E-013	2,30E-013	4,44E-11	mg/Nm ³
H ₂ (g)	0,249	2,826	3,97E+01	mg/Nm ³	0,038	0,43	5,08E+00	mg/Nm ³
CH ₄ (g)	8,84E-14	1,23E-14	1,41E-11	mg/Nm ³	1,83E-016	2,56E-016	2,45E-14	mg/Nm ³
HNO ₃ (g)	3,88E-09	1,38E-09	6,19E-07	mg/Nm ³	7,50E-010	2,67E-010	1,00E-07	mg/Nm ³
C ₂₀ H ₁₂ (BaPg)	0	0			0	0		
C ₁₆ H ₁₀ (Pg)	0	0			0	0		
C ₁₂ H ₈ (ANPHg)	0	0			0	0		
C ₁₂ H ₁₀ (ANg)	0	0			0	0		
C ₁₄ H ₁₀ (PAg)	0	0			0	0		
C ₆ H ₅ (g)	0	0			0	0		
C ₆ H ₆ (BZEg)	0	0			0	0		
C ₁₆ H ₁₂ (APHEg)	0	0			0	0		
C ₁₄ H ₁₀ (Ag)	0	0			0	0		
C ₁₄ H ₁₂ (Pg)	0	0			0	0		

Fonte: ENEA

Tabella 8 - Risultati del calcolo della combustione applicato al caso dell'assorbente igienico per adulti

PCI	21,47 MJ/kg				9,49 MJ/kg			
Umidità	0%				50%			
Temperatura di combustione adiabatica, °C	1979 °C				1.540 °C			
Potenza termica sviluppata	5,96 MWt				2,63 MWt			
	Assorbente "secco"				Assorbente "umido"			
	Quantità		Concentrazioni		Quantità		Concentrazioni	
	kg	Nm ³		u.m.	kg	Nm ³		u.m.
Quantità in ingresso								
Combustibile	1.000	-			1.000			
Umidità	0				1.000			
Aria stechiometrica umida	6.886	5.473			6.886	5.473		
di cui:								
O ₂	1.587	1.130			1.587	1.130		
N ₂	5.226	4.252			5.226	4.252		
H ₂ O (gas)	72,96	90,78			72,96	90,78		
Prodotti della reazione	7.886	6.236			8885	7.443		
di cui:								
O ₂	73,29	52,20	0,84	%v.v	22,84	16,27	0,22	%v.v
N ₂	5.232	4.257	68,26	%v.v	5.233,18	4.258,08	57,21	%v.v
H ₂ O (gas)	770,31	958,38	15,37	%v.v	1.772,19	2.204,87	29,62	%v.v
CO(g)	94,18	76,63	1,23	%v.v	5,57	4,53	0,06	%v.v
CO ₂ (g)	1712	887	14,22	%v.v	1851,54	958,85	12,88	%v.v
N ₂ O(g)	3,29E-04	1,71E-04	5,28E-02	mg/Nm ³	4,22E-05	2,19E-05	5,67E-03	mg/Nm ³
NO(g)	3,97	2,97	6,37E+02	mg/Nm ³	0,55	0,41	7,39E+01	mg/Nm ³
NO ₂ (g)	0,002	0,001	3,21E-01	mg/Nm ³	2,26E-04	1,12E-04	3,04E-02	mg/Nm ³
N(g)	1,24E-05	1,98E-05	1,99E-03	mg/Nm ³	2,23E-08	3,56E-08	3,00E-06	mg/Nm ³
NO ₃ (g)	9,30E-10	3,36E-10	1,49E-07	mg/Nm ³	3,71E-11	1,34E-11	4,98E-09	mg/Nm ³
N ₂ O ₄ (g)	1,64E-16	3,99E-17	2,63E-14	mg/Nm ³	5,43E-18	1,32E-18	7,30E-16	mg/Nm ³
N ₂ O ₅ (g)	3,95E-20	8,21E-21	6,33E-18	mg/Nm ³	6,32E-22	1,31E-22	8,49E-20	mg/Nm ³
N ₂ O ₃ (g)	1,37E-11	9,45E-12	2,20E-09	mg/Nm ³	3,80E-13	2,63E-13	5,11E-11	mg/Nm ³
H ₂ (g)	0,245	2,781	3,93E+01	mg/Nm ³	0,035	0,399	4,70E+00	mg/Nm ³
CH ₄ (g)	8,45E-14	1,18E-13	1,36E-11	mg/Nm ³	1,36E-16	1,90E-16	1,83E-14	mg/Nm ³
HNO ₃ (g)	3,90E-09	1,39E-09	6,25E-07	mg/Nm ³	8,44E-10	3,00E-10	1,13E-07	mg/Nm ³
C ₂₀ H ₁₂ (BaPg)	0	0			0	0		
C ₁₆ H ₁₀ (Pg)	0	0			0	0		
C ₁₂ H ₈ (ANPHg)	0	0			0	0		
C ₁₂ H ₁₀ (ANG)	0	0			0	0		
C ₁₄ H ₁₀ (PAG)	0	0			0	0		
C ₆ H ₅ (g)	0	0			0	0		
C ₆ H ₆ (BZEg)	0	0			0	0		
C ₁₆ H ₁₂ (APHEg)	0	0			0	0		
C ₁₄ H ₁₀ (Ag)	0	0			0	0		
C ₁₄ H ₁₂ (Pg)	0	0			0	0		

Fonte: ENEA

Conclusioni

È stata condotta un'attività sperimentale di caratterizzazione dei semilavorati componenti i prodotti assorbenti igienici per l'infanzia e per l'incontinenza, contestualmente a valutazioni della combustione svolte mediante software termodinamico. Dai risultati delle analisi è emerso che ai fini del loro possibile recupero, i materiali esaminati esprimono, in assenza di umidità, un contenuto energetico superiore a quello di un generico CDR (combustibile da rifiuto) e inferiore a quello di un coke. D'altra parte, nel caso di imbibizione massima (pari al 90% di contenuto d'acqua sul peso totale dell'assorbente), questi materiali perderebbero completamente le loro qualità di combustibile. Tuttavia, nel caso di una concentrazione di umidità al 50%, l'interesse per questo prodotto dal

punto di vista energetico torna ad essere significativo perché è associato ad un potere calorifico prossimo a quello di un rifiuto indifferenziato. La valutazione delle emissioni gassose eseguita in condizioni di combustione adiabatica e con aria umida in quantità stechiometrica, ha evidenziato, per effetto delle elevate temperature alle quali sono state calcolati gli equilibri di reazione e del rapporto comburente/combustibile, la formazione di CO e NOx in concentrazioni rilevanti e la contestuale assenza di idrocarburi superiori. I risultati ottenuti nel caso di contenuto di umidità del 50% sulla quantità totale di assorbente da sottoporre a combustione ha evidenziato, inoltre, una qualità dei fumi con concentrazioni inferiore rispetto al caso della combustione dell'analogo prodotto secco, a causa dell'effetto diluente dell'umidità aggiunta in ingresso.

Riferimenti bibliografici

- EDANA. (2007), *Sustainability Report - Absorbent Hygiene Products*, www.edana.org
Ricci G., Deiana P., Bassano C., Veca E. (2009), *Attività di caratterizzazione del carbone*, Rapporto ENEA RSE/2009/24.

Gli acquisti pubblici verdi: il *Green Public Procurement* e la gestione dei rifiuti

Fausta Finzi, Mario Montini

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

La promozione dell'acquisto di prodotti e servizi a ridotto impatto ambientale da parte delle pubbliche amministrazioni (Acquisti pubblici verdi o GPP), è parte integrante della politica ambientale europea e di quella nazionale in quanto in grado di favorire in modo significativo una produzione ed un consumo più sostenibili. Per lo sviluppo di criteri GPP per il servizio di gestione dei rifiuti il Ministero dell'Ambiente si avvale della collaborazione dell'ENEA

Green Public Procurement and Waste Management

Promotion of GPP (purchasing of environmentally-friendly goods, works and services by Public administrations) is an integral part of the EU and national environmental policies as it gives an important contribution to more sustainable consumption and production. GPP criteria for waste management service are being defined by the Italian Ministry of Environment in collaboration with ENEA

L'economia e la società occidentali sono caratterizzate dalla produzione e commercializzazione di una grande quantità di prodotti, servizi e lavori, di una vasta gamma di tipi diversi che, nell'arco della loro vita, hanno un impatto complessivamente molto significativo sull'ambiente. Il volume annuo degli acquisti delle pubbliche amministrazioni centrali e locali, sia nell'Unione Europea sia nei singoli Paesi Membri, costituisce una parte consistente dell'insieme delle transazioni annue effettuate (nel 2003 è stata stimata pari al 16% del prodotto interno lordo comunitario)¹. È quindi evidente che acquisti pubblici orientati in modo sistematico, coerente, verificabile verso prodotti/lavori/servizi a ridotto impatto ambientale, i cosiddetti acquisti pubblici verdi o *Green Public Procurement* (GPP), potrebbero condizionare in modo significativo la produzione di tali prodotti/lavori/servizi e quindi l'offerta, ma anche la domanda, fungendo da esempio e traino agli acquirenti privati.

La normativa europea e nazionale sugli appalti pubblici consente ampie possibilità di tener conto degli aspetti ambientali nell'aggiudicazione dei contratti. In ogni caso le autorità pubbliche possono influire sui mercati, ad esempio promuovendo, con l'acquistarli, la diffusione di prodotti più ecologici. Come si evince dalla descrizione che segue, le norme europee e nazionali sugli acquisti pubblici verdi oggi sono prevalentemente volontarie, mirate a consentire e incentivare l'attuazione del GPP senza imporre obblighi alle amministrazioni pubbliche. Tuttavia in più di una Comunicazione della Commissione viene segnalata l'opportunità di rendere cogenti tali norme per aumentare la diffusione del GPP e aumentarne gli effetti benefici sul sistema economico-sociale e sull'ambiente.

Il GPP nella politica ambientale europea

Per questi motivi, già da alcuni anni l'Unione Europea indica nel GPP un importante strumen-

to per l'attuazione della Politica Integrata di Prodotto (*Integrated Product Policy-IPP*) e della Produzione e del Consumo Sostenibili (*Sustainable Consumption and Production-SCP*), che concorrono a costituire la più generale politica dell'Unione Europea per uno Sviluppo economico e sociale ambientalmente Sostenibile che possa soddisfare i bisogni delle attuali generazioni senza compromettere quelli delle generazioni future.

I principali atti formali che hanno promosso l'utilizzo del GPP come strumento per la realizzazione di uno Sviluppo Sostenibile nell'Unione Europea sono sinteticamente illustrati di seguito.

- **Il sesto Piano d'Azione per l'ambiente** approvato nel 2002² prevede tra gli strumenti, per la realizzazione degli obiettivi ambientali individuati, la promozione di appalti pubblici "verdi" che tengano cioè conto delle caratteristiche ambientali di prodotti, lavori e servizi integrando nelle procedure di appalto considerazioni inerenti al ciclo di vita, compresa la fase della produzione".
- **La Comunicazione della Commissione sulla politica integrata dei prodotti** (*Integrated Product Policy-IPP*) del 2003¹ evidenzia il ruolo che il miglioramento delle prestazioni dei prodotti basato sulla riduzione degli impatti ambientali significativi, lungo l'intero ciclo di vita, può avere nel migliorare la competitività dell'industria a lungo termine. La politica integrata dei prodotti, infatti, cerca di incoraggiare i produttori a realizzare nuovi prodotti con migliori prestazioni e minori impatti ambientali, soprattutto in quelle fasi del ciclo di vita in cui tali impatti sono più significativi. Perché la politica integrata dei prodotti sia efficace occorre un quadro giuridico ed economico che promuova lo sviluppo e l'acquisto di prodotti più ecologici; ed è necessario ricorrere a stru-

1. COM(2003) 302 – Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo *Politica integrata dei prodotti – Sviluppare il concetto di ciclo di vita ambientale*, Brussels, 18.6.2003.
2. Decisione n. 1600/2002/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 luglio 2002, che istituisce il Sesto Programma Comunitario di azione in materia di ambiente (GUCE 10 settembre 2002, L. 242).

menti diversi, a livello europeo e nazionale, quali ad esempio accordi volontari, la messa al bando di sostanze ad alto impatto ambientale, etichette di prodotto, linee guida per la progettazione ecc. L'integrazione delle esigenze ambientali negli appalti pubblici è uno di questi strumenti: la normativa sugli appalti la consente, ma molto c'è da fare per sensibilizzare le amministrazioni pubbliche e fornire loro le informazioni e le conoscenze tecniche per attuarla.

- Le nuove Direttive sugli appalti pubblici³ del 2004 stabiliscono modalità e limiti per definire specifiche di prestazione in una gara d'appalto pubblica e introdurre legittimamente criteri atti a ridurre l'impatto ambientale dei beni, servizi o lavori che si vogliono acquistare.
- Il Piano d'Azione per le tecnologie ambientali (*Environmental Technology Action Plan – ETAP*)⁴, finalizzato a sfruttare il potenziale che tali tecnologie hanno per ridurre le pressioni sulle risorse naturali, per migliorare la qualità della vita e per incentivare la crescita economica, riconosce il ruolo del GPP come strumento di creazione di una domanda consistente di tecnologie ambientali, che tenga conto dei costi nell'intero ciclo di vita del prodotto e che possa incentivare gli investimenti nelle tecnologie ambientali e quindi la loro diffusione.
- La rinnovata strategia europea sullo svilup-

po sostenibile *EU Sustainable Development Strategy* (EU SDS), approvata nel 2006 dal Consiglio dell'Unione Europea, stabilisce l'obiettivo di raggiungere entro il 2010 un livello medio di GPP pari a quello dei Paesi Membri con le migliori prestazioni.

- La Direttiva sull'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici del 2006⁵ prevede che in ciascun Paese Membro la pubblica amministrazione dia il buon esempio per quanto riguarda gli acquisti, la gestione e la manutenzione degli apparecchi che utilizzano energia, l'acquisto di servizi energetici e le altre azioni per migliorare l'efficienza energetica ed infine, ma non meno importante, l'utilizzo di criteri di efficienza energetica nelle proprie procedure di acquisto. La Direttiva è stata recepita in Italia con il DLgs 115/2008, modificato dal DLgs 56/2010⁶ che obbliga la pubblica amministrazione⁷ ad acquistare apparecchi, impianti, autoveicoli ed attrezzature che consumano energia con ridotto consumo energetico.
- Un GPP *Training Toolkit*, elaborato per conto della Commissione europea dall'ICLEI–Governi Locali per la Sostenibilità nel 2008, comprende indicazioni e suggerimenti per l'attuazione di acquisti verdi da parte delle amministrazioni pubbliche ed una proposta di criteri ambientali da utilizzare nelle procedure pubbliche di acquisto per 20 categorie di prodotti/servizi⁸.

3. Vedi direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE, sugli appalti pubblici di lavori servizi e forniture, recepite in Italia nel 2006 con il Decreto legislativo n. 163, che definiscono modalità e limiti per introdurre legittimamente in una gara d'appalto pubblica criteri atti a ridurre l'impatto ambientale di beni, servizi o lavori.

4. COM(2004) 38 - Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo *Incentivare le tecnologie per lo sviluppo sostenibile: piano d'azione per le tecnologie ambientali nell'Unione europea* del 28/1/2004.

5. Direttiva 2006/32/EC del 5 Aprile 2006 che abroga la direttiva 93/76/CEE del Consiglio (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0064:0085:EN:PDF>).

6. DLgs 30 maggio 2008, n. 115 *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE* – GU n. 154 del 3/7/08, e DLgs 29/3/10 n. 56 - GU n. 92 del 21/4/10.

7. Art. 14, *Apparecchiature e impianti per la pubblica amministrazione*.

8. *Carta grafica e per fotocopie, Prodotti e servizi di pulizia, Attrezzature IT per ufficio, Costruzioni, Trasporti, Arredi, Energia elettrica, Alimenti e servizi di ristorazione, Tessili, Prodotti e servizi per giardini ed inoltre: Telefoni cellulari, Sistemi di cogenerazione – CHP, Caldaie, Sistemi di condizionamento e pompe di calore, Isolanti termici, Pannelli murari, Rivestimenti rigidi per pavimenti, Serramenti, Illuminazione pubblica e semafori, Costruzione di strade e segnaletica stradale*.

- Il Regolamento (CE) n. 106/2008⁹, che fissa le regole del programma comunitario di etichettatura sull'efficienza energetica per le attrezzature per ufficio, quali calcolatori, schermi (scanner, stampanti, apparecchi multifunzione, fotocopiatrici, fax ecc.) obbliga i governi centrali e le istituzioni comunitarie ad acquistare attrezzature per ufficio IT (Information Technology) che soddisfino requisiti di efficienza energetica non meno elevati di quelli dell'*Energy Star*.
- La Comunicazione della Commissione Europea *Acquisti pubblici per un ambiente migliore*¹⁰ emessa nell'ambito del cosiddetto "pacchetto" di proposte della Commissione del luglio 2008¹¹, orientata alla realizzazione di un consumo e di una produzione sostenibili e alla maggiore competitività dell'industria attraverso il miglioramento delle prestazioni ambientali dei prodotti e l'aumento della domanda di beni e tecnologie sostenibili, prevede ambiziosi obiettivi per il GPP a livello europeo.
- La proposta di revisione della Direttiva sull'etichetta energetica degli elettrodomestici¹², presentata dalla Commissione nel novembre 2008¹³, riguarda la sua estensione dai soli elettrodomestici a tutti i prodotti che usano energia, anche nei settori commerciale e industriale comprendendo anche i prodotti "correlati" all'energia, come ad esempio le finestre, che possono contribuire al risparmio di energia, con l'esclusione dei trasporti. La proposta prevede che sia identificata una classe di etichettatura come livello minimo per gli acquisti delle pubbliche amministrazioni.
- Anche la Comunicazione su Produzione e Consumo Sostenibili e sul Piano d'Azione per una politica industriale sostenibile del luglio 2008 conferma la necessità di stabilire livelli obbligatori minimi di prestazione per gli acquisti pubblici.
- La proposta di modifica¹⁴ della direttiva sulle prestazioni energetiche degli edifici¹⁵ promuove una maggiore partecipazione del settore pubblico, invitandolo a svolgere un ruolo esemplare con riguardo agli acquisti, alla gestione e alla manutenzione degli edifici pubblici.
- Il Regolamento Ecolabel¹⁶ ha lo scopo di promuovere i prodotti presenti sul mercato che hanno le migliori prestazioni ambientali, fornendo infor-

9. Regolamento (CE) n. 106/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 gennaio 2008 *concernente un programma comunitario di etichettatura relativa ad un uso efficiente dell'energia per le apparecchiature per ufficio* (Energy Star) - <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:039:0001:0007:EN:PDF>, sulla base dell'Accordo del 20 dicembre 2006 tra governo degli Stati Uniti e Comunità Europea sulla coordinazione dei programmi di etichettatura di efficienza energetica per le attrezzature per ufficio.

10. COM(2008) 400 del 16/7/2008 – Comunicazione su *Acquisti pubblici per un ambiente migliore*.

11. Il pacchetto contiene inoltre i seguenti documenti:

COM(2008) 397 – *Communication on the Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan*.

COM(2008) 399 – *Proposal for a Directive establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy related products*.

COM(2008) 401 – *Proposta di Regolamento relativo ad un sistema per il marchio comunitario di qualità ecologica (Ecolabel)*.

COM(2008) 402 – *Proposta di Regolamento sull'adesione volontaria delle organizzazioni a un sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS)*.

12. Direttiva 92/75/CEE del 22 settembre 1992, *concernente l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse degli apparecchi domestici, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti*.

13. COM(2008) 778 finale (Non pubblicata in GU) *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council of 13 November 2008 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products*.

14. COM(2008) 780 - Proposta di direttiva del parlamento europeo e del consiglio sul *rendimento energetico nell'edilizia*, del 13/11/2008 - <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0780:FIN:IT:PDF>.

15. Direttiva 2002/91/EC.

16. Regolamento (CE) n. 66/2010, del 25 novembre 2009, *relativo al marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea (Ecolabel UE)*, art. 7 punti 1 e 4 e art. 12 punto 3.

mazioni accurate affidabili e scientificamente fondate sugli impatti ambientali durante l'intero arco della loro vita. Il Regolamento prevede che sia redatto un manuale per le stazioni appaltanti pubbliche e che i criteri definiti per l'Ecolabel possano essere utilizzati negli appalti pubblici.

- La Direttiva 2009/33/CE del 23 aprile 2009¹⁷ (in corso di recepimento da parte del governo italiano), relativa all'acquisto di veicoli per il trasporto stradale da utilizzare nell'ambito di un contratto di servizio pubblico di trasporto passeggeri, obbliga gli acquirenti a tener conto del consumo di energia e delle emissioni di CO₂ e di altri inquinanti. L'obbligo può essere assolto sia tenendo conto dei costi indiretti conseguenti a questi aspetti, calcolati con specifica metodologia descritta nella Direttiva, sia definendo specifiche tecniche o criteri premianti relativi alle prestazioni energetiche ed ambientali dei veicoli da acquistare (criteri GPP).

Il GPP nella politica ambientale italiana

- Una prima applicazione di acquisti verdi pubblici (GPP) è stata introdotta in Italia dalla Legge Finanziaria 2002¹⁸ che ha posto l'obbligo alle Regioni di adottare disposizioni affinché gli uffici e gli enti pubblici, e le società a prevalente capitale pubblico, anche di gestione dei servizi, coprano il fabbisogno annuale di determinate categorie di manufatti e beni, con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo. Questa legge definisce obiettivo fondamentale la creazione di un mercato per i prodotti derivanti dalle operazioni di riciclaggio, che è una componente fondamentale delle attività di gestione

dei rifiuti, e l'ampliamento del mercato di manufatti e beni ottenuti da tali prodotti.

In attuazione di questa previsione, nel 2003 il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare ha stabilito con decreto¹⁹ la definizione di materiale riciclato e le specifiche metodologie di calcolo della quantità di materiale riciclato per alcune categorie di prodotti.

- Nel 2006 il "Codice dei contratti pubblici"²⁰, recependo le direttive europee n. 17 e n. 18 del 2004, ha stabilito che il principio di economicità può essere subordinato, entro limiti definiti, a criteri ispirati a esigenze sociali, nonché alla tutela della salute e dell'ambiente e alla promozione dello sviluppo sostenibile (art. 2 comma 2). Inoltre ha stabilito che le specifiche tecniche, ogniqualvolta sia possibile, devono essere definite in modo da tenere conto anche della tutela ambientale (art. 68 comma 1), potendo essere mutate dalle ecoetichettature europee (multi)nazionali o da qualsiasi altra ecoetichettatura (comma 9). Inoltre, le stazioni appaltanti possono esigere condizioni particolari per l'esecuzione del contratto che possono attenersi, in particolare, a esigenze sociali o ambientali (art. 69 comma 1) e, quando il contratto è affidato con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, i criteri di valutazione dell'offerta possono comprendere caratteristiche ambientali quali ad esempio il contenimento dei consumi energetici e delle risorse ambientali dell'opera o del prodotto, il costo di utilizzazione e manutenzione, l'impegno dell'appaltatore a fornire i pezzi di ricambio, la sicurezza di approvvigionamento (art. 83, comma 1). Infine tra i requisiti di capacità tecnica e professionale

17. Direttiva 2009/33/CE del 23 aprile 2009 *relativa alla promozione di veicoli puliti e a basso consumo energetico nel trasporto su strada*.

18. Legge 28 dicembre 2001, n. 448, *Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato* (Legge finanziaria 2002 - G.U. n. 301 del 29 dicembre 2001, SO n. 285) - Art. 52, comma 56.

19. DM 8 maggio 2003, n. 203, *Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo* (GU 5 agosto 2003, n. 180).

20. Dlgs 12 aprile 2006, n. 163 *Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE*, pubblicato nella GU n. 100 del 2 maggio 2006 - SO n. 107.

dell'appaltatore possono essere richieste le misure di gestione ambientale (Art. 40 comma 4 e art. 44 comma 1).

- Nello stesso anno, la Legge Finanziaria 2007²¹ ha disposto l'attuazione e il monitoraggio di un Piano d'Azione, da redigersi da parte del Ministero dell'Ambiente, volto all'integrazione delle esigenze di sostenibilità ambientale nelle procedure di acquisto da parte delle amministrazioni pubbliche di beni e servizi, di alcune categorie merceologiche considerate prioritarie, sulla base dei seguenti criteri:

1. riduzione dell'uso delle risorse naturali;
2. sostituzione delle fonti energetiche non rinnovabili con fonti rinnovabili;
3. riduzione della produzione di rifiuti;
4. riduzione delle emissioni inquinanti;
5. riduzione dei rischi ambientali.

- In attuazione di questa legge, nel 2008 il Ministero dell'Ambiente ha approvato il Piano d'Azione Nazionale sul GPP (il cosiddetto *PAN GPP*)²², che ha l'obiettivo di diffondere il GPP nella pubblica amministrazione centrale e locale in modo da dispiegarne in pieno le potenzialità in termini di miglioramento ambientale, economico e industriale. Esso stabilisce gli obiettivi nazionali per gli acquisti verdi, le categorie di beni, servizi e lavori per le quali occorre definire prioritariamente criteri ambientali da utilizzare nelle procedure d'acquisto pubbliche (criteri GPP) identificate sulla base degli impatti ambientali e dei volumi di spesa coinvolti e la procedura per la messa a punto e l'approvazione dei criteri. Per le categorie merceologiche individuate dal Piano ad oggi sono stati approvati, o sono in corso di definizione, i criteri GPP come di seguito riportato:

- arredi
(in approvazione),

- edilizia
(in approvazione criteri per "serramenti"),
- gestione dei rifiuti
(in corso di definizione con il supporto di ENEA)
- servizi urbani e al territorio
(approvati criteri per "ammendanti"²³),
- servizi energetici
(in approvazione criteri per "illuminazione pubblica" e in corso di definizione criteri per illuminazione e riscaldamento/raffrescamento di edifici),
- elettronica
(in approvazione criteri per IT ufficio),
- prodotti tessili e calzature
(in approvazione),
- cancelleria
(approvati criteri per la "carta in risme"²³),
- ristorazione
(in corso di definizione),
- servizi di gestione degli edifici
(in corso di definizione criteri per servizi di pulizia),
- trasporti
(in corso di definizione).

- Sempre nel 2008 il Ministero dell'Ambiente ha approvato un documento²⁴ che costituisce un primo testo di discussione per la definizione di una Strategia Nazionale per il Consumo e la Produzione Sostenibile come parte integrante della Nuova Strategia Italiana sullo Sviluppo Sostenibile, in corso di definizione da parte del CIPE.

Nel documento sono individuati metodi e strumenti tarati sulla situazione socio-economica e ambientale italiana e sono fornite indicazioni strategico-operative e linee di intervento in particolare per promuovere la progettazione ecocompatibile dei prodotti, sostenere l'innovazione tecnologica ambientale nei cicli pro-

21. Legge n. 296/2006, articolo1, comma 1126, 1127 e 1128.

22. "Piano d'Azione nazionale per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione (PAN GPP) adottato con Decreto Interministeriale n. 135 dell'11 aprile 2008 (GU n. 107 dell'8 maggio 2008).

23. DM n.111/09 del Ministro dell'Ambiente, GU del 9/11/2009 n. 261.

24. Documento preliminare per la strategia italiana per il consumo e produzione sostenibili del 22 luglio 2008.

duttivi, in particolare nelle PMI, sostenere il mercato dei prodotti con migliori qualità ambientali e promuovere modelli di consumo e stili di vita sostenibili. Tra gli strumenti indicati per l'attuazione di questa strategia, vi è anche quello degli acquisti verdi sia da parte della PA (*green public procurement-GPP*) che da parte dei privati (*green purchasing-GP*).

Il GPP nelle attività ENEA

Missione dell'Agenzia ENEA sono la ricerca e l'innovazione tecnologica nonché alla prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, con particolare riguardo al settore nucleare, e dello sviluppo economico sostenibile. L'ENEA svolge attività di ricerca e attività di agenzia, a supporto della PA, delle imprese, dei cittadini.

Come amministrazione pubblica è chiamata ad attuare il GPP per i propri acquisti di beni servizi e lavori e a contribuire al raggiungimento degli obiettivi fissati dal Piano d'Azione Nazionale sul GPP.

Come organismo tecnico a supporto della PA, l'ENEA collabora da tempo con il Ministero dell'Ambiente, Direzione Valutazioni Ambientali, sui più generali temi della politica integrata di prodotto e della produzione e del consumo sostenibili. In particolare, per quanto riguarda il GPP, insieme ad ISPRA, al sistema delle ARPA e a Consip, ENEA partecipa al Comitato di gestione del *PAN GPP* nel cui ambito ha contribuito al coordinamento dei gruppi di lavoro per la definizione dei criteri GPP per arredi, edilizia (serramenti), illuminazione pubblica e servizi di illuminazione, riscaldamento e raffrescamento di edifici (servizi energetici).

In funzione delle numerose e qualificate competenze presenti nell'Agenzia, la collaborazione fin qui prestata per la definizione di criteri GPP

potrà essere estesa ad altri tra i numerosi prodotti/servizi individuati come prioritari in ambito nazionale e/o europeo.

Una competenza tecnico-scientifica storicamente consolidata in ENEA riguarda il ciclo dei rifiuti sul quale sono stati fatti studi, ricerche, raccolta, analisi e valutazione di dati, ma anche applicazioni sperimentali e dimostrative sulle diverse fasi della prevenzione, della produzione, della gestione e dello smaltimento dei rifiuti, con particolare riguardo alle operazioni di trattamento sia per il recupero di materiale ed energia, sia per lo smaltimento.

In questo quadro si colloca la collaborazione avviata tra l'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali dell'ENEA e la Direzione Valutazioni Ambientali del Ministero dell'Ambiente per la messa a punto di criteri GPP per il servizio "gestione dei rifiuti" che, tra i servizi appaltati dalla pubblica amministrazione, è uno di quelli con il maggiore impatto ambientale, sociale ed economico e che nella situazione italiana assume una valenza paradigmatica e strategica.

Caratterizzazione energetica dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu", Ospedale S. Michele di Cagliari, nell'ambito dell'Accordo di programma con il Ministero dello Sviluppo Economico

Antonio Mori*
Stefania Martini*
Gianluca Muzi**

*ENEA, Direzione Centro S. Teresa

**IZI SpA

La valutazione delle potenzialità di risparmio e di utilizzo razionale dell'energia della struttura ospedaliera G. Brotzu di Cagliari, con l'individuazione dei possibili interventi di razionalizzazione e miglioramento dell'efficienza finalizzati al risparmio energetico, costituisce un caso studio applicabile ad altre realtà sanitarie italiane.

Energetic Characterization of the "G. Brotzu" Hospital Enterprise, San Michele Hospital in Cagliari, According to the Programme Agreement with the Italian Ministry of Economic Development

The evaluation of potential saving and rational use of energy in the "G. Brotzu" hospital enterprise in Cagliari by defining possible interventions for a more rational use of energy and a better energy efficiency is a case study applicable to other Italian health realities

I consumi energetici negli ospedali

Le strutture sanitarie si qualificano quali sistemi fortemente energivori, caratterizzati da un elevato fabbisogno di energia e da un'ampia diversificazione negli usi finali della stessa. Ciò in ragione soprattutto delle peculiarità del servizio reso.

Infatti, è proprio della *mission* delle strutture ospedaliere assicurare la continuità delle prestazioni mediche agli utenti, garantendo al contempo elevati livelli di comfort e la salubrità degli ambienti. Una simile configurazione del servizio offerto evidenzia le forti potenzialità di razionalizzazione dei consumi di energia attraverso la realizzazione di investimenti volti al miglioramento dell'efficienza delle strutture, degli impianti e dei macchinari e al contenimento degli sprechi energetici; obiettivi di razionalizzazione che, specie nel settore sanitario, devono poter essere conseguiti a parità di servizio fornito o con miglioramento dello stesso. In genere, i fabbisogni di energia delle strutture ospedaliere rispondono tanto ad esigenze tecnologiche quanto funzionali, e vengono soddisfatti ricorrendo all'impiego di energia termica ed elettrica.

L'energia termica è impiegata prevalentemente per rispondere alle necessità di riscaldamento e climatizzazione degli ambienti. Inoltre, viene utilizzata per la produzione di acqua sanitaria, per la sterilizzazione, per i servizi di lavanderia e cucina. L'energia elettrica viene invece impiegata per l'illuminazione (interna ed esterna), il condizionamento estivo, la comunicazione tra ambienti, il trattamento dell'aria, per l'alimentazione di apparecchiature medicali, diagnostiche e di monitoraggio, per la conservazione e per il funzionamento di sistemi computerizzati e di sicurezza.

L'utilizzo di energia termica è quello che maggiormente si presta ad interventi di razionalizzazione, poiché ha un'elevata incidenza sui consumi energetici totali degli ospedali e quindi può essere foderio di risparmi maggiormente significativi. Inoltre, essa è usata soprattutto per finalità di riscal-

damento degli ambienti; tale impiego ammette qualche temporanea interruzione del servizio necessaria alla realizzazione degli interventi stessi. Ciò non è possibile, invece, per l'energia elettrica, in quanto il suo impiego in molte funzioni di primaria importanza non permette interruzioni nell'erogazione. In ogni caso, la realizzazione di interventi di razionalizzazione anche in questo campo è ovviamente possibile, oltre che auspicabile, tenendo conto delle necessarie misure atte ad evitare simili interruzioni.

I consumi energetici degli ospedali, in generale, e quelli relativi a sistemi, impianti o apparecchiature, in particolare, possono presentare una significativa variabilità da struttura a struttura, come conseguenza diretta dei numerosi fattori in grado di influenzarne le *performance* energetiche.

In prima approssimazione, tali fattori risultano essere: la dimensione dell'ospedale, il numero di posti-letto, l'anno di costruzione, la localizzazione geografica, l'esposizione, le condizioni climatiche, il numero di fabbricati, le specializzazioni mediche, il numero e le tipologie di impianti esistenti, il tipo di gestione ecc.

Inoltre, le difformità di consumo energetico sono particolarmente evidenti nel caso degli impianti di riscaldamento e ventilazione, mentre risultano più contenute per tutte le altre utilizzazioni dell'ospedale, in quanto la localizzazione geografica e le conseguenti condizioni climatiche esterne determinano ampie variazioni del consumo di energia per riscaldamento, mentre influenzano in maniera più limitata i consumi delle altre utenze.

Anche l'anno di costruzione delle strutture ospedaliere costituisce un ulteriore elemento di variabilità dei consumi energetici assoluti e specifici. Basti pensare all'entrata in vigore, da un certo momento in poi, di norme sul contenimento energetico in grado di influenzare le tecniche e i materiali utilizzati per la costruzione; oppure a come siano variate nel tempo le modalità di suddivisione delle cubature, caratterizzate, fino agli anni 50, da altezze e volumetrie dei locali molto consistenti.

La latitudine, infine, incide sul consumo di energia elettrica: così se le strutture delle zone settentrionali registrano maggiori consumi per illuminazione, in quelle delle zone meridionali aumentano i consumi di energia elettrica per impianti di condizionamento estivo.

Tutto ciò evidenzia come la determinazione delle performance energetiche di un ospedale richieda un'analisi dettagliata nel tempo degli impieghi energetici assoluti e specifici, proprio per l'ampiezza dello spettro dei possibili fattori in grado di influenzarne la struttura.

Obiettivo dello studio effettuato in ENEA

L'obiettivo generale dello studio condotto dall'ENEA è stato quello di ricostruire un quadro conoscitivo di massima circa i consumi energetici dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu" di Cagliari, funzionale all'individuazione degli strumenti e dei possibili interventi di miglioramento delle performance energetiche sia in termini di efficienza che di risparmio.

L'analisi ha permesso di individuare un ristretto set di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica, che risulterebbero suscettibili di essere realizzati presso la struttura ospedaliera in esame.

Occorre precisare che, in base a quanto sopra esposto, un simile studio, assimilabile ad un'analisi di caratterizzazione energetica dell'azienda ospedaliera, si qualifica alla stregua di uno studio di fattibilità, con cui vengono fornite indicazioni di massima propedeutiche alla successiva realizzazione di una vera e propria diagnosi energetica che rappresenta il passo più importante per la definizione di azioni per il miglioramento dell'efficienza energetica.

Metodologia

La metodologia finalizzata alla predisposizione di questo studio fa riferimento alle seguenti fasi operative:

- analisi dei consumi energetici del settore ospedaliero;
- analisi di programmi e progetti di razionalizzazione dei costi energetici del settore ospedaliero in campo nazionale e internazionale;

- definizione del quadro normativo di riferimento e individuazione delle possibili fonti di finanziamento;
- studio delle caratteristiche tecniche e delle modalità di gestione e controllo del sistema energetico dell'Azienda Ospedaliera G. Brotzu;
- individuazione di interventi di ottimizzazione e riduzione dei consumi energetici dell'azienda ospedaliera;
- calcolo del costo degli interventi proposti e valorizzazione economica dei risparmi realizzati.

L'analisi dei consumi energetici del settore ospedaliero e di programmi e progetti di razionalizzazione degli stessi in campo nazionale e internazionale è stata svolta prendendo a riferimento studi effettuati sia in Italia che su scala internazionale.

Il caso dell'Azienda Ospedaliera G. Brotzu

La caratterizzazione del sistema energetico dell'Azienda Ospedaliera "G. Brotzu" è stata effettuata a partire da dati e informazioni forniti dai tecnici dell'azienda sanitaria, raccolti per mezzo di un'apposita scheda di rilevazione contenente:

- indicazioni relative alle caratteristiche dimensionali e prestazionali della struttura;
- notizie tecniche sui sistemi e sui principali impianti attualmente presenti;
- dati sui consumi energetici (termici ed elettrici) del complesso ospedaliero articolati, lì dove possibile, per disponibilità e significatività delle informazioni, per corpi di fabbrica della struttura, reparti, impieghi finali (es. riscaldamento; raffrescamento; illuminazione; acqua calda sanitaria; lavanderia ecc.).

Si tratta, quindi, essenzialmente di un'analisi desk, finalizzata alla ricostruzione del sistema di domanda e offerta di energia dell'azienda ospedaliera e delle relative *performance* energetiche, opportunamente integrata e confrontata (*benchmarking*) con i dati rinvenibili in letteratura relativi ad altre strutture sanitarie.

Ai fini dell'analisi della valutazione dell'efficacia degli interventi proposti, della stima dei costi di realizzazione e dei risparmi energetici attesi, è stato necessario effettuare delle ipotesi sia in relazione alle caratteristiche dell'attuale sistema ener-

tico ad integrazione delle informazioni acquisite (ad es. ore di funzionamento degli impianti di illuminazione interna, rendimenti degli impianti di produzione, distribuzione ed emissione) che dei costi unitari di riferimento. Questi ultimi, in mancanza di fonti bibliografiche aggiornate, sono stati stimati sulla base di un confronto fra gli attuali prezzi di mercato.

L'ospedale è al servizio di oltre 30.000 pazienti ricoverati annualmente nei 576 posti letto e dei circa 150.000 pazienti che nel corso dell'anno usufruiscono delle prestazioni ambulatoriali. Al suo interno operano 1.906 dipendenti.

L'Ospedale è attualmente dotato di apparecchiature di altissimo livello.

La struttura

L'Ospedale (figura 1) è costituito da una moderna struttura monoblocco articolata su 13 piani, di cui un seminterrato e tre corpi staccati che ospitano rispettivamente:

- *Corpo distaccato 1*: Ufficio Bibliografico, Poliambulatorio, Centro trasfusionale, spazi per le funzioni religiose;
- *Corpo distaccato 2*: Sala Congressi;
- *Corpo distaccato 3*: Donazione sangue.

La contabilità energetica

Le performance energetiche di una struttura edilizia, la progettazione del sistema impiantistico e/o il suo successivo adeguamento ai fini di una riduzione dei consumi energetici sono funzione delle condizioni climatiche del sito di ubicazione della struttura (temperatura, irradiazione solare, intensità e direzione dei venti, nuvolosità ecc.).

La mancanza di diverse informazioni sul profilo climatico relativo alla zona di Cagliari suggerisce di fare riferimento anche al profilo climatico della zona di Elmas, comune limitrofo al capoluogo sardo e all'Ospedale San Michele.

I consumi energetici

I dati di consumo mensili dell'olio combustibile ECODEN, disponibili per gli ultimi 3 anni (2004-2006), non corrispondono ai reali consumi energetici mensili dell'Ospedale, in quanto indicano sol-



Figura 1
Complesso dell'ospedale "G. Brotzu" di Cagliari
Fonte: immagine di proprietà degli autori

tanto la frequenza e l'entità dei rifornimenti dei serbatoi di stoccaggio. Tuttavia, la *tabella 1* offre già un primo confronto tra l'energia termica per il riscaldamento (novembre-aprile) e quella destinata ad altri usi costanti durante tutto l'anno, quale la fornitura di acqua calda sanitaria.

Definizione degli indicatori energetici

Per indicatore si intende "un qualsiasi parametro in grado di fornire una rappresentazione sintetica di un fenomeno complesso". Tuttavia si possono sottolineare alcune caratteristiche comuni a tutti gli indicatori, come le seguenti.

Un indicatore dovrebbe:

- presentarsi in forma numerica quantificabile;
- essere significativo, deve cioè esprimere, in maniera quantitativa, "qualcosa" del sistema o della società che noi vogliamo effettivamente conoscere;
- essere rappresentativo, valido da un punto di vista scientifico e comprensibile, cioè facile da spiegare anche ai non esperti;
- essere verificabile, ovvero si deve essere in grado di poter verificare l'informazione che l'indicatore sta fornendo;
- essere riproducibile, cioè basato su dati accessibili, adeguatamente documentati, di qualità certa e aggiornabili periodicamente;
- essere basato su dati facilmente disponibili o disponibili a costi ragionevoli;
- indicare la tendenza nel tempo e fornire una visione di medio-lungo periodo (20/25 anni) per

Tabella 1 - Consumi energetici dell'ospedale Brotzu

	Consumi olio combustibile (kg)			Consumi energia elettrica (kWh)			Consumi energia elettrica (kWh) anno 2006		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	Radiatori	U.T.A.	Fan coil
Gennaio	150.594	136.703	131.000	625.603	671.056	735.352	107.187	535.779	363.174
Febbraio	123.760	129.438	128.000	587.536	642.652	657.832	93.529	441.016	279.772
Marzo	136.506	119.186	131.286	640.770	661.552	711.282	92.566	398.758	253.054
Aprile	83.980	94.050	58.062	558.813	586.507	711.983	1	132.523	82.378
Maggio	36.840	18.176	22.764	538.953	666.566	781.832	4	73.507	25.812
Giugno	15.418	11.956	15.054	732.646	835.356	872.665	0	42.500	0
Luglio	12.028	18.580	13.468	933.044	1.004.836	1.243.497	1	33.856	7
Agosto	10.996	16.135	14.444	993.192	949.186	1.066.441	0	41.493	0
Settembre	12.004	21.834	15.300	793.575	827.838	982.251	0	56.679	0
Ottobre	12.826	22.688	20.080	688.743	747.612	870.322	0	82.995	0
Novembre	76.120	58.556	46.356	601.556	691.086	774.909	6.183	167.428	99.840
Dicembre	105.888	128.950	86.372	617.961	714.592	785.546	36.795	332.800	255.323
Totale	776.960	776.252	682.186	8.312.392	8.998.839	10.193.912	336.266	2.339.334	1.359.360

Fonte: Azienda Ospedaliera "G. Brotzu"

poter meglio significare la direzione intrapresa della variabile interessata.

Benchmarking degli indicatori

Gli indicatori ottenuti dall'elaborazione dei dati energetici raccolti presso l'ospedale sono stati analizzati secondo un processo di *benchmarking* (tabella 2).

Gli obiettivi attesi dall'applicazione di un *benchmarking* energetico sono:

- migliorare le prestazioni energetiche di un'impresa o di un settore e di conseguenza contribuire a migliorare l'ambiente;
- fissare obiettivi di nuove prestazioni;
- contribuire ad accelerare e gestire il cambiamento;

- migliorare i processi produttivi, gestionali e delle risorse umane;
- favorire la competitività tra le imprese nelle aree dell'energia, della qualità di sistema e qualità di prodotto;
- fornire alle imprese un supporto per le decisioni d'investimento nelle aree tecnologiche;
- permettere un continuo miglioramento della *performance* energetica di un'impresa o di un settore di imprese.

Nella *tabella 3* è riportata una serie di indicatori di benchmarking reperiti in letteratura o espressamente calcolati per alcuni ospedali italiani.

I valori riferiti al Brotzu risultano per l'anno 2006 pari a 194 kWh/m²/year per quanto riguarda l'energia elettrica e a 100 kWh/m²/year per l'energia termica.

Tabella 2 - Indicatori ottenuti dall'elaborazione dei dati energetici raccolti

Indicatore 1	$\frac{\sum \text{Energia}}{\text{posto letto}} \frac{\text{tep}}{\text{p.l.}}$	Indicatore 2	$\frac{\sum \text{energia}}{\text{superficie}} \frac{\text{tep}}{\text{m}^2}$
Indicatore 3	$\frac{\sum \text{energia termica}}{\text{superficie}} \frac{\text{kWh/a}}{\text{m}^2}$	Indicatore 4	$\frac{\sum \text{energia elettrica}}{\text{superficie}} \frac{\text{kWh/a}}{\text{m}^2}$
Indicatore 5	$\frac{\sum \text{energia termica}}{\text{posto letto}} \frac{\text{kWh/a}}{\text{p.l.}}$	Indicatore 6	$\frac{\sum \text{energia elettrica}}{\text{posto letto}} \frac{\text{kWh/a}}{\text{p.l.}}$

Fonte: elaborazione degli autori

Il consumo dipende inoltre dalla gestione di alcuni servizi tecnologici di cucina, lavanderia e sterilizzazione, i quali possono comportare una variazione nei consumi anche del 30% sul totale a seconda se gestiti direttamente o esternamente e chiaramente una variazione negli indici energetici.

Altro fattore che presenta incidenze notevoli sui consumi, e quindi sugli indici, è dovuto alla presenza o meno all'interno dell'edificio ospedaliero di strutture diagnostiche e terapeutiche ad alta tecnologia, che richiedono per il loro funzionamento un notevole apporto di energia sia elettrica (alimentatori) che termica (microclima), incidendo in maniera rilevante sul bilancio energetico aziendale. Altri aspetti importanti sono legati al numero di visite ambulatoriali presso l'ospedale, se si svolgono o meno attività di *day hospital*, se l'ospedale è sede di università ecc.

Come si vede, non risulta banale fare un confronto tra strutture ospedaliere se non scendendo nei dettagli; possiamo però affermare che l'indice legato ai consumi termici risulta decisamente più basso rispetto ai casi esaminati, anche rispetto a casi posti in zone climatiche confrontabili. In quest'ambito sono necessarie verifiche più puntuali dei consumi prima di eventuali interventi.

Diverso, invece, è il discorso riguardante gli indici legati all'energia elettrica; in questo caso l'azienda si colloca su una fascia alta e superiore ai casi di confronto. Sono pensabili alcuni possibili interventi sia tecnologici che gestionali, accompagnati da interventi per poter valutare i consumi per centri di spesa e di consumo in maniera da individuare le utenze maggiormente energivore per vedere se e come intervenire.

Oltre ai progetti nazionali e internazionali esaminati e riportati nella tabella precedente, abbiamo considerato anche il progetto Greenligh^[6] relativo all'illuminazione.

L'illuminazione ha un consistente impatto sull'ambiente, incidendo per il 40% dei consumi elettrici nell'edilizia non residenziale. È dimostrato che investendo in sistemi energeticamente efficienti è possibile risparmiare dal 30% al 50% dell'energia utilizzata per l'illuminazione.

Gli ambienti legati al miglioramento del livello qualitativo e prestazionale dei sistemi di illuminazione e le nuove installazioni che adottano misure di efficienza energetica devono rispondere a due requisiti:

- costo ripagato dalle economie conseguenti;
- conservazione e/o e miglioramento della qualità dell'illuminazione.

Interventi sull'illuminazione sia interna che esterna hanno conseguenze significative sul risparmio energetico e conseguentemente sull'economia dell'ospedale. Economia che può ulteriormente essere reinvestita sul sistema ospedaliero creando un circolo virtuoso.

I dati relativi agli studi riportati in tabella rappresentano una buona base di spunti ed indicazioni di possibili interventi per migliorare la gestione energetica nell'ambito degli ospedali, migliorarne l'efficienza e diminuirne i consumi sia termici che elettrici. Non bisogna comunque dimenticare che ciascun ospedale rappresenta comunque una realtà ben distinta, in quanto molti possono essere i fattori che li differenziano energeticamente, anche se essi sono ubicati sullo stesso territorio e soggetti quindi alle stesse situazioni climatiche.

Gli interventi proposti

La scelta degli interventi infrastrutturali (*figura 2*) è stata effettuata sulla base delle indicazioni dei tecnici esperti dell'azienda ospedaliera, interessati ad un'analisi economico-finanziaria delle specifiche tipologie di intervento di seguito esaminate.

I costi degli interventi

Installazione di pannelli solari termici per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria

Il calcolo del fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria (ACS) si ricava a partire dal fabbisogno di quest'ultima, pari a circa 2.000 mc/mese, da cui si ricava un consumo medio di ACS di circa 115 l/posto letto, in linea con i valori di riferimento presenti in letteratura^[7]. Ne deriva un costo di investimento di circa 122.000 euro^[8].

Interventi finalizzati alla riduzione dei costi di climatizzazione estiva del fabbricato^[9]

La soluzione (*Scheda 1*) proposta garantirebbe il raggiungimento di un valore di trasmittanza termica di circa 0,36 W/mq °C, inferiore al valore di

La stima riguardante le potenzialità del risparmio energetico, la relativa valorizzazione economica, l'ammontare degli investimenti necessari e il correlato pay back period è stata effettuata con riferimento ai seguenti interventi:

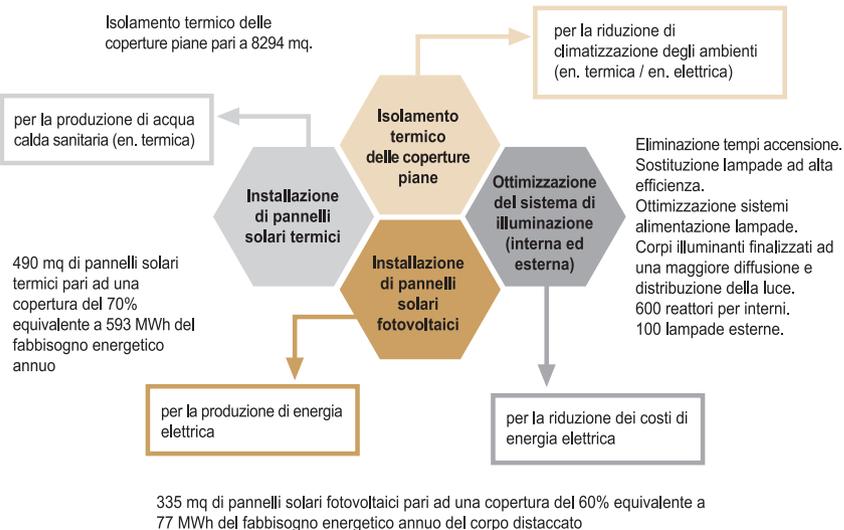


Figura 2
Interventi di risparmio energetico previsti presso l'ospedale "G. Brotzu" di Cagliari
Fonte: elaborazione degli autori

Isolamento termico delle coperture piane

L'intervento analizzato prevede la realizzazione di un isolamento termico delle strutture opache orizzontali dell'involucro edilizio principale dell'ospedale, mediante la posa in opera di controsoffitti in pannelli di poliestere espanso estruso [XPS] (60mm) e lastre in cartongesso (12,5 mm), montati su struttura portante in acciaio zincato (con intercapedine di 3 mm).

risulterebbero interessate dai lavori le coperture piane dell'edificio, al netto dei corridoi, dei vani scale e delle superfici occupate dagli ascensori, per una superficie complessiva di 8.294 mq.

Stima costo di investimento: circa 466 mila Euro

determinato in base ai costi medi unitari (Euro/mq) per la realizzazione (fornitura e posa in opera) del controsoffitto pari a circa 49 Euro/mq

intervento	importo lavori + montaggio	imprevisti	totale
isolamento termico	405.470 euro	60.821 euro (15%)	466.291 euro

Scheda 1
Isolamento termico delle coperture piane
Fonte: elaborazione degli autori

trasmissione massimo consentito a partire dal 1° gennaio 2010 per le strutture opache orizzontali degli edifici in zone climatiche C ($U = 0,38 \text{ W/mq}\cdot\text{K}$).

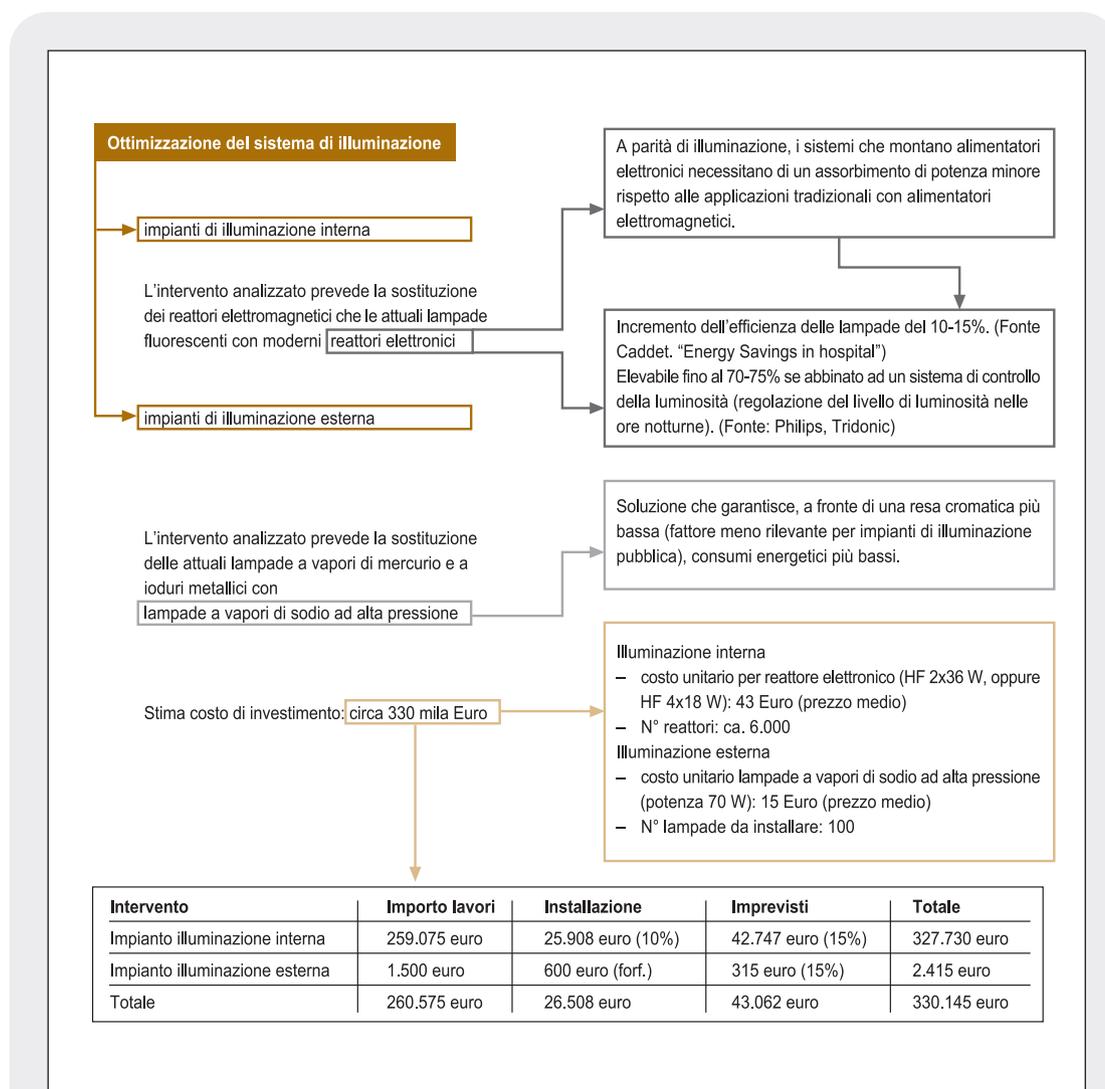
Interventi di ottimizzazione energetica per l'illuminazione interna ed esterna

I costi energetici di illuminazione (Scheda 2) costituiscono in percentuale mediamente il 25% dei consumi di energia elettrica complessivi delle strut-

ture ospedaliere; ne consegue che interventi di riduzione dei consumi energetici per l'illuminazione hanno un riflesso importante sui costi complessivi di gestione energetica degli ospedali.

La valorizzazione economica dei risparmi realizzati a seguito degli interventi proposti

La realizzazione degli interventi proposti è in grado di generare un risparmio energetico espres-



Scheda 2
Ottimizzazione del sistema di illuminazione
Fonte: elaborazione degli autori

so in termini di minor consumo di energia elettrica e termica (*tabella 3*), suscettibile di valorizzazione economica riconducibile in prima approssimazione:

- ad una riduzione delle spese della bolletta energetica;
- al conseguimento dei titoli di efficienza energetica (TEE) collegati alla realizzazione dell'intervento stesso;
- agli eventuali incentivi economici previsti dalla

normativa di riferimento, quali ad esempio quelli del Nuovo Conto Energia;

- alle detrazioni fiscali a favore degli interventi di efficientamento energetico.

Vengono pertanto stimati i benefici derivanti dalla realizzazione di ciascuno degli interventi individuati ed il relativo *pay back period* degli investimenti previsti.

Inoltre, si è proceduto al calcolo del VAN e del TIR; si tratta di due classici indicatori finanziari in

Installazione di pannelli solari fotovoltaici

L'intervento analizzato prevede l'installazione di 335 mq di pannelli solari fotovoltaici con celle in silicio policristallino su una superficie utile di circa 700 mq, costituita dalle coperture piane del corpo distaccato del complesso ospedaliero

Il sistema è costituito da moduli fotovoltaici da 0,85 mq con una potenza massima nominale di 110 Wp e si compone, pertanto, di 417 moduli per una potenza da picco del sistema stesso di 45,9 KWp



Il sistema proposto sarebbe in grado di garantire la copertura del 60% (percentuale di integrazione) del fabbisogno annuo stimato di energia elettrica del corpo distaccato

ca. 77 MWh

ca. 128 MWh

determinato in base ad un costo di impianto di 6.000 Euro/kWp (prezzo medio desunto da indagini di mercato)

Stima di costo di investimento: circa 317 mila euro

Intervento	Importo lavori	Imprevisti	Totale
Impianto fotovoltaico	275.431 euro	41.315 euro (15%)	316.746 euro

Scheda 3
Installazione di pannelli solari fotovoltaici^[10-11]
Fonte: elaborazione degli autori

grado di sintetizzare il giudizio sull'opportunità di effettuare o meno un investimento. Il VAN (Valore Attuale Netto) rappresenta il flusso di cassa netto atteso attualizzato di un progetto di investimento, con un tasso in genere pari al costo medio del capitale. Il TIR (Tasso Interno di Rendimento) rappresenta invece il tasso che rende pari a zero il VAN (tabella 5). È quindi un indicatore adimensionale, indipendente cioè dalla grandezza dell'investimento.

Si tratta, quindi, essenzialmente di una valorizzazione economica effettuata nell'ottica del soggetto responsabile dell'intervento che, in taluni casi,

potrebbe scontare tempi di ritorno degli impieghi molto lunghi, determinati da diversi fattori, tali da rendere poco appetibile la scelta di investimento. Le tabelle seguenti riportano in sintesi gli interventi effettuati da un punto di vista dei costi, dell'economia ottenuta sia in termini di risparmio energetico che della riduzione delle spese della bolletta energetica.

Per il calcolo del risparmio energetico, si è fatto riferimento, ove vi fossero, alle schede dell'AEEG (Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas), e per il prezzo dei TEE (Titoli Efficienza Energetica) al prezzo medio ponderato rilevato sulla borsa dei TEE^[12].

Tabella 4 - Sintesi degli interventi sia come risparmio energetico che economico

		Fabbisogno	Copertura	Costo €	Risparmio		Titoli Efficienza Energetica	
						€/anno	TEE	€ x n. anni
Illuminazione	Solare termico	847 MWh	593 MWh	122.000	43.860 kg olio/a	39.474	44	1.100 x 5 anni
	Interna	2.300 MWh/a		328.000	342 MWh	37.268	75	2.437 x 5 anni
	Esterna	32 MWh/a		2.415	16,25 MWh	1.771	4	650 x 5 anni
Coperture piane	Raffrescamento esterno			466.000	18,8 MWh/a	2.054	4	1.040 x 8 anni
	Riscaldamento interno				14.875 kg olio/a	13.388	15	375 x 5 anni
Conto energia								
	Fotovoltaico	128 MWh	77 MWh	317.000	76.790 KWh/a	8.368		32.252 x 20 anni

Fonte: elaborazione degli autori

Tabella 5 - Parametri economici relativi agli interventi previsti

		Pay Back Period	VAN > 0	TIR %
	Solare Termico	5 anni	5 anni	9,9
Illuminaz.	Interna	10 anni	10 anni	1,4
	Esterna			
Coperture piane	Raffrescamento esterno	28 anni	28	0,1
	Raffrescamento interno			
	Fotovoltaico	12 anni	16 anni	5,2

Fonte: elaborazione degli autori

Scendendo in dettaglio, per la stima della valorizzazione economica relativa all'installazione di pannelli solari-termici per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria si è preso in considerazione quanto riportato nella Scheda tecnica n. 8 predisposta dall'AEEG, relativa all'impiego di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria.

In particolare, per la fascia di irraggiamento solare della Provincia di Cagliari (fascia 3), si è fatto riferimento al RSL indicato per i collettori solari piani che sostituiscono o integrano un impianto a gasolio.

Per l'illuminazione esterna alla struttura ospedaliera abbiamo fatto riferimento alla Scheda tecnica n. 18 dell'AEEG, relativa alla sostituzione di lampade a vapori di mercurio con lampade a vapori di sodio ad alta pressione, mentre nel caso dell'illuminazione interna non esistevano schede tecniche. Occorre quindi sottolineare che, in assenza di una scheda tecnica dell'AEEG per una tipologia come quella qui proposta, l'emissione dei TEE potrà avvenire solo successivamente ad un controllo da parte dell'AEEG che verifichi e certifichi i risparmi effettivamente conseguiti.

La realizzazione dell'isolamento termico delle strutture opache orizzontali dell'involucro edilizio principale dell'ospedale garantirebbe un risparmio tanto nei consumi di energia elettrica per il raffrescamento estivo degli ambienti, quanto nei consumi di energia termica per le esigenze di riscaldamento nei mesi invernali.

Ai fini della stima del risparmio energetico conseguibile e della valorizzazione economica dello stesso, si è fatto riferimento a quanto riportato nelle schede tecniche predisposte dall'AEEG.

In particolare, sono state considerate:

- la *Scheda tecnica n. 20*, relativa all'isolamento termico delle pareti e delle coperture per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario;
- la *Scheda tecnica n. 6*, relativa all'isolamento delle pareti e delle coperture, che esaminano interventi assimilabili a quelli analizzati.

In particolare, per la zona climatica di Cagliari (zona climatica C), si è fatto riferimento al RSL indicato per gli ospedali, in corrispondenza di un valore di trasmittanza termica della struttura prima dell'intervento compreso tra 1,3 e 1,6.

Inoltre, la Legge finanziaria 2007 (L. 296/2006)

ha previsto, tra l'altro, l'innalzamento dal 36% al 55% della percentuale di detrazione fiscale per interventi specifici su pareti e finestre, fino ad un ammontare di 60.000 euro in tre anni.

Occorre sottolineare che sui tempi di rientro così lunghi influiscono:

- una discreta situazione di partenza dell'isolamento dell'involucro oggetto di intervento;
- la latitudine e la situazione climatica di Cagliari, che non consente risparmi sui consumi energetici nel periodo invernale, tali da incidere in modo significativo sul recupero dell'investimento.

L'intervento di installazione di pannelli fotovoltaici prevede l'installazione degli stessi sui tetti piani del corpo distaccato del complesso ospedaliero. L'edificio individuato ospita l'ufficio bibliografico, gli spazi per funzioni religiose e il poliambulatorio.

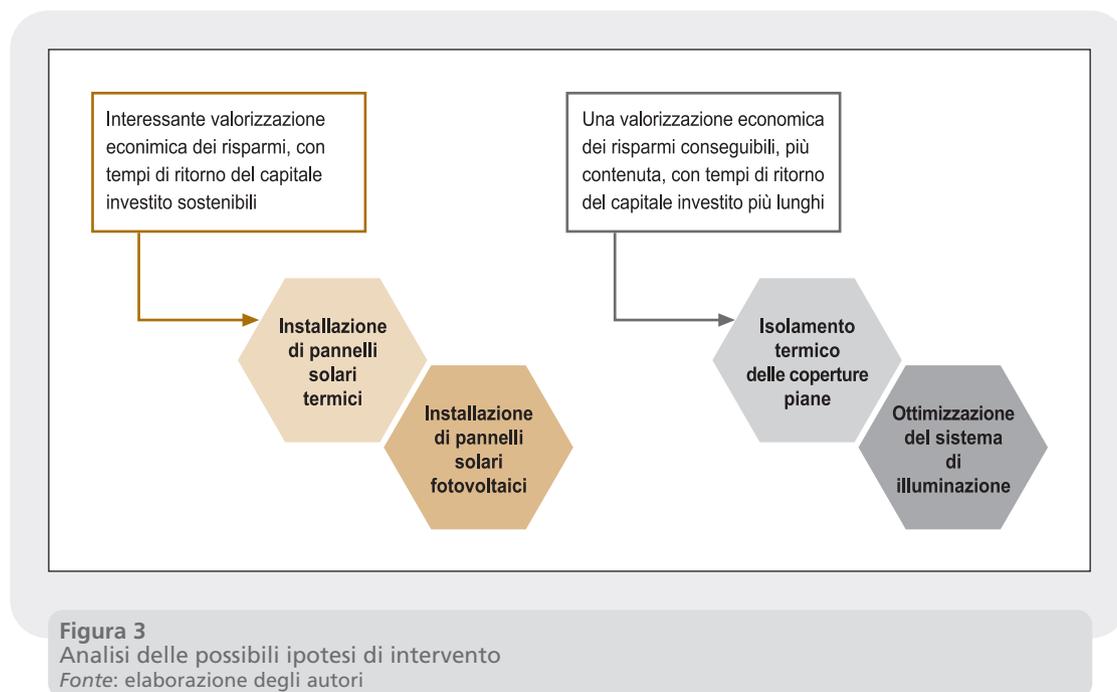
Ai fini della stima della valorizzazione economica dell'intervento si è fatto riferimento agli incentivi previsti dal nuovo conto energia, disciplinato dal DM 19 febbraio 2007, e al risparmio sulla bolletta elettrica.

La tariffa incentivante riconosciuta dal GSE viene corrisposta per un periodo di 20 anni a decorrere dall'entrata in esercizio dell'impianto e rimane costante in moneta corrente, senza quindi essere aggiornata con il tasso d'inflazione.

In tale individuazione, si è tenuto conto anche delle opere di razionalizzazione già poste in essere negli anni precedenti, quali ad esempio la sostituzione degli infissi che, pertanto, non costituiscono oggetto della presente analisi.

Applicabilità ad altre strutture

La stessa modalità di indagine è stata ripetuta per l'Ospedale Cardarelli di Campobasso, adattandola alla specifica situazione. In quel caso non si è preso in considerazione l'utilizzo di pannelli solari termici, in quanto è in esercizio un inceneritore per rifiuti speciali ospedalieri, l'unico di tale tipologia in Molise. Il calore dei fumi in uscita dalla camera di post-combustione è recuperato da un generatore di vapore a 12 bar (potenza 1.500.000 Kcal/h) che produce e invia vapore nel circuito di alimentazione (di vapore) degli scambiatori di calore ad integrazione di quello prodotto dai generatori di vapore. L'impianto di incenerimento è in



esercizio in inverno per sole 8 ore al giorno e consente l'arresto di uno dei 3 suddetti generatori di vapore. Vale la pena di sottolineare come l'ipotesi di conferire all'impianto tutti i rifiuti delle strutture ospedaliere della Regione Molise porterebbe al funzionamento del recuperatore di calore alla sua massima potenzialità, consentendo un utilizzo ancora minore dei generatori di vapore alimentati a gas metano. In ultima analisi, tale metodologia di indagine può essere applicata a qualsiasi struttura ospedaliera tarandola sulla realtà della stessa.

Conclusioni

Come già evidenziato, si è trattato di un'analisi prettamente *desk*, che ha avuto come obiettivo quello di fornire una prima valutazione delle potenzialità di risparmio energetico associato a ciascuno degli interventi individuati, offrendo nel contempo una stima della valorizzazione economica degli interventi stessi e del relativo *pay back period*.

Un simile studio si qualifica, quindi, alla stregua di un progetto preliminare, con cui vengono fornite indicazioni di massima propedeutiche alla suc-

cessiva realizzazione di una vera e propria diagnosi energetica, che rappresenta il successivo, necessario e fondamentale step per la definizione puntuale di azioni per il miglioramento dell'efficienza energetica.

Delle quattro ipotesi di intervento prese in considerazione (figura 3), l'analisi condotta ha evidenziato come per alcune di esse si registri un'interessante valorizzazione economica dei risparmi conseguibili, con tempi di ritorno del capitale investito sufficientemente sostenibili e comunque in linea con quanto mediamente riscontrato sul mercato per analoghi interventi. Ciò anche grazie agli incentivi previsti dalla normativa di riferimento.

È questo il caso dell'installazione di impianti per il solare termico e di pannelli fotovoltaici, il cui *pay back period*, sulla base delle assunzioni effettuate e dei parametri di stima presi in considerazione, risulta essere rispettivamente pari a 4 e 9 anni dall'entrata in funzionamento dell'impianto.

Gli altri due interventi, invece, relativi all'isolamento delle strutture opache orizzontali e al miglioramento del rendimento energetico del sistema illuminazione interno ed esterno, presentano una resa espressa in termini di valorizzazione economica dei risparmi conseguibili, più contenuta ri-

spetto ai primi, facendo registrare, quindi, un *pay back period* più ampio, specie con riferimento all'intervento di isolamento termico.

Tuttavia, una simile valutazione non può prescindere da un'attenta analisi della possibile cronologia dei lavori (figura 4).

Infatti, nel precedente paragrafo è stato condotto un esame sui singoli interventi, da cui è scaturita una valutazione che prescinde da una visione sistemica delle azioni previste.

La corretta definizione della sequenzialità degli interventi dipende non solo dalle preferenze e dalle aspettative del soggetto responsabile delle scelte, ma soprattutto dalla disponibilità di capitali, dai tempi di cantierabilità e realizzazione delle opere, dalla propedeuticità e funzionalità dei lavori, nonché dalla vigenza di forme di incentivazione previ-

ste dalla normativa di riferimento, solo per citare alcuni fattori.

Tale valutazione prescinde dalla presente analisi. In ogni caso, occorre sottolineare come a livello di sistema i risultati conseguiti per ogni singolo intervento concorrano alla definizione del successo complessivo del programma di investimento, contribuendo alla compensazione delle uscite di cassa registrate per l'insieme degli interventi e, in definitiva, alla definizione del *pay back period* globale.

A puro titolo esemplificativo, nella tabella successiva viene proposta una possibile cronologia degli interventi, con un piano di investimenti a sei anni, al netto dei rinnovi.

Ai fini della simulazione proposta, così come riportato nella figura 4, si ipotizza che la realizzazione dei lavori relativi ai singoli interventi avvenga

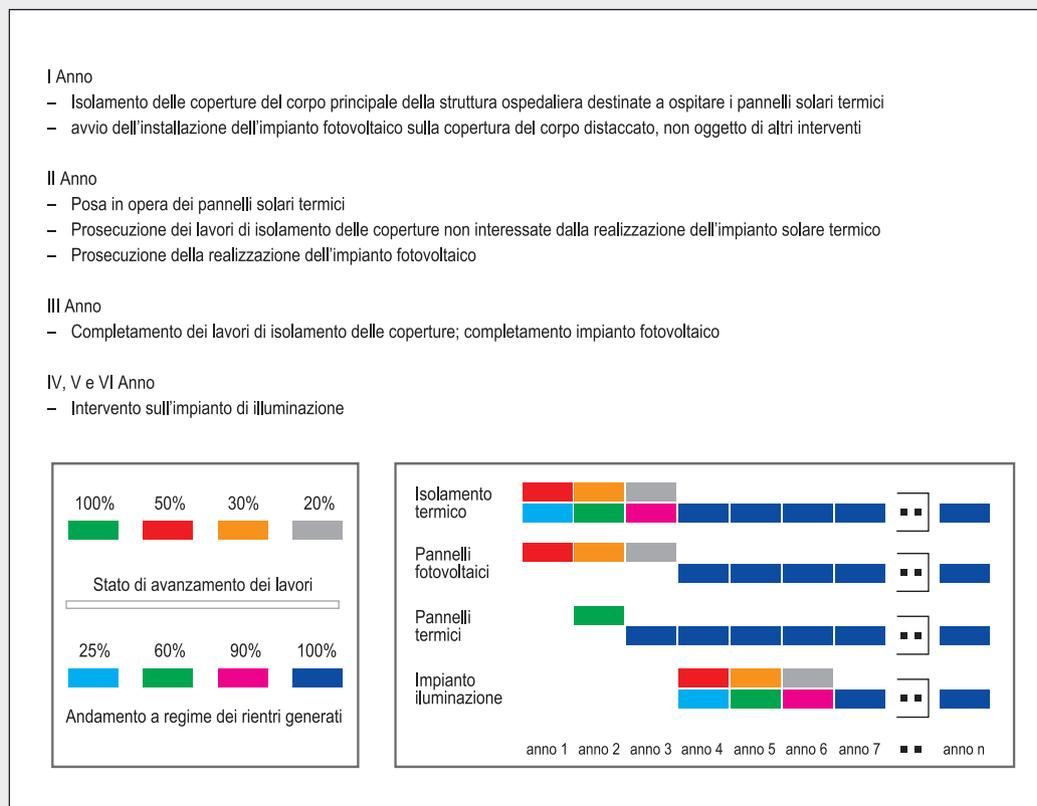


Figura 4
Possibile cronologia degli interventi
Fonte: elaborazione degli autori

secondo gli stessi stati di avanzamento precedentemente individuati, in linea con le assunzioni effettuate.

Analogamente, anche per il conseguimento dei risparmi derivanti dai singoli interventi e la relativa valorizzazione economica, è stato previsto lo stesso andamento a regime adottato nelle precedenti stime. Nella configurazione ipotizzata, il *pay back period* risulta essere pari a 6 anni dal termine della realizzazione dell'ultimo degli interventi inseriti nel programma delle opere individuato.

Infatti, supponendo che il piano degli investimenti venga realizzato in 6 anni, già a partire dal dodicesimo anno si registrerebbe un flusso di cassa cumulato in grado di coprire i costi sostenuti.

Sempre con riferimento a questo periodo il TIR risulta esser pari allo 0,3%; al contrario, il VAN diventerebbe positivo solo a partire dal sedicesimo anno, in corrispondenza del quale il TIR raggiunge il 5,4%. L'esemplificazione proposta evidenzia come la valutazione a livello di sistema sia più funzionale alla corretta pianificazione dei lavori rispetto ad una serie di valutazioni puntuali. Nella fattispecie, gli interventi forieri delle maggiori ricadute in termini di valorizzazione economica dei risparmi conseguiti (solare termico e solare fotovoltaico) contribuiscono a far fronte alle spese degli interventi meno vantaggiosi, con evidenti ricadute sulla stima del *pay back period* degli investimenti.

Tutto ciò ha importanti ricadute anche sulla decisione di sostenere gli interventi di razionalizzazione energetica mediante il ricorso al finanziamen-

to tramite terzi (FTT) e ai servizi offerti dalla Energy Service Companies (ESCO).

Come già evidenziato, il ricorso a tali strumenti garantisce all'utente:

- l'assenza o la riduzione dei rischi finanziari e l'eliminazione di quelli legati alle prestazioni degli impianti;
- l'opportunità di realizzare interventi anche in mancanza di risorse finanziarie proprie ed in presenza di difficoltà nel reperire finanziamenti esterni, ovvero la disponibilità di risorse interne per altri compiti;
- la liberazione dalle problematiche connesse alla gestione e manutenzione degli impianti;
- la possibilità di conseguire benefici energetico-ambientali importanti, tenuto conto del fatto che i profitti della ESCo sono proporzionali all'efficienza degli impianti.

A questi vantaggi si aggiunge la possibilità di poter inserire tra gli interventi da realizzare anche quelli che, pur essendo utili, presentano tempi di ritorno dell'investimento troppo lunghi per giustificarne l'adozione.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Ufficio Tecnico dell'Azienda Ospedaliera G. Brotzu ed in particolar modo l'Ing. Gianluca Borelli, l'Ing. Bruno Facen ed il Sig. Mauro Loddo per la totale disponibilità durante i sopralluoghi e la continua e proficua collaborazione nell'ambito dello studio.

Bibliografia

- [1] *Energy Conscious European Hospitals and Health Care Building Project* (EU Project No. NNE5-2001 00295 supported by the European Commission).
- [2] *Caddet Study, Energy Efficiency in Hospital* (1996).
- [3] *Public Procurement of Energy Saving Technologies in Europe PROST*, Politecnico di Milano (2002).
- [4] *Gestione Energia nella Regione Lazio*, Rapporto ISNOVA (1999).
- [5] *Linee guida per l'efficienza energetica nel sistema ospedaliero ligure*, Agenzia Regionale per l'Energia della Liguria (A.R.E. Liguria SpA) (2002).
- [6] Programma Europeo Greenlight Direzione Generale Energia e Trasporti della Commissione Europea.
- [7] ENEA, *Uso razionale dell'energia nel settore ospedaliero* (1993).
- [8] Campaign for the Take-off, Energy for the Future: Renewable Sources of Energy (Community Strategy and Action Plan, Campagna europea per il decollo delle rinnovabili (1999-2003).
- [9] DLgs 311/06.
- [10] Norma UNI 10349.
- [11] Norma UNI 8477/1.
- [12] *Borsa elettrica italiana/Rapporto mensile sulle contrattazioni*, GME (2007).

La sostenibilità come criterio di valutazione nella Cooperazione allo sviluppo della Commissione Europea

Massimo Rossi

*Docente di Progettazione e Valutazione,
Corso di Laurea in Scienze per la pace
dell'Università di Pisa*

La sostenibilità come criterio standard di valutazione nella Cooperazione allo sviluppo della Commissione Europea evolve profondamente nel periodo 1993-2010. I cambiamenti vengono messi in rilievo attraverso l'analisi dell'attenzione dedicata alla sostenibilità nei manuali sul Project Cycle Management e dal Results Oriented Monitoring (ROM).

Sustainability as an Evaluation Criterion in European Commission Development Cooperation

Sustainability as a standard evaluation criterion in European Commission Development Cooperation significantly evolves between 1993-2010.

Change is highlighted through an analysis of the attention dedicated to Sustainability in Project Cycle Management manuals and by Results Oriented Monitoring (ROM).

La sostenibilità come concetto

La sostenibilità è un concetto ed è, anche, un criterio di valutazione dello sviluppo. Questo articolo si sofferma sulla sostenibilità come criterio di valutazione in un ambito particolare, quello della Cooperazione allo sviluppo della Commissione Europea. Riguardo al concetto di sostenibilità e all'importanza della convergenza esplicita e della transdisciplinarietà, Gianfranco Bologna scrive: "Non vi è dubbio che le ricerche sulla sostenibilità, più di qualunque altro campo di indagine, abbiano spinto al confronto trans-disciplinare e alla contaminazione e interconnessione tra discipline diverse. L'*Earth System Science*, e in generale tutte le scienze ecologiche, si sono sempre più confrontate e incrociate, nella ricerca di soluzioni operative, con le discipline economiche e sociali. Parlar oggi di sostenibilità e cercare di applicarne gli avanzamenti concettuali sin qui elaborati significa avere una visione interdisciplinare, ampia e approfondita di ciò che sta avvenendo nelle relazioni tra i sistemi naturali e i sistemi culturali, sociali, economici, politici e tecnologici creati dalla nostra specie"^[1, pag. 107].

Lo sviluppo sostenibile deve riferirsi, per evitare equivoci di interscambiabilità o confusione tra "sviluppo" e "crescita", a tre dimensioni: sviluppo economico, sviluppo sociale e tutela ambientale. Tali tre dimensioni, dovrebbero essere "pilastri interdipendenti che si rafforzano reciprocamente", come sottolineato dal Summit mondiale sullo sviluppo sostenibile di Johannesburg del 2002^[1 pag. 103].

La sostenibilità come concetto deve essere orientata all'armonizzazione delle dimensioni temporali del passato, apprendendo dall'esperienza, del presente e del futuro. Riguardo, poi, alla multi-razionalità e alla trans-disciplinarietà, il suo uso come criterio di valutazione ne esalta la valenza di interconnessione tra discipline diverse, perché la valutazione non è (o, meglio, non dovrebbe

essere) un esercizio metodologico ed operativo legato alla supremazia di una disciplina su altre discipline.

La sostenibilità come criterio di valutazione per la Commissione Europea

A livello internazionale, molteplici sono i criteri di valutazione, che variano a seconda dei settori di intervento, della prevalenza disciplinare, delle istituzioni che li utilizzano. Tra questi, cinque sono stati ritenuti come i principali dal *Development Assistance Committee* dell'*Organisation for International Cooperation and Development* (OECD-DAC), che riunisce i principali donatori. I criteri, standard perché applicabili a tutti i settori di intervento e trasparenti perché limitati nel numero e definiti in documenti condivisi dagli attori, sono cinque.

I criteri standard di valutazione

1. **Rilevanza:** coerenza tra l'attività di aiuto allo sviluppo e le priorità e le politiche del gruppo-bersaglio, del destinatario istituzionale e del donatore.
2. **Efficacia:** misura in quale grado l'attività di aiuto allo sviluppo ottiene i suoi obiettivi.
3. **Efficienza:** misura i risultati, qualitativi e quantitativi, in relazione alle risorse impiegate.
4. **Impatto:** riguarda i cambiamenti positivi e negativi prodotti da interventi di aiuto allo sviluppo, direttamente o indirettamente, previsti e non previsti.
5. **Sostenibilità:** riguarda l'analisi di come benefici di una attività potranno continuare dopo la cessazione dei finanziamenti del donatore. I progetti devono essere sostenibili dal punto di vista ambientale e finanziario.¹

È da sottolineare che i cinque criteri ricordati sono criteri di valutazione e, inoltre, sono stati anche

1. Le definizioni presentate sono tratte dal sito web di OCDE-DAC, consultato il 2 settembre 2010. Nella pagina web consultata si citano come fonti: *The DAC Principles for the Evaluation of Development Assistance*, OECD (1991), *Glossary of Terms Used in Evaluation*, in 'Methods and Procedures in Aid Evaluation', OECD (1986), and the *Glossary of Evaluation and Results Based Management (RBM) Terms*, OECD (2000).

identificati e applicati dalla CE come criteri di Monitoraggio esterno (successivamente, e attualmente denominato *Results Oriented Monitoring-ROM*) nel vasto sistema di monitoraggio lanciato nel gennaio del 2000.

Nella realtà, a fronte dell'accordo sui cinque criteri ricordati, a livello internazionale, come all'interno della sola Commissione Europea (il maggior donatore), si riscontra quanto segue:

- definizioni adottate per i primi quattro criteri differiscono poco tra gli attori;
- la definizione di sostenibilità e i suoi fattori variano molto;
- ai cinque criteri *standard* si aggiungono vari altri criteri.

A livello della sola Commissione Europea (CE), le diverse Direzioni Generali (DG) hanno riferimenti metodologici e operativi diversi, nella progettazione come nella valutazione. A titolo di esempio, per quanto riguarda la progettazione per il VII Programma Quadro (PQ) di Ricerca e Sviluppo Tecnologico, la Direzione Generale (DG) della Ricerca della CE richiede l'Approccio dei *Work Packages* (AWP) e non richiede di utilizzare l'Approccio del Quadro Logico (AQL). Altre DG richiedono l'utilizzazione dell'AQL, come la DG Sviluppo, la DG Ambiente per alcuni programmi, la DG Allargamento. Questa diversità di approcci di progettazione è uno dei vari aspetti che permettono di parlare, per la varietà di metodologie di progettazione, di "Commissioni Europee"^[2], più che di Commissione Europea.

Per quanto riguarda la valutazione e i suoi criteri, si riscontrano differenze notevoli tra le diverse DG. La moltiplicazione del numero dei criteri, e le diverse definizioni degli stessi da un bando all'altro, aumentano l'opacità. Questa situazione diminuisce il livello di capacità di rendere conto (*accountability*) degli interventi, perché tutti gli attori (popolazioni, progettisti, governi, donatori/agenzie, gestori, valutatori) hanno dei riferimenti incerti. A titolo di esempio, per la DG Ambiente, vari sono i criteri nei diversi Bandi. Per riferirsi a un bando recente e rilevante (Valutazione intermedia di Life +, aprile 2009), sono sette i criteri presi in considerazione:

1. rilevanza: come gli obiettivi dell'intervento sono pertinenti con i problemi e le questioni affrontate;

2. economia: come le risorse sono disponibili in tempo dovuto, in appropriata quantità e qualità e al miglior prezzo;
3. efficacia: come gli obiettivi sono raggiunti;
4. efficienza: come gli effetti desiderati sono raggiunti a un costo ragionevole;
5. consistenza: come positivi o negativi trabocamenti in altre aree economiche, sociali o ambientali sono massimizzati/minimizzati;
6. allocativo/distributivo: come sproporzionati effetti distributivi negativi/positivi di una politica sono minimizzati/massimizzati;
7. accettabilità: come i portatori di interesse accettano la politica in generale e il particolare strumento proposto o impiegato.

Inoltre il Bando di Life + elenca altri tre criteri (coerenza, sostenibilità e utilità) specificando che non sono da prendere in considerazione nella valutazione intermedia, ma in quella finale. Sulla base dell'analisi dei criteri elencati, si osserva:

- il Bando si riferisce a soli tre tra i cinque criteri standard OECD-DAC (rilevanza, efficacia, efficienza, presentata quest'ultima insieme a "economia");
- il Bando presenta tre criteri (consistenza, allocativo/distributivo e accettabilità), che generalmente, come verrà presentato in seguito, la DG Sviluppo/EuropeAid presenta non come criteri, ma come fattori relativi alla sostenibilità e all'impatto;
- viene specificato che nella valutazione intermedia non si utilizzerà il criterio della sostenibilità, mentre invece tale criterio è utilizzabile (come verrà presentato in seguito) in tutte le fasi di realizzazione;
- si fa riferimento ad altri due criteri (coerenza e utilità), largamente inclusi nei criteri OECD-DAC di pertinenza e impatto.

In questo articolo, si farà riferimento solamente a un ambito di intervento della CE, quello della Cooperazione allo sviluppo/Assistenza esterna.

Se si paragonano i manuali elaborati dal 1993 a oggi, si osserva che nel primo manuale sul *Project Cycle Management* (PCM) del 1993^[3] non venivano presentati, nella definizione di valutazione, i criteri. I manuali sul PCM del 2001^[4] e del 2004^[5], i manuali sul Monitoraggio esterno /ROM del 2001^[6], del 2005^[7] e del 2009^[8], il manuale sul monitorag-

gio interno^[9] presentano tutti gli stessi criteri, che sono i cinque standard OECD-DAC: rilevanza, efficienza, efficacia, impatto e sostenibilità.

Nel manuale sul PCM del 1993 si legge la seguente definizione: "Un progetto è sostenibile quando può produrre un ammontare accettabile di benefici per il gruppo bersaglio durante un sufficiente periodo dopo che è terminata l'assistenza finanziaria e tecnica di un donatore"^[3, pag. 65]. Nel manuale PCM del 2001^[4, pag. 44], la sostenibilità viene definita come: "La probabilità di una continuazione nel flusso dei benefici prodotti da un progetto dopo che il periodo di supporto esterno si è concluso". La stessa definizione è presentata nel manuale PCM del 2004^[5, pag. 146] e nei tre manuali del ROM.

La considerazione della sostenibilità come criterio di valutazione dovrebbe essere dettagliata con la formulazione del progetto, continuare durante tutta la sua realizzazione, e dovrebbe essere verificata durante verifiche *ex-post*, per completare il processo di apprendimento. Riguarda, pertanto, l'intero Ciclo dello sviluppo, utilizzando una definizione più ampia del concetto di Ciclo del progetto, proposta dal *Department for International Development* (DFID) del Regno Unito^[10].

Riguardo all'importanza di considerare la sostenibilità in fase di formulazione, in un documento della CE del 1999 sull'analisi delle proposte di progetti si sottolineava^[11, pag. 3]: "Anche se la sostenibilità reale non può essere valutata *ex ante*, le prospettive di sostenibilità possono essere valutate determinando in quale misura dei meccanismi sono stati integrati nella concezione del progetto per rispondere ai fattori chiave che hanno influenzato la sostenibilità nel passato". Il richiamo all'apprendimento è rilevante nel documento per due motivi:

1. si sottolinea la rilevanza di riferirsi, per la progettazione come per la valutazione, alle tre dimensioni del passato (per apprendere dall'esperienza e dalle valutazioni del passato), del presente (per analizzarlo) e del futuro (per anticiparlo, prevedendo in un quadro di incertezza);
2. si valorizza la funzione di apprendimento/funzione strumentale come centrale per il cambiamento condiviso tra gli attori.

Si ricordano le tre funzioni chiave della valutazione.

Funzioni della valutazione

Funzione conoscitiva. Consiste nella raccolta, analisi ed interpretazione delle informazioni. Si paragona quanto era stato previsto con quanto è stato realizzato.

Funzione normativa. Si esplica nell'espressione di un giudizio, che si fonda su valori o criteri di riferimento. Criteri standard di riferimento comunemente utilizzati sono, come per il monitoraggio esterno, quelli di pertinenza, efficacia, efficacia, impatto e sostenibilità potenziale. La funzione normativa, se esercitata in modo chiuso, e senza modularla con le altre due dimensioni, rischia di esaltare gli aspetti di controllo.

Funzione strumentale. È riconducibile all'utilità della valutazione, al contributo pratico al miglioramento dei progetti, coinvolgendo i diversi soggetti protagonisti in un processo di apprendimento sul significato e sulle conseguenze delle loro azioni e decisioni^[12, pag. 32].

Il concetto di previsione della sostenibilità è stato successivamente ribadito nel Monitoraggio Esterno/ ROM, dove dal 2000 ad oggi la sostenibilità viene definita sostenibilità potenziale.

La definizione non è sostanzialmente cambiata dal 1993 a oggi, ma i fattori della sostenibilità e la loro categorizzazione sono profondamente cambiati. Tali cambiamenti permettono di identificare due fasi:

1. una fase di ascesa dell'attenzione alla sostenibilità (1993-2003);
2. una fase di declino dell'attenzione alla sostenibilità (2004-2010).

Una fase di ascesa dell'attenzione alla sostenibilità (1993-2003)

La sostenibilità acquista sempre maggior rilievo nel periodo 1993-2003, in relazione a:

- l'introduzione e l'uso del concetto di sostenibilità potenziale, presentato nel paragrafo precedente;
- gli aspetti positivi introdotti nei manuali sul PCM del 1993 e soprattutto del 2001;
- l'avvio e i primi anni di esperienza del ROM.

Il manuale sul PCM del 1993 costituisce il primo manuale sul PCM pubblicato dalla CE, mentre altri donatori bilaterali e multilaterali avevano adot-

tato il PCM e pubblicato manuali precedentemente. Si identificavano nel manuale sei fattori di sostenibilità, denominati "Fattori che assicurano la sostenibilità":

1. Politiche di sostegno;
2. Tecnologie appropriate;
3. Protezione dell'ambiente;
4. Aspetti socio-culturali/Donne e sviluppo;
5. Capacità istituzionali e gestionali (pubbliche e private);
6. Analisi economiche e finanziarie.

In primo luogo, si richiamava l'attenzione del lettore sulla circostanza che i fattori si devono prendere in considerazione lungo tutto il ciclo del progetto: "L'esperienza ci insegna che la sostenibilità dei progetti dipende principalmente dai seguenti fattori. Questi fattori di sostenibilità devono essere presi in considerazione durante tutte le fasi del ciclo del progetto"^[3, pag. 54]. Per ciascun fattore, inoltre, si presentavano delle brevi spiegazioni.

Il numero dei fattori di sostenibilità aumenta nel 2001. Il manuale sul PCM del 2001, infatti, identifica otto fattori denominandoli "Fattori di qualità". A ogni fattore viene collegato un *questionnement*, un gruppo di interrogativi intesi come domande valutative.

1. *Partecipazione e appropriazione (ownership) da parte dei beneficiari*. Quale prova si ha riguardo al sostegno di tutti i gruppi-bersaglio al progetto? In quale misura sono/saranno attivamente implicati/consultati nella preparazione e realizzazione del progetto? Come sono d'accordo con gli obiettivi del progetto e si impegnano a realizzarli?
2. *Politiche di sostegno*. Il governo ha stabilito una politica settoriale appropriata e completa? Quale prova si ha che le autorità responsabili appor-teranno l'appoggio sufficiente per realizzare le politiche di sostegno e allocare le risorse (umane, finanziarie, materiali) necessarie durante e dopo la realizzazione?
3. *Tecnologie appropriate*. Quale prova si ha che le tecnologie scelte possano essere utilizzate a dei costi ragionevoli e nelle condizioni e capacità locali di tutti gli utilizzatori, durante e dopo la realizzazione?
4. *Protezione dell'ambiente*. Gli effetti negativi sull'ambiente risultanti dall'utilizzazione delle infrastrutture e dei servizi del progetto sono state iden-

tificate in modo adeguato? Delle misure sono state prese per attenuare al massimo gli aspetti negativi durante e dopo la realizzazione del progetto?

5. *Aspetti socio-culturali*. Il progetto tiene conto delle norme e degli atteggiamenti socio-culturali locali, compresi quelli delle popolazioni autoctone? Il progetto favorisce una ripartizione più equa dell'accesso e dei benefici?
6. *Uguaglianza uomini-donne*. Le misure sufficienti sono state prese per assicurare che il progetto risponda ai bisogni e agli interessi delle donne e degli uomini e permetta l'accesso sostenibile ed equo degli uomini e delle donne ai servizi e alle infrastrutture? In questo senso, le misure sono sufficienti per assicurarsi che il progetto contribuisca ad attenuare le ineguaglianze legate al genere a più lungo termine?
7. *Capacità istituzionali e di gestione*. Quale prova si ha sulle capacità e risorse (umane e finanziarie) delle autorità di gestione del progetto in maniera efficace, di continuare a offrire i servizi a più lungo termine? Se le capacità sono insufficienti, quali sono le misure previste per sviluppare le capacità durante la realizzazione?
8. *Viabilità finanziaria ed economica*. Quale prova si ha che i benefici del progetto giustifichino i costi, e che il progetto costituisca il mezzo più opportuno in risposta ai bisogni dei gruppi bersaglio, uomini e donne?

Tra gli aspetti positivi introdotti dal manuale, si segnala, in primo luogo, che il numero dei fattori di sostenibilità aumenta da sei a otto, dando maggior risalto a due aspetti: "Partecipazione e appropriazione (*ownership*) da parte dei beneficiari" e "Uguaglianza uomini-donne". Inoltre, nel 1993, presentando il fattore "Aspetti socio-culturali/Donne e sviluppo", la CE precisava: "Nella maggioranza dei casi i fattori sociali e culturali che influenzano la motivazione e quindi la partecipazione attiva e la responsabilizzazione della popolazione coinvolta sono di importanza cruciale"^[4, pag 55]. Nel 2001 l'enfasi sulla partecipazione è maggiore per quattro motivi: i) scomparire l'*incipit* limitativo "Nella maggioranza dei casi"; ii) "Partecipazione e appropriazione (*ownership*) da parte dei beneficiari" costituisce un nuovo fattore; iii) il fattore viene presentato per primo nella lista; iv) viene introdotto il concetto di *ownership*, come traguardo più

della intensità della partecipazione. In terzo luogo, viene attribuita una maggiore rilevanza al concetto di equità, come ripartizione più equa dell'accesso e dei benefici (intesi come uso dei beni e servizi ai quali le popolazioni hanno avuto accesso). Il riferimento all'equità si riferisce chiaramente non solo all'equità di genere, come avveniva nel 1993, dove si segnalava l'attenzione all'"implicazione delle donne nella realizzazione del progetto e nella distribuzione dei frutti del progetto"^[3, pag.55]. Viene infatti richiamata l'equità due volte: tra gli aspetti socio-culturali e, inoltre, tra gli aspetti di genere. Infine, una batteria di domande valutative viene presentata in relazione a ciascun fattore (nel manuale del 1993 non erano presentate), rendendo più trasparenti gli aspetti considerati e facilitando il processo di analisi.

L'unico limite da segnalare, riguardo ai fattori, concerne il fattore 5 del manuale sul PCM del 1993, "Capacità istituzionali e gestionali (pubbliche e private)": la soppressione, nel 2001, del riferimento al contesto pubblico e a quello privato, che meglio indirizzava l'analista a prendere in considerazione ambedue gli aspetti.

Un aspetto positivo rilevante va segnalato, infine, oltre ai quattro già ricordati, riguardo alla applicazione dell'Approccio del Quadro Logico (AQL). Nel capitolo 4.2, si sottolinea che le domande sopra ricordate si devono utilizzare dopo l'identificazione della Logica dell'intervento (prima colonna della Matrice) e la colonna delle Ipotesi (quarta colonna), e prima della colonna degli Indicatori Oggettivamente Verificabili (seconda colonna). Tale indicazione è di grande importanza per:

1. evitare le derive di applicazione dell'AQL legate alla "fretta" di selezionare gli indicatori, scegliendo scorciatoie metodologiche;
2. per l'armonizzazione tra l'AQL e la considerazione della sostenibilità in generale;
3. per l'identificazione di indicatori di qualità (pochi, comprensibili dagli attori, utili per comprendere i processi di cambiamento), sottolineando

come le domande relative ai fattori di sostenibilità sono metodologicamente e nei loro contenuti equiparabili alle *Performance questions* che l'IFAD raccomanda di identificare prima di selezionare gli indicatori^[13].

Il terzo e rilevante aspetto di questa prima fase riguarda l'avvio del ROM e i suoi primi anni di realizzazione.

Il monitoraggio esterno della Commissione Europea (Results Oriented Monitoring)

L'impianto metodologico del ROM si basa sul PCM. Alle missioni di monitoraggio viene richiesto di presentare al termine della missione vari documenti, di cui i principali sono due. Il primo documento è costituito da un insieme di schede denominate *Background Conclusion Sheets* (BCS), organizzate come giustificazione analitica delle conclusioni e come modalità di presentazione delle informazioni specifica e standardizzata. Ogni scheda si riferisce a un criterio valutativo/di monitoraggio (pertinenza, efficacia, efficacia, impatto e sostenibilità potenziale, per un totale di cinque schede). Inoltre, viene presentato un rapporto di monitoraggio (*Monitoring Report*), dove vengono riportati i giudizi di sintesi relativi a ciascun criterio espressi secondo una scala, le conclusioni e le raccomandazioni². Il sistema del ROM costituiva (e costituisce) il più vasto e dettagliato sistema di monitoraggio esterno operante a livello internazionale nell'ambito della Cooperazione allo sviluppo. Vari cambiamenti sono stati introdotti dal 2000 ad oggi, ma l'impianto metodologico complessivo, per l'analisi di progetti in corso di svolgimento, non è variato significativamente, ad eccezione della considerazione dei fattori legati al criterio della sostenibilità.

Il primo manuale per i monitori del ROM, che viene pubblicato nel 2001^[6], identifica i seguenti fattori di sostenibilità: i) politiche di sostegno; ii) rafforza-

2. I giudizi di sintesi vengono così espressi: A (il progetto è molto soddisfacente, in piena conformità o meglio del previsto. Tutto mostra che raggiungerà i suoi obiettivi); B (si tratta di un buon progetto. Tuttavia, alcune misure correttive sono richieste perché il progetto raggiunga i suoi obiettivi); C (il progetto presenta dei problemi. Senza misure correttive, non raggiungerà i suoi risultati); D (il progetto presenta seri problemi. Sarà necessario impiegare misure correttive di base, oppure interrompere il progetto).

mento istituzionale e delle capacità; iii) aspetti socio-culturali/genere; iv) tecnologie; v) ambiente; vi) aspetti finanziari/economici.

Tra gli aspetti positivi del manuale si segnalano: i) l'uso dei cinque criteri standard di valutazione, incluso la sostenibilità, anche per il monitoraggio esterno e non solo per la valutazione; ii) il pieno riconoscimento della trasversalità della sostenibilità rispetto ai settori e rispetto alla dimensione finanziaria dei progetti (il sistema ROM si applica ai progetti piccoli e grandi e a tutti i settori produttivi); iii) la piena valorizzazione dell'eguale importanza dei sei fattori: viene attribuito un eguale peso valutativo (percentuale) a tutti i sei fattori nelle schede BCS.

Tra i limiti del manuale si segnalano: i) i fattori vengono ridotti (senza fornire spiegazioni) da otto a sei; ii) i due fattori "aspetti socio-culturali" e genere" sono presentati congiuntamente, come nel 1993; iii) l'appropriazione (*ownership*) da parte dei beneficiari non compare tra i fattori, mentre era il primo tra i fattori nel manuale sul PCM del 2001, quindi dello stesso anno; iv) non è esplicitato il riferimento all'equità, che era presente in due fattori nel manuale sul PCM del 2001. Nell'applicazione del ROM durante i primi anni, si sono incontrate derive e "resistenze" ad accettare la presa in considerazione (con eguale importanza relativa rispetto agli altri) di tre aspetti in particolare: genere, ambiente ed equità. Dibattiti tra i monitori (consulenti indipendenti) e tra i funzionari della CE sulla supremazia disciplinare e, quindi, sulla rilevanza diversa (peso relativo) da attribuire ai diversi fattori sono stati osservati spesso. Il pregiudizio disciplinare ha comportato, in alcuni casi, la sottovalutazione della rilevanza di alcuni fattori rispetto ad altri ed ha influenzato i cambiamenti metodologici successivi che hanno caratterizzato la seconda fase qui identificata (2004-2010).

Una fase di declino dell'attenzione alla sostenibilità (2004-2010)

Dopo una prima fase di attenzione crescente alla sostenibilità, si può identificare una seconda fase (2004-2010) di declino dell'attenzione. L'attenzione alla sostenibilità inizia a declinare dopo il 2004, in relazione alla pubblicazione del nuovo manuale sul PCM e all'evoluzione del ROM formalizzata in

due nuovi manuali per i monitori.

Nel Manuale sul PCM del 2004^[4] il primo elenco dei fattori di sostenibilità (otto fattori, come nel 2001) appare in una nota^[4, pag. 23] e gli stessi fattori, poi vengono, nello stesso ordine, riproposti nel glossario^[4, pag. 146]:

1. appropriazione (*ownership*) da parte dei beneficiari;
2. politiche di sostegno;
3. tecnologie appropriate;
4. ambiente;
5. aspetti socio-culturali;
6. equità di genere;
7. capacità istituzionale e di gestione;
8. viabilità economica e finanziaria.

Tra gli aspetti positivi del manuale si segnala, in primo luogo, che viene identificata l'equità tra i fattori da prendere in considerazione nell'analisi della rilevanza, in un quadro di analisi complessivo denominato "Quadro di Qualità". Si attribuisce poi un'importanza maggiore alla partecipazione come appropriazione (*ownership*), il livello più alto dell'intensità della partecipazione. L'*ownership* viene presentata come il primo tra i quattro principi del PCM e a questo aspetto viene dedicato un intero nuovo capitolo (Capitolo 8, *Partecipazione e Facilitazione*).

Tra i limiti del manuale si segnala in primo luogo che la sostenibilità viene presentata all'interno del "Quadro di qualità" tra sedici criteri-chiave di qualità, tra i quali solo quattro (aspetti finanziari, sociali, ambientali e tecnici) sono chiaramente presentati come fattori della sostenibilità. Le questioni di equità di genere e l'ambiente, poi, vengono presentate come questioni trasversali (*cross-cutting issues*) in alcune parti del testo^[4, pp 5, 132-133], e non quindi come fattori di sostenibilità. In terzo luogo, l'importante raccomandazione del manuale del 2001 di utilizzare le domande relative agli otto fattori di sostenibilità/qualità dopo l'identificazione della "Logica dell'intervento", e prima dell'identificazione degli indicatori, non viene più presentata. In nessuna parte del testo, infine, si fa riferimento al ROM, malgrado quattro anni di applicazione del sistema da parte della CE. Si presenta, infatti, solo il monitoraggio interno dei progetti.

Il secondo manuale per i monitori del ROM, pubblicato nel 2005^[7], identifica otto fattori di sostenibilità:

1. viabilità economica e finanziaria;
2. *ownership* da parte dei beneficiari;
3. politiche di sostegno;
4. capacità istituzionale e di gestione;
5. aspetti socio-culturali;
6. equità di genere;
7. tecnologie;
8. ambiente.

Tra gli aspetti positivi del manuale si segnalano: i) la *ownership* da parte dei beneficiari, che non era presente nel primo manuale per i monitori del ROM del 2001, viene introdotta come fattore; ii) il riferimento alla *phase out strategy* tra gli interrogativi legati al fattore viabilità finanziaria ed economica.

Tra i limiti del manuale si segnala come, per la prima volta per il PCM e il ROM, si esplicita una supremazia di un approccio disciplinare e di un fattore di sostenibilità sugli altri. Il peso attribuito al primo fattore, la viabilità economica e finanziaria, viene infatti innalzato al 30%, mentre ciascuno degli altri fattori pesa per il 10%. Non vengono fornite spiegazioni (pur sommarie) del cambiamento del peso del fattore.

Nel manuale per i monitori del ROM del 2009, la dimensione della sostenibilità, per la prima volta, viene articolata in tre categorie.

Sostenibilità: una nuova classificazione

Sostenibilità potenziale (*potential sustainability*): viabilità finanziaria/economica; *ownership* da parte dei gruppi-bersaglio; politiche di sostegno e livello di interazione tra il progetto e il livello delle politiche; capacità istituzionale e gestionale.

Aspetti orizzontali (*horizontal issues*): in questa categoria vengono collocati otto aspetti/interrogativi, tra i quali due hanno attinenza con i fattori di sostenibilità (Esistono un chiaro impegno e un'adeguata *ownership* da parte dei partner? Il supporto della Cooperazione Tecnica è armonizzato con quello degli altri donatori e la sostenibilità dei benefici è stata considerata?)

Aspetti trasversali (*cross-cutting issues*): interessi di genere pratici e strategici, bisogni ambientali, *good governance*, diritti umani.

Tra gli aspetti positivi del manuale si segnala, in primo luogo, la presenza, nella sezione del criterio della rilevanza dei BCS, di varie domande legate alla

sostenibilità e alle *cross-cutting issues*. Inoltre, tra le *cross-cutting issues*, varie domande ricordano al monitor di considerare gli aspetti legati ai gruppi svantaggiati, alla possibile discriminazione di alcuni gruppi bersaglio, a potenziali conflitti (anche se non si utilizza il concetto di equità). In terzo luogo, la domanda, già segnalata "Il supporto della Cooperazione Tecnica è armonizzato con quello degli altri donatori e la sostenibilità dei benefici è stata considerata?", aggiunge specificità a un interrogativo presentato nei BCS (sezione criterio dell'impatto riguardante il coordinamento tra donatori).

Tra i limiti del manuale si segnala, in primo luogo, che nella nuova categoria dei fattori trasversali sono collocati "genere" e "ambiente", che dal 1993 al 2008 erano sempre stati considerati (tranne in alcune parti del manuale sul PCM del 2004 sulla valutazione ex-post) come fattori di sostenibilità. Inoltre, come secondo punto, gli aspetti socio-culturali e le tecnologie scompaiono dalla categoria dei fattori di sostenibilità e non vengono nemmeno "recuperati" come fattori trasversali, come è stato per il genere e l'ambiente. In terzo luogo, nel manuale sul PCM del 1993 il fattore che si riferiva al genere veniva denominato "Donne e sviluppo", successivamente, e fino al 2008, "egualianza/equità di genere", mentre nel manuale del 2009 del ROM si parla di generici interessi da prendere in considerazione. Infine, il peso attribuito ai quattro fattori di sostenibilità è diverso: viabilità finanziaria/economica (30%); *ownership* da parte dei gruppi-bersaglio (30%); politiche di sostegno e livello di interazione tra il progetto e il livello delle politiche (20%); capacità istituzionale e gestionale (20%). Anche se la supremazia di un solo fattore (viabilità finanziaria/economica), segnalato come fenomeno negativo commentando il manuale per i monitori del 2005, è stata mitigata, egualmente si deve riscontrare che l'importanza attribuita ai quattro fattori rimane diversa. La convergenza transdisciplinare è sicuramente trascurata da questo approccio e da quanto segnalato al secondo punto. Come nel Manuale per i monitori del 2005 non venivano fornite spiegazioni (pur sommarie) del cambiamento del peso del fattore "Aspetti economici e finanziari", anche in questo caso nessuna spiegazione viene fornita per i cambiamenti apportati. Il

livello di incertezza metodologica e operativa aumenta se si considera quanto segue. In primo luogo, il manuale sul PCM del 2004 è ancora valido come riferimento metodologico generale, con la sua identificazione di otto fattori di sostenibilità. Inoltre, il manuale per il monitoraggio interno del 2007 della stessa CE continua a fare riferimento agli otto fattori, riferendosi anche al loro uso da parte del sistema del ROM^[9,p.24]. Infine, i bandi anche recenti (*Call for proposals*) presentano categorie diverse dalle tre sopra presentate. A titolo di esempio, le Linee-Guida della CE relative a un bando del 2009³ per un rilevante programma (*Global Programme on Agricultural Research for Development-ARD*), presentano una nuova categoria, con i suoi fattori. Tale categoria (*specific added values*) è l'unica, nella scheda di valutazione (*Evaluation grid*), che si riferisce a fattori di sostenibilità e riguarda: aspetti ambientali, eguaglianza di genere e di opportunità, bisogni dei disabili, diritti delle minoranze, e diritti dei popoli indigeni, o innovazioni, buone pratiche, eccetera (anche l'eccetera è nel testo del bando, a pag. 17).

Conclusioni

L'evoluzione della sostenibilità come criterio di valutazione nella Cooperazione allo sviluppo della CE nel periodo considerato (1993-2010) presenta aspetti positivi e limiti.

In primo luogo, tra gli aspetti positivi, si riscontra l'attenzione crescente, nei manuali sul PCM e nella pratica del ROM, verso il concetto di sostenibilità come criterio di "sostenibilità potenziale", criterio da considerare fin dalla fase di formulazione, e non quindi solo in fase di realizzazione e valutazione. Il secondo aspetto positivo riguarda la partecipazione alle fasi di formulazione e di realizzazione, che ha avuto una importanza crescente tra i criteri della rilevanza e della sostenibilità. L'*ownership* da parte di beneficiari è stato riconosciuto come il più alto grado di intensità di partecipazione e uno dei principi del PCM. Inoltre, è attualmente, insieme alla viabilità finanziaria/economica, il più importante fattore

di sostenibilità per il sistema del ROM. Il terzo aspetto positivo riguarda l'ampliarsi dell'uso della sostenibilità come criterio di analisi. La sostenibilità è stata, infatti, progressivamente considerata non solo come criterio di valutazione ma anche di monitoraggio esterno, perché, insieme a rilevanza, efficienza, efficacia e impatto, costituisce uno dei cinque criteri utilizzati dal sistema del ROM, il più vasto sistema di monitoraggio dello sviluppo esistente a livello internazionale.

Tra i limiti, il primo riguarda l'insufficiente attenzione, negli ultimi anni, all'equità. La partecipazione è da considerarsi, infatti, come una condizione necessaria ma non sufficiente: i rischi di esclusione dai frutti dello sviluppo esistono e si deve vegliare sin dalla fase di progettazione per controllarli e fronteggiarli. Di qui l'importanza della considerazione dell'equità (di genere e equità globale, non solo, quindi, di genere). L'equità globale è stata considerata come interrogativo valutativo tra le domande legate a due fattori di sostenibilità nel manuale sul PCM del 2001 e nel "Quadro di Qualità" nel manuale sul PCM del 2004, ma nei manuali del ROM i riferimenti all'equità o non sono presenti oppure si riferiscono, in modo più limitato, all'attenzione ai gruppi svantaggiati, alla possibile discriminazione di alcuni gruppi bersaglio, a potenziali conflitti.

Il secondo limite si riferisce al genere. Nel manuale sul PCM del 1993 il fattore che si riferiva al genere veniva denominato Donne e sviluppo, successivamente, e fino al 2008, manuali sul PCM e del ROM si riferivano a eguaglianza e a equità di genere. Nel manuale del 2009 del ROM si parla, invece, per la prima volta, di generici interessi da prendere in considerazione. Il terzo limite riguarda l'insufficiente armonizzazione e trasparenza nell'identificazione e nell'uso dei fattori di sostenibilità. Si ricorda che (senza spiegazioni sui cambiamenti) i fattori erano sei nel manuale sul PCM del 1993, aumentati ad otto nel manuale sul PCM del 2001, diminuiti a sei nel manuale per i monitori del ROM nel 2001, ritornati ad otto nel manuale sul PCM del 2004 e nel manuale per i monitori del 2005. Infine, nel manuale

3. European Commission, *Food Security Thematic Programme (FSTP), Component 1, Research and Technology, Guidelines for grant applicants, Security Thematic Programme, Component 1, Research and Technology, deadline for submission 06/11/2009*.

per i monitori del 2009 i fattori di sostenibilità sono stati ridotti a soli quattro, e affiancati ad altre categorie (fattori trasversali e orizzontali). Inoltre, i bandi aumentano l'incertezza metodologica e operativa, perché si riferiscono solo ad alcuni fattori tra quelli identificati dai manuali ricordati. Questa situazione non è coerente con la necessità di usare criteri *standard* di valutazione e, più in generale, con i principi di trasparenza e di fiducia reciproca tra gli attori che sono alla base del *Results Based Management/Managing for development results*^[14] e del concetto di *mutual accountability*^[15].

Un quarto limite si riferisce alla deriva legata alla supremazia disciplinare di alcuni fattori di sostenibilità verso altri. In particolare, gli aspetti economici e finanziari sono divenuti formalmente prioritari rispetto agli altri nei manuali per i monitori del 2005 e del 2009 e, inoltre, gli aspetti ambientali da fattore di sostenibilità sono stati collocati nella nuova categoria di aspetti trasversali. Questa situazione conduce a una diminuzione dell'approccio trans-disciplinare che valorizza le tre dimensioni della sostenibilità (sviluppo economico, sviluppo sociale e tutela ambientale) e un ritorno, peraltro ciclico, alla confusione tra "svi-

luppo" e "crescita". Un ulteriore commento, ritornando al concetto di equità. Fabio Fineschi, presentando un volume collettivo sulla sostenibilità, segnala che "Accanto alla sostenibilità ed equità verticali, nel tempo (lo sfruttamento odierno di risorse non deve comprometterne la disponibilità per le generazioni future) vanno garantite anche quelle orizzontali, nello spazio (l'uso delle risorse da parte nostra non può essere effettuato a scapito del diritto di accesso alle stesse da parte di altri popoli)"^[16, pag.9]. E, inoltre, precisa: "Sostenere la 'redistribuzione', invece della 'crescita', significa contestare l'illusione che l'aumento della ricchezza dei pochi possa trascinare verso il benessere anche i molti poveri, significa che è necessario togliere ad alcuni per dare ad altri. E ricchezza vuol dire anche potere"^[16, pag.11].

Infine, in relazione ai limiti ricordati e per contribuire a superare le illusioni liberiste e neo-liberiste, si ritiene utile suggerire sentieri futuri della CE come attore pubblico, caratterizzati da un maggior approccio trans-disciplinare alla sostenibilità, da un rafforzamento della armonizzazione metodologica e della trasparenza, e da una valorizzazione costante dell'equità come esigenza di sviluppo.

Bibliografia

- [1] Bologna G., *Manuale della sostenibilità* (2008), Edizioni Ambiente, Città di Castello.
- [2] Rossi M. Sycamore C. (2006), "Utili idee di ricerca e ricerca di progetti utili. Alcune indicazioni per la progettazione nel VII Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico: applicazioni dell'Approccio del Quadro Logico", *Formazione e Cambiamento*, N. 43, ottobre 2006.
- [3] European Commission, February (1993), *Project Cycle Management, Integrated Approach and Logical Framework-Manual*, Brussels.
- [4] European Commission-EuropeAid Co-operation Office (March 2001), *Manual-Project Cycle Management*, Brussels.
- [5] European Commission-EuropeAid Co-operation Office, March 2004, *Guidelines on Aid Delivery Methods, Volume 1: Project Cycle Management*, Brussels.
- [6] European Commission/Danish Management A/S (lead) (February 2001), *External Monitoring System of EC Development Aid Programmes-Handbook for monitors*, Brussels.
- [7] European Commission-EuropeAid, May 2005, *Handbook for monitors, Results-oriented Monitoring of External Assistance financed by the EC*, Brussels.
- [8] European Commission-EuropeAid (2009), *Handbook for Results-oriented Monitoring of EC External Assistance (projects and programmes)*, Brussels.
- [9] European Commission-EuropeAid (2007), *Strengthening project internal monitoring*, Brussels.
- [10] DFID, (February 2009), *Guidance on using the revised Logical Framework*.
- [11] Commission Européenne-SCR-PCM-Help Desk (November 1999), *Guide pour l'appréciation de propositions de projets*, Brussels.
- [12] Rossi M. (2007), *I progetti di sviluppo-Metodologie ed esperienze di progettazione partecipativa per obiettivi*, (presentazione di Roberto Carpano), seconda edizione, Franco Angeli, Milano.
- [13] IFAD (2002), *A Guide for Project M&E*, Rome.
- [14] IFAD, (2008), *An overview of managing for development results at IFAD*, Rome.
- [15] OECD/DAC, (2009), "Mutual Accountability", *Issues brief 1*, June 2009, Paris.
- [16] Fineschi F. (in corso di pubblicazione, materiale fornito dall'autore) "Introduzione. Un metodo per camminare verso il futuro-Sviluppo sostenibile, pace, interdisciplinarietà", *Sviluppo sostenibile-Discipline a confronto in cammino verso il futuro*, ETS, Pisa.



ENE

