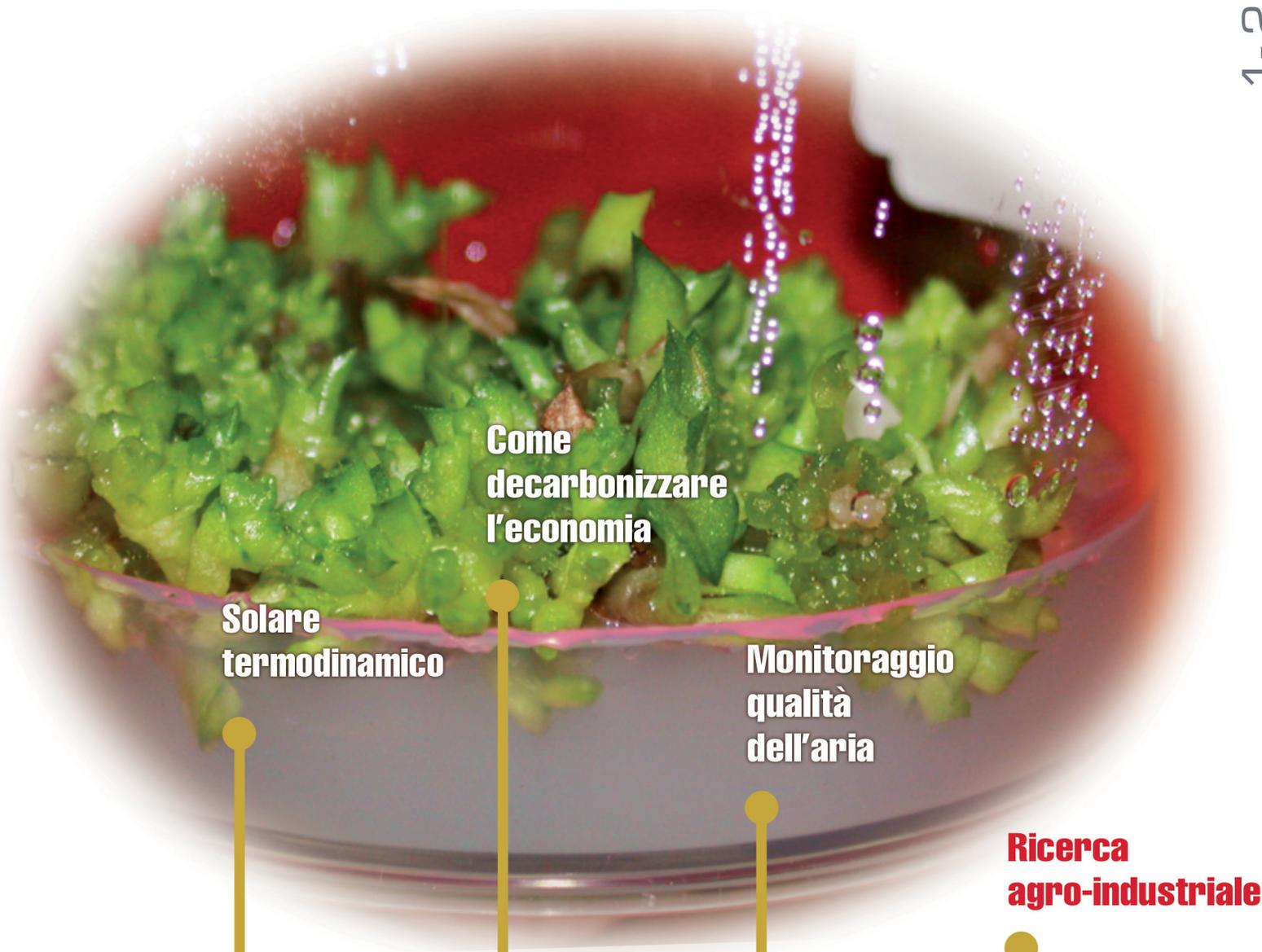




bimestrale dell'ENEA
anno 59
gennaio - aprile 2013

Energia, Ambiente e Innovazione

1-2/2013



Come
decarbonizzare
l'economia

Solare
termodinamico

Monitoraggio
qualità
dell'aria

Ricerca
agro-industriale



Direttore Responsabile

Vincenzo Ferrara

Comitato di Direzione

Pietro Agostini, Vincenzo Artale, Giacobbe Braccio, Marco Casagni, Gian Piero Celata, Carlo Cremisini, Pierino De Felice, Roberta Delfanti, Francesco Di Mario, Roberta Fantoni, Elena Fantuzzi, Massimo Forni, Massimo Frezzotti, Massimo Iannetta, Carlo Manna, Carmela Marino, Paride Meloni, Silvio Migliori, Roberto Morabito, Aldo Pizzuto, Vincenzo Porpiglia, Rino Romani, Sergio Sangiorgi, Massimo Sepielli, Leander Tapfer, Ezio Terzini, Francesco Troiani, Marco Vittori Antisari, Gabriele Zanini

Comitato tecnico-scientifico

Osvaldo Aronica, Paola Batistoni, Ilaria Bertini, Paolo Clemente, Paolo Di Lazzaro, Andrea Fidanza, Stefano Giammartini, Rossella Giorgi, Giorgio Graditi, Massimo Maffucci, Laura Maria Padovani, Paolo Ruti, Emilio Santoro

Direttore editoriale

Diana Savelli

Coordinamento editoriale

Giuliano Ghisu

Comitato editoriale

Valerio Abbadessa, Flavia Amato, Daniela Bertuzzi, Paola Carrabba, Paola Cicchetti, Antonino Dattola, Barbara Di Giovanni, Laura Di Pietro, Michele Mazzeo, Laura Migliorini, Paola Molinas, Rita Pascucci, Caterina Vinci

Edizione web

Antonella Andreini, Daniela Bertuzzi, Concetta Manto

Promozione

Paola Crocianielli

Traduzioni

Carla Costigliola

Progetto grafico

Paola Carabotta, Bruno Giovannetti

Per informazioni e contatti: info@enea.it

Gli articoli riflettono le opinioni degli autori e non necessariamente quelle dell'ENEA

Pre-stampa

FGE Srl - Fabiano Gruppo Editoriale
Regione San Giovanni, 40 - 14053 Canelli (AT)
e-mail: info@fgeditore.it

Stampa

Varigrafica Alto Lazio
Via Cassia, km 36,300 (Zona industriale) - 01036 Nepi (VT)

Registrazione

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

Finito di stampare nel luglio 2013



Prodotto realizzato impiegando carta Symbol Freelifree certificata FSC

Indice

WV World View 2

Ec Focus 5

Solare Termodinamico

5 Impianti solari termodinamici ibridi: tecnologie disponibili e potenziale applicativo in Italia
Tommaso Crescenzi, Enzo Metelli, Massimo Falchetta, Alfredo Fontanella

Recupero Materie Prime

14 Reforming di acque di vegetazione di frantoi oleari
Silvano Tosti

Biotechnologie

19 Microrganismi più efficienti della fotosintesi per sfruttare la CO₂
Giulio Izzo

Po Primo piano 21

Agro-industria

21 Politiche europee di ricerca nel settore agro-industriale: implicazioni per l'Italia
Luigi Rossi, Valerio Abbadessa

25 La Piattaforma Tecnologica Europea "Food for Life"
Daniele Rossi

31 Ricerca ed innovazione ENEA per lo sviluppo di nuovi modelli di produzione e consumo agroalimentari
Massimo Iannetta, Lorenza Daroda

Ps Prospettive 36

Decarbonizzazione

36 Come decarbonizzare l'economia: le proposte del Kyoto Club per l'Italia
Gianni Silvestrini

39 Danish Energy Policy and the new long term Energy Agreement
Claus Andersen

Sr Studi & ricerche 42

Review and assessment papers

42 Figurative art, perception and hidden images in inverse perspective
Paolo Di Lazzaro, Daniele Murra

52 Separation chemistry: tool to improve the recovery of raw materials from waste
Loris Pietrelli

Research papers

60 Methodologies for the evaluation of spatial representativeness of air quality monitoring stations in Italy
Gaia Righini, Andrea Cappelletti, Irene Cionni, Alessandra Ciucci, Giuseppe Cremona, Antonio Piersanti, Lina Vitali, Luisella Ciancarella

69 Microstructure and thermal properties of plasma-sprayed ceramic thermal barrier coatings
Giovanni Di Girolamo, Caterina Blasi, Alida Brentari, Monica Schioppa

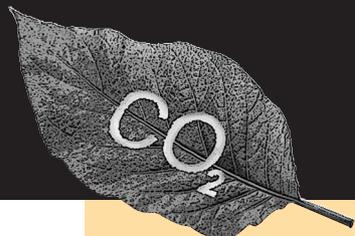
Technical papers

77 Proposal for a Scaling tool under the REACH Regulation
Roberto Carletti, Stefano Castelli, Flaviano D'Amico, Tanya Boyadzhieva

Rb Rubriche 83

- 83 dal **Mondo**
- 84 dall'**Unione Europea**
- 86 dalle **Istituzioni nazionali**
- 87 dai **Giornali**

World View



EEA: uno sguardo consuntivo all'ambiente in Europa nel 2012

Il 2012 appena passato ha portato un'ampia varietà di situazioni meteorologiche estreme dai record di caldo e siccità durante l'estate negli USA al record di riduzione dei ghiacci artici, dalle alluvioni sulle isole britanniche durante l'estate, all'autunno caldo e alluvionale in Italia, fino al caldo record dell'Australia. Se negli USA il 2012 è stato l'anno più caldo mai registrato dal 1880 (secondo le elaborazioni della NOAA <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/national/2012/13>), in Italia il 2012 si posiziona solo al quarto posto come anno più caldo, ma a partire dal 1800 (secondo le elaborazioni del CNR-ISAC http://www.isac.cnr.it/~climstor/climate/latest_year_TMM_met.html). A livello globale non ci sono ancora le elaborazioni ufficiali della WMO (World Meteorological Organization), ma il 2012 sarà certamente l'ottavo anno più caldo dal 1880, secondo le ultime elaborazioni della NOAA (<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global>). A livello europeo, invece, l'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) ha riportato in una nota (<http://www.eea.europa.eu/pressroom/newsreleases/eea-reviews->

[new-findings-from](#)) che l'ultimo decennio, quello compreso fra il 2002 ed il 2011, con una anomalia della temperatura al suolo di 1,3 °C, è stata il decennio più caldo mai verificatosi in Europa negli ultimi due secoli e cioè rispetto al periodo pre-industriale.

Inoltre l'Agenzia Europea ha osservato quanto segue:

- Le emissioni di gas serra in Europa si sono ridotte di ben il 2,5% nel solo 2011 rispetto al 2010, nonostante che in molte aree europee ci sia stata una ripresa dalla crisi economica. La mitezza dell'inverno è stata la causa principale di questa flessione. Ma va inoltre evidenziato che le emissioni europee di gas serra sono diminuite del 17,6% tra il 1990 e il 2011, ben oltre gli obiettivi del Protocollo di Kyoto.
- Le nuove autovetture europee prodotte e vendute dal 2011 sono state del 3,3% più efficienti di quelle prodotte nel precedente anno 2010.
- Quasi un terzo dei cittadini europei abitanti in grandi città è stato esposto a concentrazioni elevate, oltre i limiti consentiti, di polveri sottili in aria (PM-2,5) e

le polveri sottili, come noto, sono tra gli inquinanti che provocano i maggiori danni alla salute umana.

- L'inquinamento da traffico urbano rimane ancora un grosso problema in Europa, causando livelli nocivi di inquinamento atmosferico, soprattutto da ossidi di azoto, ben oltre le soglie legalmente consentite.
- Le aree protette europee hanno raggiunto nel 2012 un quinto del territorio dell'Europa, anche se solo il 4% delle aree marine di pertinenza dall'UE è stato protetto. Questo è un importante risultato da sottolineare nel ventesimo anniversario della Direttiva europea sugli Habitat e della Convenzione delle Nazioni Unite sulla diversità biologica.
- La domanda di materie prime è diventata così forte in Europa che ormai il 20-30% delle risorse naturali, usate in Europa, è importato. L'uso così intenso e poco efficiente delle risorse naturali in Europa produce danni agli ecosistemi ed alla salute umana ben oltre i confini europei.
- I composti chimici che agiscono sul sistema ormonale – meglio conosciuti come interferenti endocrini e distruttori endocrini – possono contribuire a incrementi significativi di cancro, diabete e obesità, diminuzione della



fertilità e sviluppo di problemi neurologici. Il rischio sanitario in crescita associato a questi composti chimici è una delle principali sfide che l'Unione Europea ha affrontato nel 2012 e negli anni precedenti, sfida che ora deve essere portata a compimento.

Per l'anno 2013 l'Agenzia Europea dell'Ambiente darà il proprio supporto all'*Anno europeo dell'Aria* (<http://www.eea.europa.eu/highlights/2013-kicking-off-the-2018year>), mettendo a disposizione dati, analisi e valutazioni che saranno utili per la revisione della strategia contro l'inquinamento atmosferico e della legislazione sulla qualità dell'aria, che la Commissione Europea sta effettuando (http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/128159_en.htm).

(Daniela Bertuzzi)

Calo degli investimenti mondiali nelle energie rinnovabili

Secundo Bloomberg New Energy Finance, nel 2012 si è registrato un calo degli investimenti mondiali nelle fonti energetiche rinnovabili pari all'11%. Le cause sono prevalentemente da individuare nell'incertezza della normativa di riferimento e in un quadro politico instabile che ha caratterizzato alcuni tra i principali mercati al mondo, come Stati Uniti, India, Spagna e Italia. Nell'ultimo anno, infatti, il valore cumulato delle risorse

investite nel mondo è sceso a 268,7 miliardi di dollari, dai 302,3 miliardi di dollari nel 2011. Tuttavia, tale cifra è da considerarsi comunque elevata considerando che è pari a cinque volte gli investimenti del 2004. In cima alla classifica mondiale dei paesi che più hanno investito in questi settori vi è la Cina con quasi 68 miliardi di dollari (+20% rispetto al 2011), una cifra del 53% superiore a quella degli Stati Uniti che con poco più di 44 miliardi di dollari d'investimenti si posizionano al secondo posto. Tra i paesi in forte crescita vi sono il Sud Africa, passato da qualche decina di milioni di dollari d'investimenti nel 2011 a 5,5 miliardi di dollari nel 2012, e il Giappone che, a seguito dell'effetto Fukushima e dell'introduzione di generosi incentivi alle rinnovabili, nell'ultimo anno ha visto salire i propri investimenti del 75% per un totale di 16,3 miliardi di dollari. Il calo maggiore degli investimenti (-68%) è stato registrato, invece, in Spagna che a causa di una moratoria sugli incentivi a progetti non ancora approvati ha totalizzato solo 3 miliardi di dollari. Diminuzioni significative nell'ultimo anno sono state registrate anche negli Stati Uniti (-32%) e in India (-44%), sia per effetto della scadenza degli incentivi che della competizione con il settore del gas. In Italia si è verificato il secondo maggiore calo degli investimenti a livello mondiale. Questi, infatti, si sono più che dimezzati (-51%) rispetto al 2011, passando da 29 a 14,7 miliardi di dollari nell'ultimo anno, a causa essenzialmente della diminuzione delle attività nel settore fotovoltaico.

Osservando la ripartizione per tecnologia degli investimenti mondiali nel 2012, emerge come quasi tutti i settori hanno registrato un calo, ad eccezione del piccolo idroelettrico che con 7,6 miliardi di dollari d'investimenti registra un aumento del 17%. Il solare, con 142,5 miliardi di dollari, è il settore ad avere attirato le maggiori risorse economiche seppure in calo rispetto all'anno precedente (-9%), seguito dall'eolico con 78,3 miliardi di dollari (-13%), dalle tecnologie "intelligenti" (smart grid, efficienza energetica e veicoli elettrici) con 18,8 miliardi di dollari (-7%) e dalle biomasse e rifiuti con 9,7 miliardi di dollari (-27%). Infine i biocarburanti, che registrano 4,5 miliardi di dollari (-38%) e la geotermia con 1,8 miliardi di dollari (-39%). Per Bloomberg, nel 2012 la riduzione complessiva degli investimenti mondiali è risultata meno importante del previsto, considerando le incertezze politiche, la crisi economica e la discesa dei costi delle tecnologie, in particolare quella dei moduli fotovoltaici (-24%), che hanno caratterizzato l'ultimo anno. Inoltre, la tendenza di fondo sembra essere quella di una espansione degli investimenti dalle economie più solide, come quelle di Europa, Stati Uniti e Cina, verso quelle di paesi, prevalentemente in via di sviluppo, appartenenti ad Africa, Medio Oriente, Sud America, Asia e Oceania. Secondo la Direzione Studi dell'ENEA, in Italia gli investimenti nei comparti delle rinnovabili e dell'efficienza energetica risentono da tempo delle incertezze relative al quadro normativo di riferimento,



lo dimostra il rallentamento avvenuto nell'ultimo anno. In un'ottica di maggiore stabilità, sarebbe opportuno garantire politiche e misure a livello nazionale per portare rapidamente il costo di generazione dell'energia pulita verso la competitività con quello

da fonti fossili, svincolando quindi le rinnovabili dai meccanismi d'incentivazione, e, allo stesso tempo promuovere la R&S e la competitività industriale attraverso l'istituzione di appositi meccanismi di finanziamento per questi settori.

(Andrea Fidanza)

Cinghiali radioattivi in alta Val di Sesia per colpa di Chernobyl?

Cinghiali radioattivi sono stati trovati anche in Italia dopo segnalazioni analoghe del 2007 e del 2010 in Germania (vedasi Spiegel del 30 luglio 2010 <http://www.spiegel.de/international/zeitgeist/a-quarter-century-after-chernobyl-radioactive-boar-on-the-rise-in-germany-a-709345.html>). In seguito ad analisi effettuate su alcuni campioni di cinghiali della Val Sesia sono state, infatti, evidenziate tracce di Cesio 137, un isotopo radioattivo che si forma come sottoprodotto delle fissioni nucleari. Ovviamente la notizia ha destato un certo allarme, i campioni sono stati sequestrati. In Germania nel 2010 si era parlato di eredità di Chernobyl (vedi: http://www.cbsnews.com/8301-503543_162-20014108-503543.html). In Italia, ci si è chiesti se tutto questo possa essere riconducibile, esclusivamente o meno, all'incidente di Chernobyl del 1987. Secondo la dottoressa Elena Fantuzzi, responsabile dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA, la Val Sesia, come altre valli alpine, è da annoverarsi fra le zone del territorio nazionale dove, a seguito

delle copiose precipitazioni occorse durante il passaggio della nube radioattiva causata dall'incidente di Chernobyl, fu più rilevante la ricaduta al suolo di radionuclidi. Causa la sua vita media relativamente lunga (circa 30 anni), il Cs-137 proveniente da Chernobyl, unitamente a quello residuo determinato dal fall-out dei test atomici in atmosfera effettuati nel corso degli anni '50 e '60 del secolo scorso, in Italia come in gran parte d'Europa risulta di fatto ancora rilevabile in diverse matrici ambientali, specialmente quando provenienti da zone, come quelle montane, in cui, per ragioni di conformazione geologica (terreno poco profondo posto su base rocciosa), tipologia di vegetazione e sostanziale assenza di attività antropiche (terreno imperturbato), il radionuclide rimane sostanzialmente "intrappolato" nei primi strati di terreno con ridottissima possibilità di migrazione. Ciò determina peraltro una prolungata disponibilità alla sua captazione da parte di specie vegetali come funghi, tuberi, bacche e frutti di bosco, alcune delle quali caratterizzate da capacità

di concentrazione di particolari elementi, fra cui proprio il cesio e che costituiscono una delle componenti principali della dieta di molti animali selvatici, fra cui sicuramente il cinghiale. Tutto ciò premesso, l'esito delle analisi effettuate su organi di cinghiali provenienti dalla Val Sesia non è da ritenersi un fatto inatteso o sorprendente, né appare verosimile ricercare presunte cause diverse da quelle semplicemente catalogabili come "code" dell'incidente di Chernobyl, tantomeno una "origine" riconducibile agli impianti nucleari piemontesi, che si ricorda sono sottoposti ad uno stretto e puntuale monitoraggio della radioattività ambientale dei siti sotto il controllo delle Istituzioni pubbliche preposte (ARPA, ISPRA). D'altra parte la stessa emanazione in ambito CE di regolamenti (Regolamento (CEE) N. 737/90, Regolamento (CE) N. 733/2008) inerenti le condizioni d'importazione di prodotti agricoli originari dei paesi terzi a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl, nonché la raccomandazione (Raccomandazione 2003/274/CE) sulla protezione e l'informazione del pubblico per quanto riguarda l'esposizione risultante dalla continua contaminazione radioattiva da cesio di taluni prodotti di raccolta spontanei testimoniano come eventi come quello riscontrato negli organi dei cinghiali della Val Sesia siano a tutt'oggi considerati ancora preventivamente o quantomeno possibili a seguito della contaminazione radioattiva che nel 1986 si è diffusa sull'intera Europa.

(Daniela Bertuzzi)



SOLARE TERMODINAMICO

Impianti solari termodinamici ibridi: tecnologie disponibili e potenziale applicativo in Italia

La tecnologia solare termodinamica, di cui l'ENEA rappresenta un riferimento scientifico internazionale, può trovare utile applicazione in abbinamento con le centrali termoelettriche tradizionali, riducendone il consumo di combustibile o incrementandone la produzione. Può anche fornire un valore aggiunto a società di ingegneria che operano sui mercati esteri, in particolare Nord Africa e Medio Oriente

■ Tommaso Crescenzi, Enzo Metelli, Massimo Falchetta, Alfredo Fontanella

La tecnologia solare termodinamica ha ormai raggiunto la fase di maturità industriale e sta avviandosi verso la maturità commerciale, come dimostra il numero significativo di realizzazioni in diversi Paesi e l'ampia disponibilità di prodotti e aziende impegnate nel settore. Tuttavia, rispetto alle sue potenzialità la diffusione di questa tecnologia risulta ancora abbastanza limitata, soprattutto in Italia, per diversi motivi: in particolare, l'elevata taglia richiesta da questo tipo di impianti, se dedicati unicamente alla produzione elettrica, risulta penalizzante per la necessità di reperire consistenti finanziamenti e aree unitarie dell'ordine delle decine di ettari. A questo si è recentemente aggiunta la forte competizione sul piano dei costi da parte della tecnologia fotovoltaica, particolarmente favorita nelle realizzazioni di media-piccola taglia, avendo la possibilità di frazionare gli investimenti con realizzazioni di tipo modulare.

Il vantaggio del solare termodinamico dal punto di vista della maggiore dispacciabilità della produzione, grazie alla disponibilità di sistemi d'accumulo a basso costo, non è ancora stato valorizzato adeguatamente dal mercato elettrico. La tecnologia solare termodinamica può però trovare spazi notevoli di mercato anche attraverso la produzione combinata di elettricità e calore.

Inoltre nella sola produzione elettrica trova già applicazione sia con la realizzazione ex-novo di impianti integrati solare-ciclo combinato alimentato a gas, sia con l'ibridizzazione di centrali termoelettriche esistenti, consentendo un minor consumo di combustibile o una maggiore produzione per coprire punte di richiesta, con una diminuzione delle emissioni specifiche di inquinanti.

Negli Stati Uniti, oltre al rilancio delle azioni di ricerca e sviluppo collegate al programma SunShot, tese a ridurre drasticamente i costi di tutti i suoi componenti d'impianto, nel dicembre 2012 il Department Of Energy ha annunciato lo stanziamento di 20 milioni di dollari per supportare l'integrazione del solare termodinamico negli impianti a combustibili fossili esistenti [1]; anche in Italia già da alcuni anni opera l'impianto solare sperimentale Archimede, integrato nell'omonima centrale alimentata a gas naturale.

In questo articolo si ricordano brevemente gli aspetti tecnologici dell'ibridizzazione e se ne stima il potenziale applicativo in Italia.

■ Tommaso Crescenzi, Enzo Metelli,
Massimo Falchetta, Alfredo Fontanella
ENEA, Unità Tecnica Fonti Rinnovabili

Le tecnologie per l'ibridizzazione

Lo sfruttamento dell'energia solare, mediante sistemi a concentrazione ad alta temperatura, nell'ambito di un impianto alimentato con combustibile fossile può avvenire a vari livelli di integrazione (quota di energia solare sul totale prodotto) e secondo varie tecnologie. Schematizzando, si possono considerare i seguenti casi tipici:

- impianti sostanzialmente solari (tipicamente a collettori parabolici lineari), in cui è richiesta una quota marginale di combustibile – quasi sempre gas naturale – essenzialmente per regolarizzare la produzione elettrica in alcuni stati operativi dell'impianto (ad esempio fasi di avvio e fermata del gruppo a vapore, o brevi interruzioni del flusso solare). Appartengono a questa tipologia molti impianti spagnoli e americani, incentivati con la limitazione di produrre, su base annuale, non più del 25% di energia da combustibili commerciali. L'utilizzo del gas per la produzione elettrica non avviene in questo caso con la massima efficienza di conversione, ma essendo la quota gas minoritaria ciò non costituisce un problema;
- impianti intrinsecamente ibridi, in cui fonte solare e fonte termica primaria (costituita, oltre che dal gas, anche da biomassa) si integrano per produrre elettricità, calore e servizi di raffrescamento estivo e/o dissalazione dell'acqua: un caso tipico di questa tipologia è il progetto MATS^[2]. Anche in essi l'impiego del gas per la generazione elettrica non avviene con la massima efficienza, ma ciò non costituisce un problema in quanto tali impianti producono in trigenerazione (elettricità-calore-freddo);
- impianti termoelettrici convenzionali con ciclo a vapore in cui una quota solare, percentualmente piccola rispetto alla potenza nominale dell'impianto, viene aggiunta allo scopo di ridurre il consumo dei combustibili fossili producendo nel contempo energia da fonte solare al minor costo possibile: un esempio di questa tipologia è l'integrazione di impianti a carbone^[3], dove il calore solare può essere inviato all'ingresso del surriscaldatore della turbina di media pressione o al preriscaldatore del generatore di vapore della turbina di alta pressione (AP);
- impianti solari integrati in centrali termoelettriche

con ciclo combinato a gas-vapore (ISCC – Integrated Solar Combined Cycle), attualmente i più diffusi e oggetto di maggiore approfondimento nel prosieguo. Si possono realizzare come integrazione di un impianto solare a un ciclo combinato già esistente, con quote solari generalmente limitate, oppure come impianto ex-novo in configurazione integrata, con quote solari più elevate anche se percentualmente contenute. La differenza sta nel fatto che in quest'ultimo la turbina a vapore viene sovradimensionata, rendendo accettabile un maggior contributo solare.

Impianti ISCC

Gli impianti ISCC consentono di integrare calore solare ad alta temperatura nell'ambito della sezione vapore di un impianto a ciclo combinato. Nel seguito si fa riferimento a questa tipologia, attualmente in fase di maturità industriale, tralasciando concetti più avanzati di ibridizzazione direttamente a livello di turbina a gas^[4], con produzione di aria a temperature dell'ordine di 1.000 °C tramite sistemi solari di concentrazione a torre, per ora ancora a livello di ricerca e sviluppo (Figura 1).

Limitandoci alle tecnologie attualmente mature, tipicamente quella a collettori parabolici lineari, l'ISCC

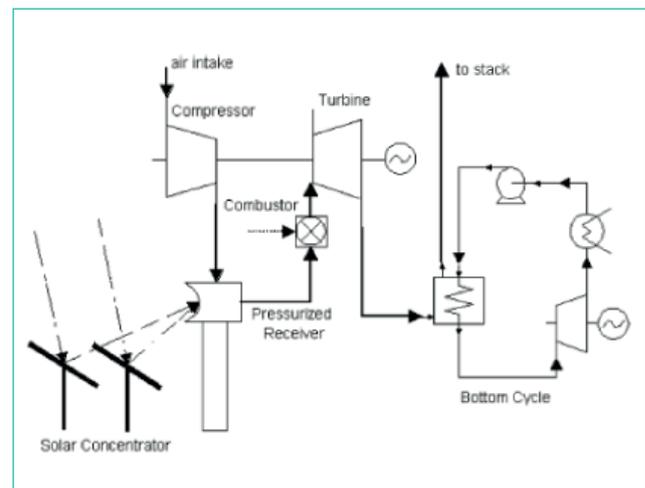


FIGURA 1 Schema di impianto ISCC con sistema solare a torre
Fonte: [4]

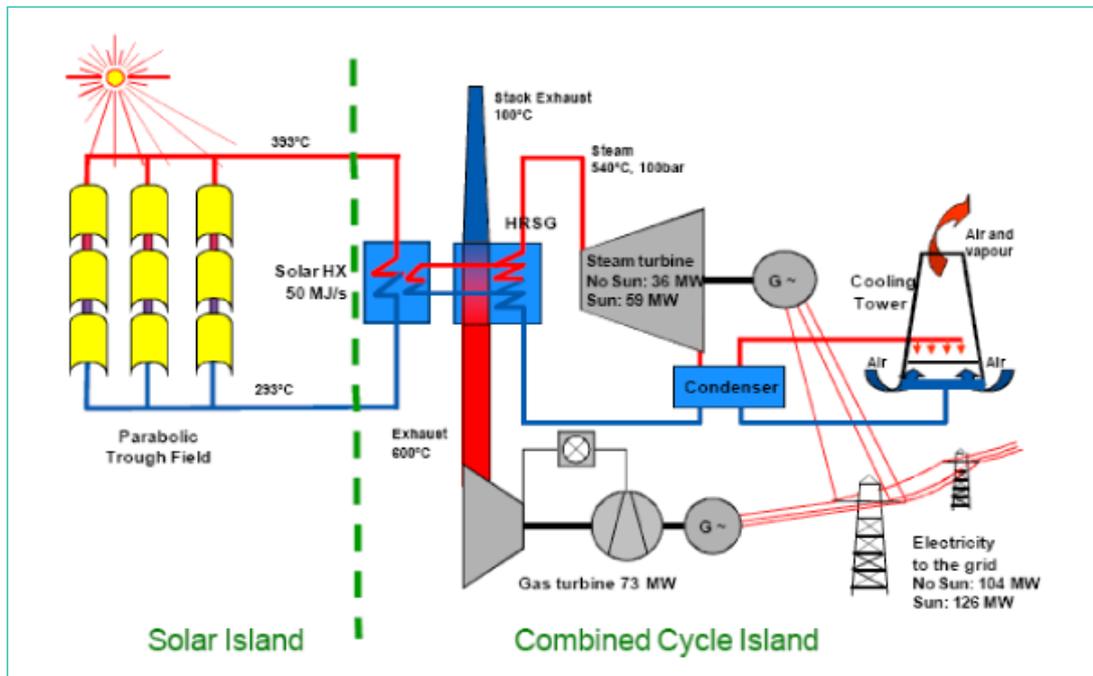


FIGURA 2 Schema dell'impianto ISCC di Kuraymat
Fonte: [7]

presenta una serie di vantaggi rispetto a un impianto solare puro:

- l'energia solare può essere convertita in energia elettrica con un livello più elevato di efficienza;
- il costo addizionale di una turbina a vapore di taglia maggiore – nell'ambito del gruppo a ciclo combinato – è comunque inferiore rispetto al costo globale dell'intero sistema vapore nell'impianto solare "puro";
- l'impianto integrato non risente delle inefficienze termiche associate all'avvio e alla fermata (come minimo quotidiane) del gruppo vapore, ulteriormente accentuate in caso di sensibile variabilità dell'irraggiamento nell'arco della giornata;
- la produzione dell'impianto è totalmente "dispacciabile", nell'arco del giorno e della notte;
- la possibilità di integrare, con la potenza solare, la contemporanea riduzione di potenza delle turbine (a gas e a vapore), causata dalle elevate temperature diurne. Ciò a volte è decisivo per la scelta dell'integrazione in aree a forte irraggiamento diretto e accentuata temperatura diurna, quali il Nord Africa;

non è un caso che gli ISCC in funzione si trovano soprattutto in tali aree.

Il concetto di ISCC è stato originariamente proposto dalla Luz Solar International e l'ottimizzazione di questo tipo di impianti – costruiti ex-novo – è stata discussa ampiamente in [5] e [6], con riferimento allo stato dell'arte della tecnologia in quegli anni, ovvero sistemi parabolici lineari a olio, generalmente senza accumulo termico, in grado di operare fino a 400 °C. Poiché la temperatura tipica di uscita da questi impianti solari è di circa 390 °C, l'opzione migliore è produrre vapore saturo a 380 °C da iniettare nel flusso proveniente dal Generatore di Vapore a Recupero (GVR, o HRSG in inglese) del gruppo combinato (Figura 2). Questo tipo di soluzione è adottato nei tre sistemi ISCC attualmente in esercizio:

- Kuraymat in Egitto [7], [8] con un campo solare parabolico ad olio da 130.800 m², in grado di generare 103,8 o 125,7 MW elettrici, rispettivamente senza o con contributo solare, ed entrato in servizio nel giugno 2011.

- Ain Beni Mathar in Marocco, finanziato dal programma GEF della World Bank ed entrato in servizio nell'ottobre 2010. L'impianto è in grado di generare 407 MW e 429 MW elettrici rispettivamente senza o con contributo solare ^[9], ^[10]. Si caratterizza per un sistema di raffreddamento a secco, con un consumo d'acqua molto ridotto a differenza dell'impianto di Kuraymat, che utilizza torri evaporative. Il minor consumo d'acqua comporta però un costo di impianto aggiuntivo e una limitata riduzione delle prestazioni.
- Hassi R'mel in Algeria, con una quota solare dichiarata di 30 MW su un totale di 150 MW elettrici e raffreddato a secco, entrato in servizio nel luglio 2011 ^[11].

In questo tipo di impianti, come argomentato in ^[5] e ^[6], i criteri tecnici di ottimizzazione portano a una quota di produzione solare abbastanza limitata, a meno di non incorrere in notevoli riduzioni dell'efficienza globale di conversione; infatti la quota ottimale è dell'ordine del 5-10% della produzione totale (con valori superiori corrispondenti all'impiego di accumulo termico nella sezione "solare", finora però non adottato). Costi ridotti del gas ovviamente tendono ad accentuare il problema, portando a un'ottimizzazione economica tendenzialmente sbilanciata verso la parte "fossile". Dati da impianti reali ^[9] e ^[12] mostrano come il rapporto di potenza (Capacity share ratio – ovvero il rapporto fra potenza nominale elettrica del gruppo solare e potenza totale dell'impianto) degli ISCC costruiti varia dal 5% al 17%; non sono disponibili dati sulle quote di energia prodotte da fonte solare, presumibilmente dovrebbero essere ben inferiori al 10%.

È da rimarcare come l'introduzione di sistemi di accumulo termico e di captazione della radiazione a più alta temperatura può consentire di elevare la quota solare, "distribuendo" maggiormente la sua produzione nell'ambito della giornata e rendendo tale contributo più regolare, anche se non è detto che ciò sia vincente sul piano dell'ottimizzazione economica. Solo l'impiego di tecniche simulative (un esempio molto preliminare è in ^[13]), accompagnato da un'analisi dettagliata dei costi dei componenti, può consentire di optare per una soluzione con accumulo piuttosto che senza accumulo.

Prospettive degli ISCC

Nell'esaminare le prospettive concrete di realizzazione di nuovi impianti ISCC o di ibridizzazione di centrali esistenti a ciclo combinato, per ottenere una significativa quota solare, occorre selezionare i siti in modo da soddisfare queste due condizioni:

- un'area disponibile sufficiente, nelle vicinanze se non nella zona di rispetto della centrale;
- un buon irraggiamento solare diretto nel corso dell'anno.

Ne consegue che non tutte le centrali termoelettriche esistenti a ciclo combinato si prestano a una trasformazione, anche con quote solari modeste, in ISCC; d'altro canto anche il progetto di un ISCC espressamente concepito come tale è soggetto alle condizioni citate, tantoché gli ISCC finora realizzati ex-novo sono in aree desertiche o pre-desertiche.

Potenziale applicativo in Italia

L'Italia ha sviluppato un'applicazione pionieristica nel campo ISCC con il progetto Archimede, realizzato dall'ENEL su tecnologia solare ENEA ^[14]. Questa tecnologia utilizza i sali fusi come fluido nel campo solare e, per il corretto funzionamento, richiede sempre un sistema di accumulo termico. Grazie ai sali fusi è stata aumentata la temperatura all'uscita del campo solare da 390 a circa 540 °C, consentendo così di produrre vapore in condizioni di temperatura e pressione molto vicine a quelle del vapore proveniente dal GVR dell'impianto a ciclo combinato. Pertanto è stato possibile inviare il vapore, prodotto dal calore solare, direttamente alla turbina di AP, ottenendone un miglior rendimento di conversione in energia elettrica. Il carattere prototipico del progetto Archimede e la sua valenza dimostrativa hanno portato a una quota solare limitata (0,65% in termini di potenza) rispetto al 3% tecnicamente fattibile, con una quota di produzione energetica assai modesta.

Si fa notare che, con tale tecnologia, è possibile ibridizzare vantaggiosamente non solo gli esistenti impianti termoelettrici più moderni a ciclo combinato gas-vapore, ma anche quelli convenzionali con il solo ciclo a vapore, funzionanti generalmente a carbone o a olio combustibile. Questo perché, come già detto,

le caratteristiche del vapore ottenuto col calore solare sono tali che può essere inviato direttamente nella turbina di AP. Poiché in tali centrali si può modulare opportunamente, entro certi limiti, la produzione del vapore, variando la portata dei combustibili in ingresso al generatore di vapore, non ci sarebbero ostacoli, dal punto di vista impiantistico, ad una loro ibridizzazione solare che arrivi a percentuali ben superiori a quelle consentite negli impianti a ciclo combinato già esistenti.

Peraltro il potenziale applicativo del solare termodinamico in Italia è più limitato rispetto, per esempio, agli Stati Uniti o alla Spagna per due principali motivi: le condizioni di insolazione non ottimali nelle regioni settentrionali e la scarsità di terreni con idonee condizioni per l'installazione degli impianti. In particolare i terreni incolti, che non mancano, si trovano soprattutto in zone collinari o montane.

Maggiori possibilità potrebbero offrire le aree industriali o minerarie dismesse, a volte non distanti da centrali termoelettriche. In questi casi l'utilizzazione produttiva con il solare termodinamico potrebbe rappresentare un'opportunità di risanamento ambientale

per terreni contaminati. Altra opportunità in questo senso è costituita dalle discariche esaurite. Comunque la realizzazione di impianti solari termodinamici in Italia avrebbe soprattutto una valenza dimostrativa e di sviluppo dell'industria nazionale, per consentirle di inserirsi in condizioni di maggiore forza nel ben più vasto mercato internazionale.

Al fine di stimare il potenziale teorico in Italia dell'ibridizzazione di centrali termoelettriche già esistenti tramite il solare termodinamico, si fa riferimento alla tecnologia ENEA dei collettori parabolici lineari, assemblati in moduli unitari ("stringhe") da 3.600 m² di superficie captante con le ipotesi riportate in Tabella 1.

La Tabella 2 elenca le centrali termoelettriche esistenti che corrispondono ai criteri ipotizzati, specificando la loro tipologia, i combustibili utilizzati e la potenza elettrica nominale.

La Tabella 3 riporta i dati di irraggiamento solare per le località delle centrali individuate.

La Tabella 4 riporta infine i risultati ottenuti in termini di potenza elettrica integrativa da solare, superficie captante, ingombro del campo solare e produzione

Rendimento netto	Picco	18,5	%
	Medio annuale	15	%
Modulo unitario ("stringa")	Superficie collettori	3.600	m ²
	Ingombro sul terreno	7.920 ⁽¹⁾	m ²
	Numero collettori in serie	6	-
	Lunghezza collettori	100	m
	Apertura collettori	6	m
Multiplo solare ⁽²⁾		1,1	
Centrale termoelettrica di riferimento ⁽³⁾	Potenza minima	100	MW
Percentuale di ibridizzazione ⁽⁴⁾	Impianti vapore	5	%
	Cicli combinati	3	%
	Turbogas	-	

(1) Comprensivo della spaziatura tra i collettori e delle apparecchiature ausiliarie del campo solare

(2) Sovradimensionamento del campo solare rispetto alla potenza di picco

(3) Localizzata nelle regioni centro-meridionali, fuori dei centri abitati

(4) Si assume di utilizzare il gruppo vapore già esistente, non ottimizzato per l'impiego ISCC

TABELLA 1 Ipotesi per la stima del potenziale
 Fonte: elaborazione ENEA

Centrale	Tipo ⁽¹⁾	Comune	Regione	MW
Alessandro Volta	O/G – V/T	Montalto di Castro	Lazio	3.600
Archimede	G – COM	Priolo Gargallo	Sicilia	750
Augusta	O – V	Augusta	Sicilia	210
Brindisi 1	C – V	Brindisi	Puglia	640
Brindisi 2	G – COM	Brindisi	Puglia	1.170
Ettore Maiorana	G – COM	Termini Imerese	Sicilia	1.340
Federico II	O/C – V	Brindisi	Puglia	2.640
Fiume Santo	O/C – V/T	Porto Torres	Sardegna	980
Grazia Deledda	O/C/B – V	Portoscuso	Sardegna	600
Marzocco	O – V	Livorno	Toscana	310
Piombino	O/G – V	Piombino	Toscana	1.280
Porto Empedocle	O/S – V	Porto Empedocle	Sicilia	140
Rossano	O/G – COM	Rossano Calabro	Calabria	1.730
S. Filippo del Mela	O – V	S.Filippo del Mela	Sicilia	1.280
Scandale	G – COM	Scandale	Calabria	810
Sulcis	O/C – V	Portoscuso	Sardegna	720
Torrevaldaliga Nord	G/C – V	Civitavecchia	Lazio	1.980
TOTALE				20.180

⁽¹⁾ Tipi di centrale: O = alimentata a olio combustibile; G = alimentata a gas naturale; C = alimentata a carbone; B = alimentata a biomassa; S = alimentata a gasolio; V = con ciclo a vapore; T = con ciclo turbogas; COM = con ciclo combinato vapore-turbogas

TABELLA 2 Centrali termoelettriche individuate

Fonte: elaborazione ENEA su dati ENEL, ENIPOWER, EDIPOWER, EON, ErgoSud

LOCALITÀ	ANNUALE kWh/m ² /anno	PICCO W/m ²
Augusta	1928	956
Brindisi	1733	917
Civitavecchia	1837	942
Livorno	1653	907
Montalto di Castro	1866	943
Piombino	1780	919
Porto Empedocle	1918	935
Porto Torres	1780	913
Portoscuso	1803	900
Priolo Gargallo	1913	948
Rossano	1652	907
San Filippo del Mela	1675	919
Scandale	1610	914
Termini Imerese	1731	939

TABELLA 3 Irraggiamento solare nei siti delle centrali individuate

Fonte: elaborazione ENEA su dati Solaritaly⁽¹⁵⁾

elettrica annua stimata, ipotizzando che la capacità d'accumulo termico sia la minima richiesta. È evidente che, aumentando questa capacità, sarebbe possibile ridurre, con lo stesso campo solare e a parità di energia prodotta, la potenza elettrica solare nominale, facilitando così l'integrazione nell'impianto esistente; in alternativa, si potrebbe aumentare l'area del campo solare e quindi il suo contributo energetico.

Rispetto a questo consistente potenziale teorico, le limitazioni maggiori non vengono dalla quota solare tecnicamente accettabile (da 5 a 150 MW elettrici nominali), che porterebbe a realizzare campi di estensioni significative, quanto dalla disponibilità effettiva di terreno, da valutare caso per caso, e dall'economicità dell'intervento, in presenza di valori di irraggiamento che variano da un minimo di 1.610 a un massimo di 1.930 kWh/m²anno, contro i 2.200 tipicamente presenti in Spagna e i 2.200-2.440 in Nord Africa. La valutazione

CENTRALE	Potenza elettrica nominale solare MW	Superficie captante ha	Numero moduli	Campo solare ha	Produzione elettrica solare GWh/anno
Alessandro Volta	150	94,6	263	208	264,8
Archimede	25	15,7	44	35	45,0
Augusta	10	6,2	17	13	18,0
Brindisi 1	30	19,5	54	43	50,6
Brindisi 2	35	22,7	63	50	59,0
Ettore Maiorana	40	25,3	70	55	65,7
Federico II	130	84,3	234	185	219,1
Fiume Santo	40	26,1	72	57	69,6
Grazia Deledda	30	19,8	55	44	53,6
Marzocco	15	9,8	27	21	24,4
Piombino	65	42,1	117	93	112,3
Porto Empedocle	5	3,2	9	7	9,1
Rossano	50	32,8	91	72	81,3
S. Filippo del Mela	65	42,0	117	93	105,6
Scandale	25	16,3	45	36	39,2
Sulcis	35	23,1	64	51	62,6
Torrevaldaliga Nord	100	63,1	175	139	173,9
TOTALE	850	546,6	1.517	1.202	1.453,8

TABELLA 4 Centrali ibride

economica deve ovviamente tenere conto della tariffa incentivante aggiuntiva per questa tipologia d'impianti, che attualmente valorizza la produzione imputabile alla fonte solare con 27 eurocent per kWh prodotto nei primi 25 anni di esercizio.

Conclusioni

L'analisi svolta fornisce una stima preliminare del potenziale teorico ottenibile con l'ibridizzazione solare delle centrali termoelettriche italiane. È evidente che la fattibilità tecnico-economica di ciascun intervento e la sua entità richiede un'approfondita analisi sul campo per valutare la situazione dei terreni circostanti e le condizioni specifiche dell'impianto.

L'aspetto critico è la disponibilità di terreno, nelle immediate vicinanze della centrale, effettivamente utilizzabile in base alle caratteristiche geotecniche, ai vincoli norma-

tivi e al suo valore di mercato, che potrebbe influire negativamente sulla sostenibilità economica dell'iniziativa. Situazione ben diversa si riscontra nell'area mediterranea del Nord Africa per l'ampia disponibilità di terreni idonei a basso costo, l'elevato irraggiamento solare e la possibilità di costruire nuove centrali ibride per fare fronte alla crescente richiesta elettrica, sia a livello locale che soprattutto per l'esportazione verso l'Europa. Pertanto alcune realizzazioni dimostrative in Italia, tipo quella di Priolo, vanno viste come un trampolino di lancio per le aziende italiane che vogliono competere sul vasto mercato internazionale, africano e medio-orientale in particolare. ●

Ringraziamenti

Si ringrazia Francesco Spinelli (ENEA) per il contributo relativo ai dati solari dei siti presi in esame.

- [1] http://apps1.eere.energy.gov/news/progress_alerts.cfm/pa_id=818?print
- [2] F. Fabrizi – *Innovative CSP technologies for a small scale co-generative plant for multipurpose applications: the FP7 MATS project* – Proceedings of SolarPACES2012 Conference, 12-15 settembre 2012, Marrakech.
- [3] S. Falkenberg, T. Boon, M. Rojas – *Engineering challenges of the integration of a Fresnel based solar boiler into an existing 150 MW coal fired power plant* – Renewable Energy World 2011 (annessa a PowerGenEurope2011) – Milano 7-9/06/2011
- [4] P. Schwarzbozl, R. Buck, C. Sugarmen, A. Ring, M. J. M. Crespo, P. Altwegg, J. Enrile – *Solar gas turbine systems: Design, cost and perspectives* – Solar Energy 80 (2006) 1231-1240.
- [5] B. Kelly, U. Herrmann, M.J.Hale (2001) – *Optimization studies for integrated solar combined cycles* – Proceedings of Solar Forum 2001; Solar Energy: The Power to Choose, Washington DC, April 21–25, 2001.
- [6] J. Dersch, M. Geyer, U. Herrmann, S. A. Jones, B. Kelly, R. Kistner, W. Ortmanns, R. Pitz-Paal, H. Price (2004) – *Through integration into power plants: a study on the performance and economy of integrated solar combined cycle systems* – Energy 29 (2004) 947-959.
- [7] G. Brakmann, F. A. Mohammad, M. Dolejsi, M. Wiemann – Construction of the ISCC Kuraymat – Proc. Conf. SolarPACES2009 - September 15-18th 2009, Berlin.
- [8] F. Grater, K. Ruhmann, T. Thaufelder, J. Trautmann – ISCC Kuraymat: Experiences and results during Commissioning and First Operation – Proc. Conf. SolarPACES2011 - 20-23 settembre 2011, Granada.
- [9] G. Brakmann, N.E. Badaoui, M. Dolejsi, R. Klingler (2010) – Construction of ISCC Ain Béni Mathar in Morocco – Proceedings of SolarPaces2010 Conference, September 21-24th 2010, Perpignan.
- [10] P. Audinet, T. Marz – Lessons for Solar Power Development from the world's First Integrated Solar Combined Cycle Project – Proc. Conf. SolarPACES2011 - 20-23 settembre 2011, Granada.
- [11] <http://portail.cder.dz/spip.php?article1500>
- [12] SolarPACES projects database (2011) – <http://www.solarpaces.org/News/Projects/projects.htm>
- [13] A.G. Rossi, A. Maggi, M. Falchetta (2011) – Modeling of a typical molten salt based ISCC plant – Proc. SolarPACES2011 Conference, 20-23 settembre 2011, Granada
- [14] M. Falchetta, D. Mazzei, T. Crescenzi, L. Merlo (2009) - Design of the Archimede 5 MW molten salt parabolic trough solar plant – Proceeding of SolarPaces2009 Conference, September 15-18th 2009, Berlin
- [15] <http://www.solaritaly.enea.it>





La rivista **Energia, Ambiente e Innovazione**
è disponibile gratuitamente su **App Store**
grazie ad una App per iPhone, iPad e iPod touch
progettata da **Giordano Vicoli (ENEA)**.

In linea tutti i fascicoli e gli Speciali usciti dal 2008 ad oggi.

The screenshot shows the iTunes app page for 'Energia, Ambiente e Innovazione' by Giordano Vicoli. The page includes the following information:

- Anteprima di iTunes** header with navigation links for Store, Mac, iPod, iPhone, iPad, iTunes, and Support.
- Energia, Ambiente e Innovazione** by **Giordano Vicoli**. A link for 'Altre app da questo sviluppatore' is visible.
- Descrizione**: 'Energia, Ambiente e Innovazione (EAI) è una rivista a cura dell'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo sostenibile). La rivista, a cadenza bimestrale, si propone di fornire approfondimenti su temi di attualità scientifica e tecnologica in...'. Links for 'Site web di Giordano Vicoli' and 'Supporto per Energia, Ambiente e Innovazione' are provided.
- Novità nella versione 1.0.2**: 'Alcuni miglioramenti e correzione di piccoli errori'.
- Visualizza in iTunes** button.
- Requisiti**: 'Quest'app è progettata per iPhone e iPad'.
 - Gratis
 - Categoria: Istruzione
 - Aggiornato: 07/11/2012
 - Versione: 1.0.2
 - Dimensioni: 22.3 MB
 - Lingua: Inglese
 - Sviluppatore: Giordano Vicoli
 - © Giordano Vicoli - ENEA
 - Valutazione: 4+
- Requisiti**: 'Compatibile con iPhone 3GS, iPhone 4, iPhone 4S, iPhone 5, iPod Touch (terza generazione), iPod touch (4a generazione), iPod touch (5a generazione) e iPad. Richiede iOS 5.0 o successive. Questa app è ottimizzata per iPhone 5.'
- Istantanee** section showing three iPhone/iPad screenshots of the app interface, displaying magazine covers for 'Riviste', 'Energia, Ambiente e Innovazione - 2012', and 'Energia, Ambiente e Innovazione - 2011'.



RECUPERO MATERIE PRIME

Reforming di acque di vegetazione di frantoi oleari

Generalmente il trattamento delle acque di vegetazione dei frantoi oleari è reso difficoltoso dal contenuto in fenoli che possiedono elevata attività fitotossica e battericida. Recentemente presso i laboratori dell'ENEA di Frascati le acque di vegetazione sono state trattate in un reformer a membrana dimostrando la possibilità di produrre idrogeno e metano da una biomassa altamente inquinante, oltre la capacità di abbattere il contenuto in fenoli ed altre sostanze organiche

■ *Silvano Tosti*

La produzione mondiale di olio di oliva è di circa 2,5 milioni di tonnellate per anno delle quali più del 95% nel bacino del Mediterraneo e circa 80% nell'Unione Europea, in particolare Spagna, Italia e Grecia [1-2]. In Italia la superficie coltivata ad ulivo è di circa 1141 ettari con una produzione annua di olio prodotto che oscilla tra le 500 e le 700 mila tonnellate olive (dati Istat 1998) [3].

La quantità di acque di vegetazione (AV) prodotte varia da 0,5 a 1,5 m³ per tonnellata di olive lavorate: ciò corrisponde ad una produzione mondiale annua di circa 30 milioni di tonnellate. Le caratteristiche delle acque di vegetazione dipendono dal processo di estrazione, dal tipo di cultivar, dalla regione di provenienza e dalle condizioni climatiche. Il processo tradizionale di estrazione dell'olio usa delle presse idrauliche che producono acque di vegetazione più concentrate rispetto al processo di centrifugazione a tre fasi che richiede l'aggiunta di grandi quantità di acqua. Recentemente è stato introdotto un processo di centrifugazione a due fasi che ha ridotto il volume ed aumentato la concentrazione delle acque di vegetazione.

Generalmente, le acque di vegetazione hanno un pH

acido (4,0-6,7) ed un contenuto in acqua superiore a 80%. Principali composti presenti sono oli e grassi (5-10 g L⁻¹), fenoli (fino a 8 g L⁻¹) e zuccheri (fino a 20-30 g L⁻¹). Le acque di vegetazione costituiscono una importante fonte di inquinamento ambientale a causa degli alti valori di COD (chemical oxygen demand) e BOD (bio-chemical oxygen demand). Attualmente, lo spargimento al suolo costituisce una pratica molto diffusa che, se operata in maniera controllata, può avere sui terreni un effetto fertilizzante. Tuttavia, lo spargimento al suolo può comportare il rischio di ruscellamento e di inquinamento delle falde ed, inoltre, la normativa che lo regola è spesso di difficile applicazione ed è quindi disattesa.

In generale, i processi di trattamento delle acque reflue dei frantoi attualmente studiati consistono in processi chimico-fisici (diluizione, evaporazione, sedimentazione, filtrazione e centrifugazione), processi biologici (digestione anaerobica, digestione aerobica, processi biologici combinati, compostaggio) e processi di ossidazione [4-6]. Tuttavia, la presenza dei fenoli conferisce alle acque di vegetazione una attività antimicrobica che rende poco efficaci i trattamenti biologici mentre gli altri trattamenti risultano poco convenienti per ragioni pratiche ed economiche soprattutto tenendo conto della piccola e media scala dei frantoi oleari e della loro dispersione sul territorio.

■ **Silvano Tosti**
ENEA, Unità Tecnica Fusione, Laboratorio Tecnologie Nucleari

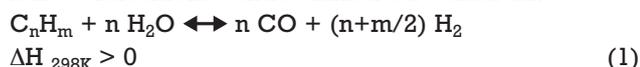
Le acque di vegetazione: da fonte di inquinamento a risorsa energetica

La presenza di sostanza organica nelle acque di vegetazione conferisce loro la caratteristica di biomassa che può essere utilizzata a fini energetici. In particolare, la produzione di energia dalle acque di vegetazione può essere considerata CO₂-neutrale con i conseguenti benefici in termini di riduzione dell'impatto ambientale. Per il processo che verrà descritto di seguito è stata depositata una domanda di brevetto [7].

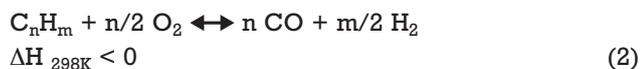
Produzione di idrogeno

A livello mondiale la maggior parte dell'idrogeno viene prodotta a partire da idrocarburi attraverso tre principali processi: steam reforming, ossidazione parziale e steam reforming autotermico.

La reazione generale di steam reforming di un idrocarburo è fortemente endotermica ed è data da:

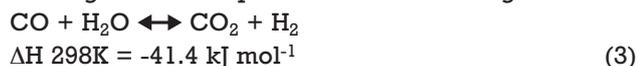


Mentre per la ossidazione parziale che è una reazione esotermica si ha:



Il reforming ossidativo risulta da una combinazione delle due precedenti reazioni (steam reforming ed ossidazione parziale) ed ha lo scopo di ridurre la quantità di calore necessaria a sostenere la reazione. Le reazioni di reforming possono essere condotte anche con alcoli (ad esempio metanolo, etanolo) ed altri composti organici (ad esempio acido acetico): in questi casi, la stechiometria delle reazioni (1) e (2) deve essere opportunamente modificata.

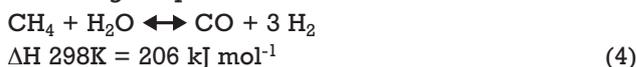
Tutti i processi sopra esposti sono completati dalla conversione di CO in CO₂ attraverso la reazione di water gas shift che produce ulteriore idrogeno:



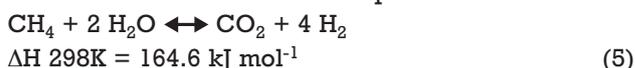
In sostanza, attraverso una combinazione delle reazioni sopra esposte uno o più idrocarburi reagiscono con vapore acqueo per produrre principalmente idrogeno e anidride carbonica. Altre reazioni secondarie possono portare alla formazione di sottoprodotti quali principalmente metano. Queste reazioni prevedono infine la purificazione

dell'idrogeno prodotto attraverso processi di separazione quale ad esempio Pressure Swing Adsorption (PSA).

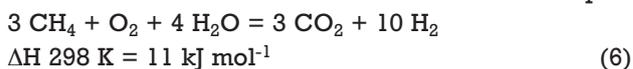
Lo steam reforming del metano è attualmente un processo largamente utilizzato e fornisce circa il 70% dell'idrogeno prodotto a livello mondiale:



Anche in questo caso si opera la reazione di water gas shift per completare la conversione della CO in CO₂, ottenendo così la reazione complessiva:



Combinando con la ossidazione parziale si può operare con $\Delta H_{298K} \approx 0$. Un esempio di reazione che si avvicina alle condizioni auto-termiche è ad esempio:



In generale, nei processi di steam reforming e di reforming autotermico si opera con un eccesso di acqua rispetto ai valori stechiometrici al fine di aumentare le rese di reazione e di ridurre la formazione di carbone che può ridurre la stabilità dei catalizzatori.

Reattori a membrana

Nei laboratori di Frascati è stata messa a punto una tecnologia per produrre membrane capaci di separare idrogeno ultrapuro. Queste membrane costituite da tubi in lega Pd-Ag permeabili selettivamente all'idrogeno sono state caratterizzate in prove di lunga durata dimostrando elevati flussi di permeazione ed ottima stabilità^[8,9]. Le stesse membrane sono state impiegate per realizzare reattori a membrana, dispositivi in grado di operare contemporaneamente una reazione di deidrogenazione e la separazione dell'idrogeno prodotto. La simultanea sottrazione di uno dei prodotti di reazione attraverso la membrana permette di ottenere conversioni di reazione più elevate di quelle raggiunte da reattori tradizionali (non a membrana) che operano nelle stesse condizioni di pressione e temperatura (cosiddetto effetto di "shift" della membrana). In particolare, nei reattori a membrana le conversioni di reazione possono anche superare i valori di equilibrio termodinamico che costituiscono invece un limite per i reattori tradizionali. Numerosi processi che utilizzano le membrane ENEA sono stati studiati e sviluppati per

la produzione di idrogeno ultrapuro mediante reforming di metano, etanolo, acido acetico ecc.^[10-12].

Descrizione dell'apparato sperimentale

Le acque reflue utilizzate sono state raccolte nel periodo di ottobre 2011 da un frantoio di tipo tradizionale (a pressione) sito nel Comune di Frascati.

Trattamento e caratterizzazione delle acque di vegetazione

Le acque di vegetazione dopo la raccolta presentavano un valore di pH di 4,7 ed una densità di 1.005 g cm^{-3} . Dopo filtrazione, le AV sono state concentrate per distillazione a pressione atmosferica ottenendo tre frazioni: un residuo liquido denso (circa 9% in peso), un distillato nell'intervallo 250-325 °C (circa il 49% in peso) ed un distillato leggero costituito prevalentemente di acqua (circa il 42% in peso). Il distillato intermedio utilizzato per le prove di reforming aveva un pH di 3,2, fenoli totali (come eq. fenolo) $23,8 \text{ mg L}^{-1}$, COD di $34,28 \text{ g L}^{-1}$ e TOC (carbonio organico totale) di $10,60 \text{ g L}^{-1}$.

Prove di reforming

Il distillato ad alta temperatura così ottenuto è stato utilizzato come corrente di alimentazione ad un reattore a membrana prototipico descritto nello schema di Figura 1 e mostrato nella foto di Figura 2. Questo dispositivo è costituito da un tubo in lega Pd-Ag (con argento 20-25% in peso) di diametro 10 mm, lunghezza 143,7 mm e spessore di parete 0,150 mm. Il tubo permeatore è stato riempito con 10 g di catalizzatore a base di Pt (BASF SP-01 T).

Il distillato delle acque di vegetazione è stato vaporizzato e quindi alimentato nel lumen del tubo permeatore che alloggia il catalizzatore a base di Pt. Qui avvengono le reazioni di reforming che producono idrogeno che permea selettivamente attraverso il tubo permeatore e viene raccolto nel mantello del reattore a membrana da una corrente di azoto di lavaggio. La corrente che lascia il lumen della membrana (retentato) costituita dai prodotti di reazione (CO_2 , metano, ecc.), dall'acqua di vegetazione non reagita e dall'idrogeno non permeato viene inviata ad un condensatore (circa 0 °C) che separa la fase liquida mentre

la fase gassosa è analizzata da un gas cromatografo (mod. Agilent 7820).

Le condizioni operative delle prove condotte sono state le seguenti:

- temperatura di reazione 450 °C,
- temperatura di vaporizzazione 250 °C,
- pressione di reazione 100-500 kPa,
- pressione nel mantello del reattore 100 kPa,
- portata di alimentazione costituita da 10 g h^{-1} di distillato ottenuto come sopra descritto e da $10 \text{ Ncm}^3 \text{ min}^{-1}$ di azoto usato come gas di carrier,
- portata di azoto di lavaggio nel mantello del reattore di $500 \text{ Ncm}^3 \text{ min}^{-1}$.

Risultati e discussione

Le prove effettuate presso i laboratori dell'ENEA di Frascati hanno permesso di valutare la quantità di idrogeno prodotto e permeato attraverso la membrana oltreché analizzare la composizione della corrente di retentato.

Produzione di idrogeno

La Figura 3 mostra la resa del processo espressa come quantità di idrogeno prodotto per tonnellata di AV trattata: sia la curva dell'idrogeno permeato e sia quella dell'idrogeno totale presentano un massimo in corrispondenza della pressione di 300 kPa. Questo andamento può essere spiegato dalla combinazione di due effetti opposti sulla conversione di reazione: secondo la termodinamica le reazioni di reforming sono favo-

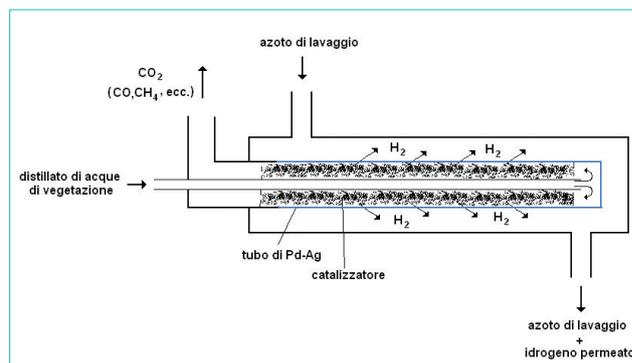


FIGURA 1 Schema del reattore a membrana utilizzato per le prove di steam reforming delle acque di vegetazione

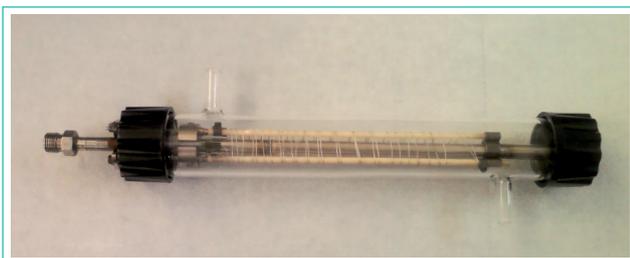


FIGURA 2 Foto del reattore a membrana utilizzato per le prove di steam reforming delle acque di vegetazione

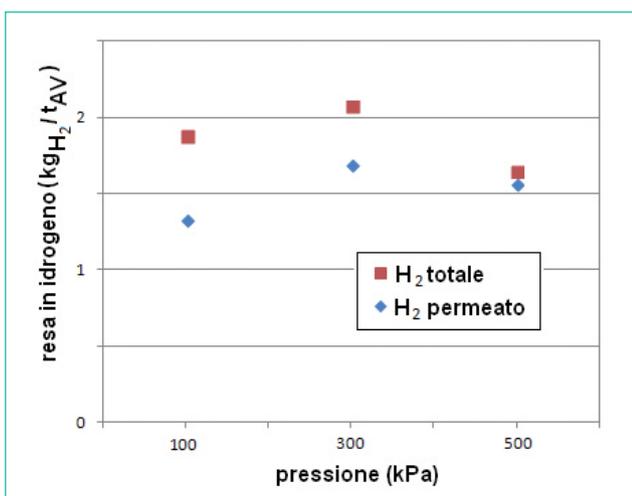


FIGURA 3 Reforming delle acque di vegetazione: resa in idrogeno vs. pressione

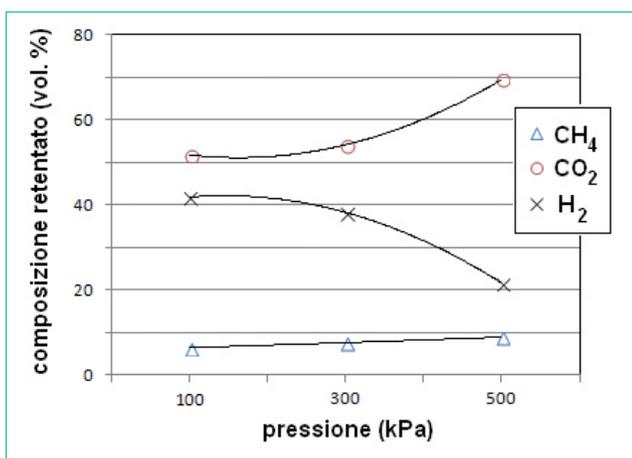


FIGURA 4 Reforming delle acque di vegetazione: composizione della corrente di retentato vs. pressione

rite a bassa pressione mentre in accordo all'effetto di "shift" della membrana la conversione è promossa da più alte pressioni^[13]. In particolare, alla pressione di 500 kPa praticamente quasi tutto l'idrogeno prodotto è separato attraverso la membrana.

In pratica, queste prove hanno dimostrato la capacità di produrre circa 2 kg di idrogeno per tonnellata di AV trattate di cui circa 1,7 kg in forma di idrogeno ultrapuro separato attraverso la membrana di Pd-Ag.

Composizione della corrente di retentato

La corrente di retentato attraverso il condensatore è separata nelle sue fasi gassosa e liquida.

Analisi del gas

I risultati dell'analisi gascromatografica della fase gassosa della corrente di retentato sono riportati in Figura 4. Sia la concentrazione di CO₂ che quella di metano aumentano con la pressione soprattutto poiché per effetto della permeazione si riduce la quantità di idrogeno presente in questa corrente (idrogeno non permeato). Tuttavia, sebbene a 500 kPa nel retentato le concentrazioni di CO₂ e metano sono rispettivamente circa il 70% e 9% in volume, le quantità assolute si riducono come riportato nella Tabella 1.

Analisi del liquido

L'analisi della fase liquida è stata effettuata per prove di reforming condotte con portata di alimentazione di 5 g s⁻¹ di distillato di AV. I risultati di queste analisi hanno messo in evidenza una significativa riduzione del contenuto in fenoli che hanno raggiunto il valore di 13,7 mg L⁻¹ mentre i valori di COD e TOC non hanno subito una variazione significativa.

Pressione kPa	Idrogeno totale (permeato + retentato) kg	Idrogeno nel retentato kg	Metano kg	Anidride carbonica kg
100	1,88	0,55	0,68	15,03
300	2,08	0,39	0,62	12,16
500	1,65	0,09	0,29	6,15

TABELLA 1 Prodotti del processo di reforming per tonnellata di AV trattata

Conclusioni

Le prove sperimentali condotte hanno permesso di verificare la efficacia del processo di reforming delle acque di vegetazione per produrre idrogeno e metano. L'utilizzo di un reattore a membrana permette di recuperare la maggior parte dell'idrogeno prodotto in forma di gas ultra puro. È stato inoltre verificato che il processo studiato permette di ridurre significativamente anche il contenuto in fenoli.

In una versione più generale il processo di reforming può essere realizzato in un reattore tradizionale: in questo caso si produce idrogeno in miscela con gli altri gas (CO₂ e metano) ma si evitano i costi relativi all'utilizzo delle membrane in lega di palladio.

Un altro aspetto importante per la realizzazione del processo riguarda i costi di gestione legati ai consumi energetici. Questi sono relativi alla necessità di fornire calore per la concentrazione delle AV mediante distillazione e per la vaporizzazione delle stesse prima della alimentazione del reformer. Quindi altro calore è necessario per sostenere la reazione di steam reforming (fortemente endotermica). Quest'ultima quantità di calore può essere ridotta operando il reforming con aria (o ossigeno) in maniera da approssimare condizioni auto-termiche anche se in questa maniera si riduce la resa in idrogeno. Inoltre, i costi di gestione possono essere ridotti o annullati realizzando opportuni recuperi

termici tra le varie fasi del processo come pure considerando delle varianti in cui si utilizza il calore proveniente dalla combustione delle sanse e dalla combustione della corrente gassosa prodotta dal reformer. Infine, il processo trovato può essere impiegato per trattare altre biomasse potenzialmente inquinanti quali acque reflue dell'industria alimentare (i.e. caseifici). Le attività future riguarderanno lo studio del processo di reforming delle AV sotto diverse condizioni operative (variazione della temperatura, uso di un reformer tradizionale, studio di reforming ossidativo/auto-termico) e lo sviluppo di un dispositivo che integri le fasi di concentrazione delle AV mediante distillazione e la loro vaporizzazione con il processo di reforming. Tale dispositivo dovrebbe avere lo scopo di rendere l'impianto di trattamento delle AV di facile applicazione ai frantoi di scala medio-piccola molto diffusi in Italia. ●

Ringraziamenti

Il lavoro sperimentale è stato condotto presso i laboratori dell'ENEA di Frascati nell'ambito di una tesi di laurea e tirocinio formativo con il Dip. di Ingegneria Idraulica ed Ambientale dell'Università di Napoli Federico II. Si ringrazia il Dr. L. Pontoni per le analisi delle acque di vegetazione condotte presso i laboratori dell'Università di Napoli Federico II.

bibliografia

- [1] E. De Marco, M. Savarese, A. Paduano, R. Sacchi, Analytical, Nutritional and Clinical Methods – Characterization and fractionation of phenolic compounds extracted from olive oil mill wastewaters, *Food Chemistry* 104 (2007) 858–867
- [2] A. Coz, M. Villegas, A. Andres, J.R. Viguri, D. Mantzavinos and N.P. Xekoukoulotakis, Management scenarios for olive oil mill waste based on characterization and leaching tests, *J Chem Technol Biotechnol* (2011) (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jctb.2677
- [3] E. Bonari, N. Silvestri, L. Ercoli, *Acque di vegetazione dei frantoi oleari*, in Utilizzazione agronomica dei reflui agro-alimentari, pp.65-80 – Edizioni ETS - ISBN: 978 8846672096-02 (2008)
- [4] P. Paraskeva and E. Diamadopoulos, *Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review*, *J Chem Technol Biotechnol* 81 (2006) 1475–1485
- [5] P.S. Blika, K. Stamatelatu, M. Kornados, G. Lyberatos, *Anaerobic digestion of olive mill wastewater*, *Global NEST Journal* 11 (2009) 364-372
- [6] E. Eroglu, I. Eroglu, U. Gunduz, M. Yucel, *Comparison of physicochemical characteristics and photofermentative hydrogen production potential of wastewaters produced from different olive oil mills in Western-Anatolia, Turkey*, *Biomass and Bioenergy* 33 (2009) 706–711
- [7] S. Tosti, M. Sansovini, *Processo di Trattamento di Acque di Vegetazione di Frantoi Oleari mediante Reazioni di Reforming, e Relativo Impianto*, Domanda di brevetto per invenzione industriale n. RM2012A000548 del 09.11.2012
- [8] S. Tosti, L. Bettinali, *Diffusion Bonding of Pd-Ag Membranes*, *J. of Materials Science* 39 (2004) 3041-3046
- [9] S. Tosti, A. Basile, L. Bettinali, F. Borgognoni, F. Chiaravallotti, F. Gallucci, *Long-term tests of Pd-Ag thin wall permeator tube*, *Journal of Membrane Science* 284 (2006) 393–397
- [10] S. Tosti, A. Basile, F. Borgognoni, V. Capaldo, S. Cordiner, S. Di Cave, F. Gallucci, C. Rizzello, A. Santucci, E. Traversa, *Low temperature ethanol steam reforming in a Pd-Ag membrane reactor - Part 1: Ru-based catalyst*, *Journal of Membrane Science* 308 (2008) 250-257
- [11] S. Tosti, *Overview of Pd-based membranes for producing pure hydrogen and state of art at ENEA laboratories*, *International Journal of Hydrogen Energy* 35 (2010) 12650-12659
- [12] F. Borgognoni, S. Tosti, M. Vadrucchi, A. Santucci, *Pure hydrogen production in a Pd-Ag multi-membranes module by methane steam reforming*, *International Journal of Hydrogen Energy* 36 (2011) 7550-7558
- [13] S. Tosti, C. Accetta, M. Fabbicino, M. Sansovini, L. Pontoni, *Reforming of olive mill wastewater through a Pd-membrane reactor*, *International Journal of Hydrogen Energy* 2013), DOI 10.1016/j.ijhydene.2013.06.027



BIOTECNOLOGIE

Microrganismi più efficienti della fotosintesi per sfruttare la CO₂

Diversi composti chimici, tra cui i biocombustibili, vengono ricavati dagli zuccheri prodotti nelle piante durante la fotosintesi; il processo nell'insieme è tuttavia poco efficiente. Ricercatori dell'Università della Georgia (USA) hanno mostrato la possibilità di eliminare le piante come intermediario utilizzando particolari microorganismi modificati, capaci di metabolizzare la CO₂ e sintetizzare diversi tipi di zuccheri intermedi. Un'analisi critica di questo lavoro consente di coglierne i principali aspetti

■ Giulio Izzo

Nel lavoro “Exploiting microbial hyperthermophilicity to produce an industrial chemical, using hydrogen and carbon dioxide” (M. W. Keller et al., PNAS, 2013, <http://www.pnas.org/content/early/2013/03/19/1222607110.abstract>) viene presentata la possibilità di produrre biocombustibili con archeobatteri eterotrofi termofili ingegnerizzati in modo da renderli chemiosintetici. In tal modo i microrganismi sono in grado di fissare la CO₂ per via non fotosintetica al fine di produrre composti ridotti che sono i precursori di biocombustibili. La valutazione di questa possibile soluzione richiede un'analisi che parte da due considerazioni principali: una legata agli aspetti energetici ed una agli aspetti ecologici.

Aspetti energetici

C'è un diffuso e ragionevole interesse mondiale alla ricerca di combustibili alternativi ai fossili e derivati da energie rinnovabili ed è superfluo discuterne i motivi ambientali ed economici, ormai ben noti.

In particolare la domanda riguarda il settore dei trasporti e quindi la ricerca di combustibili liquidi per autotrazione. Le Compagnie spingono verso la realizzazione di carburanti di sintesi, gasolio e benzina, in

modo da avere la completa miscibilità. In Europa c'è una sovrapproduzione di carburanti leggeri, quindi resta maggiore domanda per il biodiesel che non per prodotti come il bioetanolo che concorrerebbe con il mercato delle benzine.

Negli ultimi anni si è parlato e si è fatto molto sul biodiesel derivato da oli vegetali con un processo di transesterificazione: esso viene prodotto prevalentemente in Paesi sudamericani ed asiatici che ne esportano una grande quantità, soprattutto in Europa. Questo combustibile crea almeno tre problemi: uno economico-sociale perché sottrae terreni agricoli alle produzioni alimentari causandone l'aumento dei prezzi; uno ambientale, perché nei Paesi tropicali vengono abbattute foreste ricche di diversità biologica per fare spazio alle monoculture (emblematico il caso della palma che sostituisce le mangrovie); infine, si manifestano numerosi aspetti negativi di carattere tecnico legati al funzionamento dei motori e agli evidenti processi di biodegradazione che si innescano nei siti di stoccaggio.

■ Giulio Izzo
 ENEA, Unità Tecnica Fonti Rinnovabili

A ciò si aggiunge che le grandi speranze aperte dalla possibilità di ricavare gli oli dalle colture massive di microalghe in terreni marginali, si stanno ampiamente ridimensionando per le basse rese e gli alti costi impiantistici di tali sistemi.

Quindi la strada obbligata che rimane da esplorare è quella dei combustibili liquidi di sintesi derivati da idrogeno e CO₂ e gli Autori dell'articolo propongono di partire dalla chemiosintesi microbica di questi due composti piuttosto che dalla fotosintesi, testualmente: *"This approach circumvents the overall low efficiency of photosynthesis and the production of sugar intermediates"*.

Aspetti ecologici

La vita nasce da un percorso qualitativo nelle trasformazioni dell'energia: ossia nel meccanismo di trasformazione fotosintetica dell'energia solare una percentuale dell'1% circa si trasforma in composti cellulari ed il restante 99% si disperde come entropia. Questo 1% si trasmette nella intera rete trofica con efficienza decrescente, ma con qualità crescente. Questo concetto di crescita qualitativa dell'energia si comprende se guardiamo a questi processi nella scala dei tempi dell'evoluzione delle specie. È sorprendente osservare come questa piccola scintilla di luce solare arrivi a generare la sua forma di più elevata qualità, che è il pensiero.

Con buona probabilità, la vita primordiale è stata generata da un processo prefotosintesi che è la chemiosintesi. Ossia composti chimici ridotti ed alte temperature, condizioni tutt'ora riscontrabili nelle vicinanze delle fumarole sottomarine, hanno dato origine a organismi cellulari primordiali. Negli ultimi anni si è molto sviluppato lo studio di microrganismi classificati Archea che per le loro caratteristiche metaboliche molto particolari, sono in grado di vivere in ambienti estremi (termofili, alofili, acidofili ecc.).

Senza entrare nel dibattito tuttora aperto sulla filogenesi di questi microrganismi, pensiamo che sia interessante esplorare le vie della chemiosintesi primordiale per trovare applicazioni innovative e convenienti per la produzione di "biocombustibili".

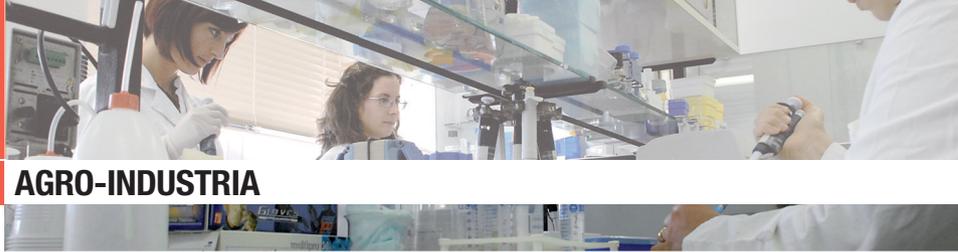
Nell'articolo gli Autori descrivono il metodo adottato

per ingegnerizzare il microrganismo termofilo eterotrofo *Pyrococcus furiosus* con geni del termofilo mixotrofico *Metallosphaera sedula*. Il primo dubbio che si pone è: perché trasferire le funzioni tra i due microrganismi quando la *Metallosphaera* è in grado di esprimere la stessa attività biochimica senza alcuna modifica e con tassi di crescita elevati? L'unica risposta possibile è che quest'ultima è attiva solo in un ambiente acido con pH 2. Ma la critica maggiore all'articolo riguarda l'uso dell'idrogeno come donatore di elettroni. Gli Autori scrivono che questa soluzione è alternativa alla scarsa efficienza della via fotosintetica, e indicano come più conveniente fonte di idrogeno quella che si ricava dalla fermentazione delle biomasse. Ma queste sono prodotte comunque dalla fotosintesi, e la fermentazione abbassa il bilancio energetico finale dell'intero processo ben al di sotto di quello ottenibile direttamente dalla fotosintesi.

Ciononostante, l'articolo apre la strada all'esplorazione di nuove possibili soluzioni: la più immediata da considerare è l'uso dell'idrogeno solforato (H₂S) come donatore di elettroni. Sono infatti noti molti microrganismi chemio e fotosintetici che ne fanno uso e, inoltre, il composto è abbondante ed economico, anzi costa molto liberarsene.

L'ENEA, ed in particolare il Laboratorio Biomasse e Bioenergia dell'Unità Tecnica Fonti Rinnovabili, è molto impegnato nella ricerca su biocombustibili di nuova generazione. Nel 2012 sono stati avviati due impianti pilota bistadio che, partendo da scarti agroindustriali, producono nel primo stadio idrogeno e CO₂ in percentuale 50%/50%, e nel secondo metano e CO₂ in rapporto che arriva fino a 80%/20%. In collaborazione con i ricercatori ENEA che si occupano di solare termodinamico e le Università di Torino e di Milano, è stato presentato un progetto per convertire i prodotti del primo stadio in combustibili di sintesi attraverso un processo termochimico solare.

Inoltre nel laboratorio Biomasse e Bioenergia è in sperimentazione un fotobioreattore che converte l'H₂S in idrogeno e zolfo elementare. Questo progetto viene svolto in collaborazione con l'Università di Copenhagen, che ha il ruolo di produrre microrganismi ingegnerizzati capaci di esprimere più elevate efficienze di processo. ●



Politiche europee di ricerca nel settore agro-industriale: implicazioni per l'Italia

I Programmi Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico dell'Unione Europea, nati negli anni 80, sono stati con il tempo arricchiti di contenuti e dotati di maggiori stanziamenti. Ma gli organismi di ricerca italiani, per partecipare con maggiore successo, devono superare la frammentazione e lo scarso coordinamento delle iniziative. Dovrebbero inoltre seguire i temi di ricerca strategici e i filoni di finanziamento indicati dall'Unione Europea, nonostante la carenza di una politica nazionale della ricerca e la riduzione dei finanziamenti pubblici

■ Luigi Rossi, Valerio Abbadessa

I Programmi Quadro (PQ) di Ricerca e Sviluppo Tecnologico dell'Unione Europea (UE) si sono collocati nell'ambito dell'evoluzione dei progressi scientifici e tecnologici e delle sfide sociali, economiche e politiche nel settore agroindustriale, più che anticipare o costruire nuove aree di ricerca.

Il Primo PQ chiamato ESPRIT (1984-1988) non contemplava la ricerca agraria. Alcuni programmi specifici di ricerca agricola quali CAMAR (competitività dell'agricoltura e gestione delle risorse agricole, 1989-1993), FLAIR (ricerca agro-industriale legata ai prodotti alimentari, 1989-1993) del 2° PQ, AIR (agricoltura e agroindustria, compresa la pesca) del 3° PQ e FAIR su agricoltura e pesca (compresi l'agroindustria, le tecnologie alimentari, la silvicoltura, l'acquacoltura e lo sviluppo rurale) del 4° PQ, sostenevano finanziariamente la ricerca nei vari settori dell'agro-alimentare. Nell'ambito del 4° PQ, ampiamente influenzato nel contenuto e nella struttura dalle disposizioni del Trattato di Maastricht e dalle anali-

si contenute nel Libro bianco della Commissione europea su "Crescita, competitività e occupazione", vi erano due temi inerenti l'agroindustria: uno denominato "Scienze e tecnologie della vita" che includeva, oltre a FAIR, la biotecnologia (BIOTECH 2), la biomedicina e la sanità (BIOMED 2), e un secondo denominato "Ambiente" che comprendeva "Ambiente e Clima, e Scienze e Tecnologie Marine" (MAST III).

Le innovazioni del 5° Programma Quadro e le svolte del 6° e 7° Programma Quadro

Rispetto ai suoi predecessori, il 5° PQ (1998-2002) presentava delle innovazioni, in particolare in relazione al numero dei programmi tematici, ridotti a 4. Una delle principali novità del 5° PQ era il concetto di "azioni chiave" orientate alla ricerca di soluzioni per problematiche di grande preoccupazione a livello europeo (approccio *problem solving*) attraverso l'uso di tutta la gamma di discipline scientifiche e tecnologiche necessarie per affrontare il problema

specifico superando i consueti confini tra discipline, programmi e organizzazioni interessate. Dei quattro programmi tematici, uno riguardava la "Qualità della vita e gestione delle risorse biologiche" e aveva lo scopo di migliorare la salute, sviluppare le bio-industrie e promuovere una gestione più sostenibile delle risorse naturali in Europa. All'interno di tale programma tematico, le "azioni chiave" contemplate erano: 1) alimentazione, nutrizione e salute; 2) controllo delle malattie infettive; 3) la "fabbrica della cellula"; 4) interazione ambiente/salute; 5) agricoltura, pesca e silvicoltura sostenibili e sviluppo integrato delle aree rurali comprese le aree montane; 6) invecchiamento della popolazione e infermità. Alla fine degli anni '90, l'opinione pubblica e il mondo scientifico cominciano a manifestare preoccupazioni per l'impatto sociale ed economico dei progressi scientifici

■ Luigi Rossi, Valerio Abbadessa
ENEA

e tecnologici della ricerca europea, nonché per le modalità con cui vengono prese delle decisioni in materia. Allo stesso modo, si pensa che nonostante i notevoli successi, i risultati dei PQ ottenuti sino ad allora siano stati meno rilevanti rispetto al contributo innovativo necessario all'Europa per il raggiungimento di una leadership sui mercati mondiali. Da qui, viene riconosciuta l'esigenza di dare una svolta ai PQ e di formulare un approccio più strategico per conquistare la leadership in campo scientifico e tecnologico. Appare così evidente che, oltre alle attività di ricerca in senso stretto, i progetti debbano prendere in considerazione anche altri fattori quali la gestione della ricerca e della proprietà intellettuale, la comunicazione, la costituzione di reti, la mobilità dei ricercatori, l'imprenditorialità e non ultimo gli aspetti etici, legali e socio-economici.

A partire dalla fine del 5° PQ e soprattutto in quello successivo (6° PQ, anni 2002-2006), la missione dei PQ viene adattata in funzione della nuova strategia dello Spazio Europeo della Ricerca (European Research Area - ERA) incorporando azioni dirette a catalizzare l'integrazione della ricerca europea ed enfatizzando come i problemi scientifici travalicano la tradizionale strutturazione delle varie discipline. Tre aspetti fondamentali della ricerca agroindustriale vengono quindi enfatizzati nel 5°, 6° e 7° PQ. Il primo è che la ricerca debba considerare il più possibile tutta la filiera agro-alimentare, dalla coltivazione al raccolto, la lavorazione, l'imballaggio, il trasporto, il consumo e lo

smaltimento, e la relativa sostenibilità ambientale. Da qui il concetto "dalla tavola ai campi" secondo cui la ricerca agricola deve andare oltre i confini della ricerca in materia di produzione e dare rilievo alla ricerca per un'agricoltura sostenibile, includendo gli usi non alimentari, la biodiversità, la silvicoltura e lo sviluppo rurale. Inoltre, è necessario che la ricerca si concentri meno sulle singole discipline scientifiche e maggiormente su ambiti ampi di ricerca, correlandoli maggiormente con aree complementari per far sì che le attività di ricerca e sviluppo siano più rispondenti ai bisogni dei cittadini e della società in generale.

La bio-economia basata sulla conoscenza

Quella che viene definita come la bioeconomia basata sulla conoscenza (KBBE - Knowledge based Bio-Economy), che rappresenta l'obiettivo generale della Tematica "Food, Agriculture and Fisheries, and Biotechnology" del 7° Programma Quadro della Commissione, va ancora oltre, proponendosi di mettere insieme ricercatori, industria e altri attori del settore per esplorare e sfruttare nuove ed emergenti opportunità di ricerca che riguardino sfide sociali ed economiche legate all'agricoltura, all'alimentazione, alla silvicoltura, all'acquacoltura e alla pesca.

Il programma KBBE del 2007 è stato suddiviso in quattro aree tematiche: 1. Produzione e gestione sostenibili delle risorse biologiche provenienti dalla terra, dalle foreste e dagli ambienti acquatici (82 milioni di euro); 2. Integrità e controllo della catena

alimentare (61 milioni di euro); 3. Scienze della vita e biotecnologia per prodotti e processi non alimentari sostenibili (45,5 milioni di euro) e 4. Altre attività (3 milioni di euro).

Le tematiche riguardanti il settore alimentare si intersecano oramai con quelle legate alla sicurezza intrinseca ed estrinseca della produzione e dell'approvvigionamento alimentare, alla questione della fiducia dei consumatori e del loro comportamento nei confronti del cibo, all'alimentazione, alla vendita al dettaglio e ai mercati, alle questioni relative agli sviluppi nei settori non tradizionali e non alimentari dell'attività agricola, all'ambiente, agli effetti dei cambiamenti climatici, al miglioramento della salute e del benessere dei cittadini, alle zoonosi, all'azione dei diversi alimenti sulla salute e al benessere di uomini e animali. Le sfide socio-economiche e ambientali connesse alla ricerca alimentare non possono più essere trascurate.

L'interesse della Commissione Europea per la bioeconomia in genere e per le biotecnologie in particolare si basa su alcune considerazioni. In totale, considerando tutti gli attori coinvolti nella ricerca relativa alla produzione, utilizzo e gestione delle risorse biologiche (alimentare, pesca, silvicoltura, biotecnologia industriale, carta, cuoio ecc.), la bioeconomia ha un bilancio annuale di oltre 1.500 miliardi di euro e fornisce occupazione a circa 22 milioni di persone. Studi abbastanza recenti concordano nel rilevare che è in atto una inversione di tendenza nella distribuzione dei settori di maggiore applicazione delle biotecnologie,

oggi dominata dall'applicazione nel settore della salute ma in cui sono in crescita le applicazioni per l'agricoltura e per l'industria. I programmi europei per la ricerca nel sistema agroindustriale mirano a migliorare tali conoscenze in modo da ottenere dei notevoli risultati scientifici e tecnologici nello sviluppo di strutture, sistemi e dispositivi applicabili all'alimentazione umana e animale.

Negli ultimi decenni anche la tecnologia alimentare ha avuto una notevole evoluzione, con l'utilizzazione di nuove tecnologie trasferite al settore alimentare da altre branche della scienza, insieme con la comparsa di nuove attitudini da parte dei consumatori. Inoltre, alcuni recenti sviluppi di carattere generale hanno senza dubbio avuto un impatto rilevante sull'agricoltura europea, sul suo sviluppo e sulla ricerca necessaria a mantenerne nel tempo la qualità e la produttività. Il primo elemento è stato il processo di allargamento dell'Unione Europea che ha portato ad una aumentata diversità della situazione naturale, biogeografica, produttiva e socio-economica nel settore agricolo. Un secondo elemento, successivo alla crisi del precedente sistema di supporto e sovvenzioni all'agricoltura, è stato il superamento di politiche legate al rafforzamento di determinate produzioni in situazioni composte da singole imprese agricole e la loro sostituzione con politiche attente ad una produzione di qualità che sia anche adeguata ai criteri di sostenibilità ambientale, benessere animale, sicurezza alimentare, standard di sicurezza sul lavoro e di protezione della salute dei consumatori. Già questi due elementi rappresen-

tano in quanto tali una tematica di indagine e di ricerca, allo scopo di valutare gli effetti di questi cambiamenti sugli agricoltori, le scelte delle colture, l'uso del suolo, l'ambiente, l'industria agricola e alimentare, allo scopo soprattutto di fornire strumenti di comprensione della realtà sia ai decisori, a livello sia europeo che nazionale, che agli stessi operatori e agli altri portatori di interesse.

Appare quindi evidente che queste prime considerazioni comportano la messa a punto e l'impiego di mezzi di analisi per comprendere:

- le modifiche in atto in ambito rurale circa i fenomeni di entrata/uscita dal mondo agricolo collegati alla variazione degli investimenti;
- le dinamiche di evoluzione a livello di impresa agricola nelle diverse regioni (climatiche, biogeografiche, politico-amministrative) dei cambiamenti che hanno effetto sull'efficienza e redditività della produzione agricola;
- le differenze che possono verificarsi all'interno del settore a seconda delle diverse filiere, delle caratteristiche del territorio e dell'influenza della situazione al contorno.

A quanto appena detto si deve aggiungere che le attività più tipicamente di ricerca, sviluppo tecnologico e dimostrazione nel sistema agro-industriale hanno subito grandi cambiamenti e sviluppi anche indipendentemente dal quadro socio-economico rurale e dal panorama istituzionale europeo. Soprattutto nel corso dei Programmi Quadro di Ricerca della Comunità Europea, le scelte programmatiche e progettuali sono state influenzate da vari fattori tra cui le nuove tecnologie,

i nuovi approcci alla politica della ricerca e innovazione, la domanda dei consumatori, l'emergenza di problematiche globali (cambiamento climatico, fenomeni di siccità e desertificazione e più in generale degrado del territorio, crescita della popolazione, problemi nella disponibilità e approvvigionamento energetico), e la stessa complessità e dinamismo del settore (compresi i fattori economici e finanziari).

Lo stesso scenario delle conoscenze avanzate e delle cosiddette "converging technologies" si è notevolmente diversificato ed arricchito, anche se spesso si verifica un *gap* (concettuale e temporale) tra conoscenza e applicazione. I componenti più dinamici ed emergenti delle nuove tecnologie sono (oltre alle biotecnologie moderne) la bioinformatica, le nanotecnologie e le scienze cognitive. La loro applicazione nel settore alimentare è in crescita, al fine di ottenere dei risultati scientifici e tecnologici nello sviluppo concreto di strutture, sistemi e dispositivi applicabili all'alimentazione umana e animale. Con la mappatura e il sequenziamento del genoma umano, delle principali colture di interesse agrario e di un certo numero di microorganismi, la bioinformatica sta diventando sempre più determinante per la ricerca alimentare, fornendo agli utilizzatori una opportunità per definire o simulare le funzioni delle proteine, le interazioni macromolecolari e le caratteristiche del metabolismo cellulare. Tutte queste tecnologie sono di grande importanza per lo sviluppo umano, come testimoniano il forte interesse



comunitario e internazionale. Ciò è dimostrato dalle varie iniziative in corso, che ne stimolano la crescita, l'interazione e la convergenza, pur dando il giusto spazio alla valutazione dei potenziali rischi.

Emergono così alcune importanti sfide che la ricerca agro-industriale europea deve affrontare:

- la determinazione delle priorità degli aspetti conoscitivi da perseguire;
- gli scenari di riorganizzazione della *governance*, delle conoscenze e delle infrastrutture scientifiche a livello europeo;
- l'adeguamento del coordinamento e della cooperazione tra paesi, nel quadro di una visione equilibrata, concordata e a lungo termine sulle priorità della ricerca.

La situazione nazionale della ricerca agro-industriale

A livello nazionale va tenuto presente che la ricerca nel settore agro-industriale è frammentata in tante strutture che dipendono da sei Ministeri, dalle Regioni e dalle Province. Nel 7° PQ, il tasso di successo del coordinamento italiano è stato pari al 12,3% (rapporto MIUR, 01/03/2012), con una performance migliore da parte dei centri di ricerca (14,1%), ben lontano dalla media europea del 16%. In relazione all'area alimentare si è limitato al 9%. L'Unione Europea promuove con lo SCAR (Standing Committee on Agricultural Research) uno spazio di quella ricerca agricola forte, che prevede una integrazione tra prodotti alimentari, agricoltura, silvicoltura, gestione del territorio, salute, aspetti rurali, sociali, ecologici

e politici, nonché energetici, secondo i canoni dell'agricoltura multifunzionale. Occorre quindi prendere in considerazione la produzione primaria e l'intera filiera alimentare in stretta connessione con il territorio, la salute e l'energia. Il tutto realizzato in contesti multidisciplinari, a rete, con formazione e accesso ad attrezzature e laboratori collegati e condivisi fra i diversi enti ed istituzioni. Ma l'Italia, nonostante l'impegno dei singoli, appare nei fatti piuttosto carente, ininfluyente e poco interessata a questo approccio.

La Commissione europea ha presentato il pacchetto di proposte sul futuro programma quadro per la ricerca e l'innovazione Horizon 2020 che sarà attivo per il periodo 2014-2020. Horizon 2020, la cui dotazione di circa 80 miliardi di euro proposta dalla CE è attualmente in discussione, riunirà tutti i finanziamenti dell'Unione Europea esistenti per la ricerca e l'innovazione, fra cui il programma quadro di ricerca, le attività in materia di innovazione del programma quadro per la competitività e l'innovazione (CIP) e l'Istituto europeo di innovazione e tecnologia (IET).

Sebbene Horizon 2020 sia ancora nella fase di "trilogo" tra Parlamento, Consiglio e Commissione, le differenze rispetto al 7° PQ sui finanziamenti riguarderanno:

- le disposizioni finanziarie relative al contributo finanziario dell'Unione sotto forma di sovvenzioni sono state chiarite e semplificate. Infatti viene fissata un'unica percentuale di finanziamento in funzione del tipo di azione finanziata nell'ambito di Horizon 2020

senza distinzioni tra i partecipanti (100% dei costi diretti ammissibili ad eccezione delle attività di dimostrazione che vengono finanziate al 70%);

- per i costi diretti le norme prevedono un'ampia accettazione delle pratiche contabili abituali dei beneficiari delle sovvenzioni, con un numero minimo di condizioni limite;
- i costi indiretti ammissibili sono determinati applicando un tasso forfettario del 20% del totale dei costi diretti ammissibili, con la possibilità, unicamente per i soggetti giuridici senza scopo di lucro, di dichiarare i costi effettivamente sostenuti.

In Italia la carenza di una politica nazionale della ricerca, generale come settoriale, promuove una logica quasi obbligata ma assai miope di riduzione delle spese nel breve termine. Ciò porta gli Enti di ricerca ad avviare ristrutturazioni proprie, autonome, al di fuori dalle indicazioni che l'UE fornisce indicando con i PQ i temi di ricerca e i filoni di finanziamento. Appare invece necessario che la ricerca in generale e nello specifico quella agro-industriale sia sempre più finalizzata all'eccellenza della ricerca, allo sviluppo e all'innovazione, per affrontare le importanti sfide sociali del nuovo millennio attraverso un forte sostegno alla leadership industriale, in linea con quanto previsto dalla nuova programmazione europea Horizon 2020. Le Piattaforme Tecnologiche Europee (e in particolare la PT Food for Life per l'ambito agricolo) rappresentano lo strumento fondamentale per il raggiungimento dei suddetti obiettivi strategici. ●



La Piattaforma Tecnologica Europea “Food for Life”

Le Piattaforme Tecnologiche Europee, e in particolare la Piattaforma Food for Life per l'ambito agricolo, rappresentano lo strumento fondamentale per il raggiungimento di obiettivi strategici fissati dall'Unione Europea. Sono 7 le aree strategiche per rafforzare la competitività del settore alimentare attraverso ricerca, tecnologia e innovazione: alimenti e salute; qualità e preparazione dei prodotti alimentari; prodotti alimentari e consumatore; sicurezza alimentare; sostenibilità della produzione; gestione della catena alimentare; comunicazione, formazione e trasferimento tecnologico

■ *Daniele Rossi*

Le Piattaforme Tecnologiche sono iniziative paneuropee su base volontaria (organizzazioni private informali non legalmente riconosciute), che coinvolgono il sistema industriale con un approccio *bottom up e competitiveness driven* che perseguono il potenziamento, attraverso la collaborazione di tutti gli *stakeholder*, della crescita e del trasferimento di conoscenze e competenze a sostegno dell'innova-

zione e della crescita economica del settore. Il focus delle attività è l'innovazione, mentre il collante è l'Industria (Industry led). Le Piattaforme coinvolgono: imprese, istituzioni di ricerca, mondo finanziario, autorità pubbliche nazionali e locali, la società, i media, i consumatori. Le parti interessate concordano un Vision Document per la tecnologia, un'Agenda Strategica di Ricerca che delinea gli

obiettivi di medio e lungo periodo necessari per la tecnologia, e definiscono un Implementation Action Plan, mobilitando risorse umane e finanziarie.

La Piattaforma “Food for Life”, promossa da Federalimentare e da FoodDrinkEurope (Confederazione delle Industrie Agro-Alimentari dell'UE), insieme agli attori più rappresentativi del settore agroalimentare (organizzazioni dei consumatori, organizzazioni imprenditoriali, aziende agrochimiche e zootecniche, aziende industriali della trasformazione, autorità e governi nazionali, rappresentanti del settore della distribuzione, fornitori di servizi, università e centri di ricerca, rappresentanti della Commissione europea), si propone di definire gli scenari della filiera agroalimentare da oggi al 2020 con proiezioni al 2030.



■ **Daniele Rossi**
Federalimentari

Nel 2005 sono state individuate 7 aree strategiche per rafforzare la competitività del settore alimentare attraverso ricerca, tecnologia e innovazione: Alimenti e Salute, Qualità e Preparazione dei Prodotti Alimentari, Prodotti Alimentari e Consumatore, Sicurezza Alimentare, Sostenibilità della Produzione, Gestione della Catena Alimentare, Comunicazione, Formazione e Trasferimento Tecnologico.

Il 13 settembre 2007 è stata presentata a Bruxelles l'Agenda Strategica di Ricerca di "Food for Life", un documento dinamico e innovativo per la realizzazione del *Vision Document*. Ad ottobre 2008 è stato presentato l'Implementation Action Plan della Piattaforma, un piano dettagliato che descrive i requisiti in termini di ricerca, formazione e disseminazione necessari per l'attuazione del *Vision Document* e dell'Agenda Strategica di Ricerca. A marzo 2010, in occasione dello *Stakeholders Event* della Piattaforma a Bruxelles, è stata presentata la nuova struttura

della Piattaforma in 3 *Key Thrust*: *Improve Health, Wellbeing and Longevity, Build Consumer Trust in the Food Chain, Sustainable and Ethical Production*. Attualmente si stanno costituendo nuovi gruppi di lavoro verticali (3 *Key Thrust*) e orizzontali (Qualità e preparazione degli alimenti, Alimenti e Consumatore, Gestione della filiera alimentare, Comunicazione, Formazione e Trasferimento Tecnologico) per l'elaborazione della nuova Agenda Strategica di Ricerca e Innovazione che, alla luce dei nuovi orientamenti della Commissione europea in vista del Common Strategic Framework for EU Research and Innovation Funding (Ottavo Programma Quadro), pone al centro del documento il concetto di "Innovazione".

La nuova Strategic Research and Innovation Agenda, elaborata in vista del nuovo Programma Quadro Europeo per la Ricerca e l'Innovazione 2014 -2020 "Horizon 2020", è stata presentata a Bruxelles il 20 settembre 2012.

L'industria alimentare in Italia: le PMI e la sfida dell'innovazione

L'Industria alimentare italiana – che Federalimentare rappresenta, aderendo a Confindustria, attraverso le sue 19 Associazioni di categoria – è uno dei pilastri dell'economia nazionale: con 130 miliardi di euro di fatturato, dei quali ben 25 miliardi vanno all'export con un saldo attivo della bilancia commerciale di 5 miliardi di euro, rappresenta il secondo settore manifatturiero italiano dopo la meccanica ed è candidata al terzo posto in Europa, a ridosso dell'industria alimentare tedesca e francese (Tabella 1).

Si tratta di un contesto imprenditoriale estremamente diffuso nel nostro Paese, con una prevalenza significativa di piccole e medie imprese: su 6.500 imprese, una trentina sono di grandi dimensioni, circa 250 sono di medie dimensioni e le restanti 6.220 sono di piccole, se non piccolissime dimensioni (da 10 addetti in giù).

Dati e stime Federalimentare	2011 (MLD €)	2012 (MLD €)
Fatturato (valori)	127 (+2,4%)	130 (+2,3%)
Produzione (quantità)	-1,7	-1,2
Numero imprese (con oltre 9 addetti)	6.300 (con oltre 9 addetti)	6.250 (con oltre 9 addetti)
Numero addetti	410.000 unità dirette	408.000
Export	23 (+10%)	25 (+8,7%)
Import	18,6 (+11%)	20 (+8,1%)
Bilancia commerciale	4,4 (+10%)	5 (+13,6%)
Tot. Consumi alimentari e varia. % in valori costanti	208 (-2,0%)	210 (-1,6%)
Posizione nell'industria manifatturiera italiana	2° posto dopo settore metalmeccanico	2° posto dopo settore metalmeccanico

TABELLA 1 L'industria alimentare italiana (dati 2011-2012)

Fonte: dati e stime Federalimentare

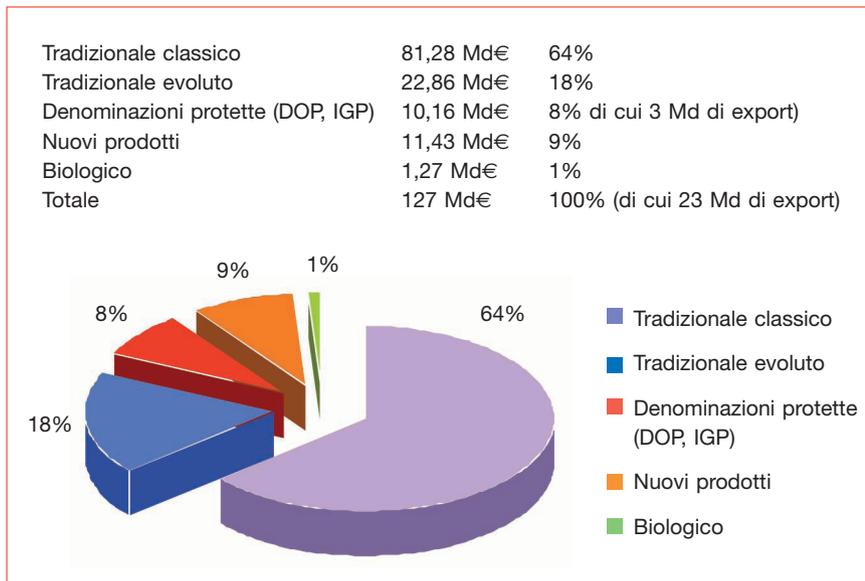


FIGURA 1 Fatturato per tipologia di prodotto 2011
Fonte: dati e stime Federalimentare

Insieme ad agricoltura, indotto e distribuzione, l'industria alimentare è al centro della prima filiera economica del Paese. Inoltre acquista e trasforma il 70% delle materie prime agricole ed è universalmente riconosciuta come ambasciatrice del *Made in Italy* nel mondo, dal momento che quasi l'80% dell'export agroalimentare italiano è rappresentato da prodotti industriali di marca.

Solo l'industria alimentare continua ad investire il 2% del fatturato in analisi e controllo di qualità e sicurezza, l'1,8% in ricerca e sviluppo formale ed informale di prodotti e processi innovativi, oltre il 4% in nuovi impianti, automazione, ICT e logistica, per un totale di circa 9 miliardi di euro annui. Fra i temi dell'innovazione nel settore alimentare, una parte importante viene orientata dalle principali tendenze di consumo: la naturalità e la fre-

schezza dei prodotti, il tessuto, il colore, il gusto ed i contenuti organolettici, la ricettazione e le tante sue riformulazioni, il porzionamento e la presentazione con il servizio integrato, le valenze nutrizionali e salutistiche, la funzionalità, l'occasione ed il luogo di consumo.

Tuttavia il settore è penalizzato da alcuni gap strutturali che frenano la crescita e la capacità di competere degli operatori alimentari. Fattore principale di limitazione dello sviluppo dell'agricoltura e dell'industria alimentare è l'eccessiva frammentazione della struttura produttiva, che si somma alle carenze infrastrutturali, logistiche e distributive, agli eccessivi costi di produzione a partire dall'energia, alla scarsa qualità dell'offerta di servizi per le imprese, alla finanza, al credito. Un impulso forte al trasferimento delle innovazioni di proces-

so e di prodotto contribuirebbe a migliorare il posizionamento della competitività della nostra industria alimentare, soprattutto delle PMI, recuperando efficienza e margini e garantendo la distintività delle nostre produzioni, anche a fronte della domanda internazionale e del cambiamento degli scenari in una fase molto delicata di transizione, dopo una crisi importante di sistema.

Basti pensare che circa un quarto (24%) del fatturato dell'agroalimentare (Figura 1) è costituito proprio da prodotti per i quali l'innovazione, anche incrementale, costituisce un fattore essenziale che incorpora il maggiore valore aggiunto.

È indubbio, quindi, che il successo dei nostri prodotti nasca dalla capacità degli imprenditori di coniugare tradizione e innovazione, dedicando il giusto rilievo alla ricerca applicata. Nel corso degli anni le nostre aziende alimentari hanno, infatti, utilizzato la tecnologia più moderna, adeguandola alle ricette gastronomiche tradizionali, in modo da rendere possibili prodotti facili da preparare, con standard di sicurezza sempre più elevati e un alto livello di qualità. Risultati possibili solo destinando ogni anno risorse alla ricerca: un impegno economico che equivale non solo ad un investimento sul futuro, ma anche ad un'immediata risposta alle richieste del consumatore nell'ambito dell'Italian Style.

La Piattaforma Tecnologica "Italian Food for Life": un impegno nazionale ed europeo

Il mercato italiano ed internazionale dei prodotti alimentari sarà

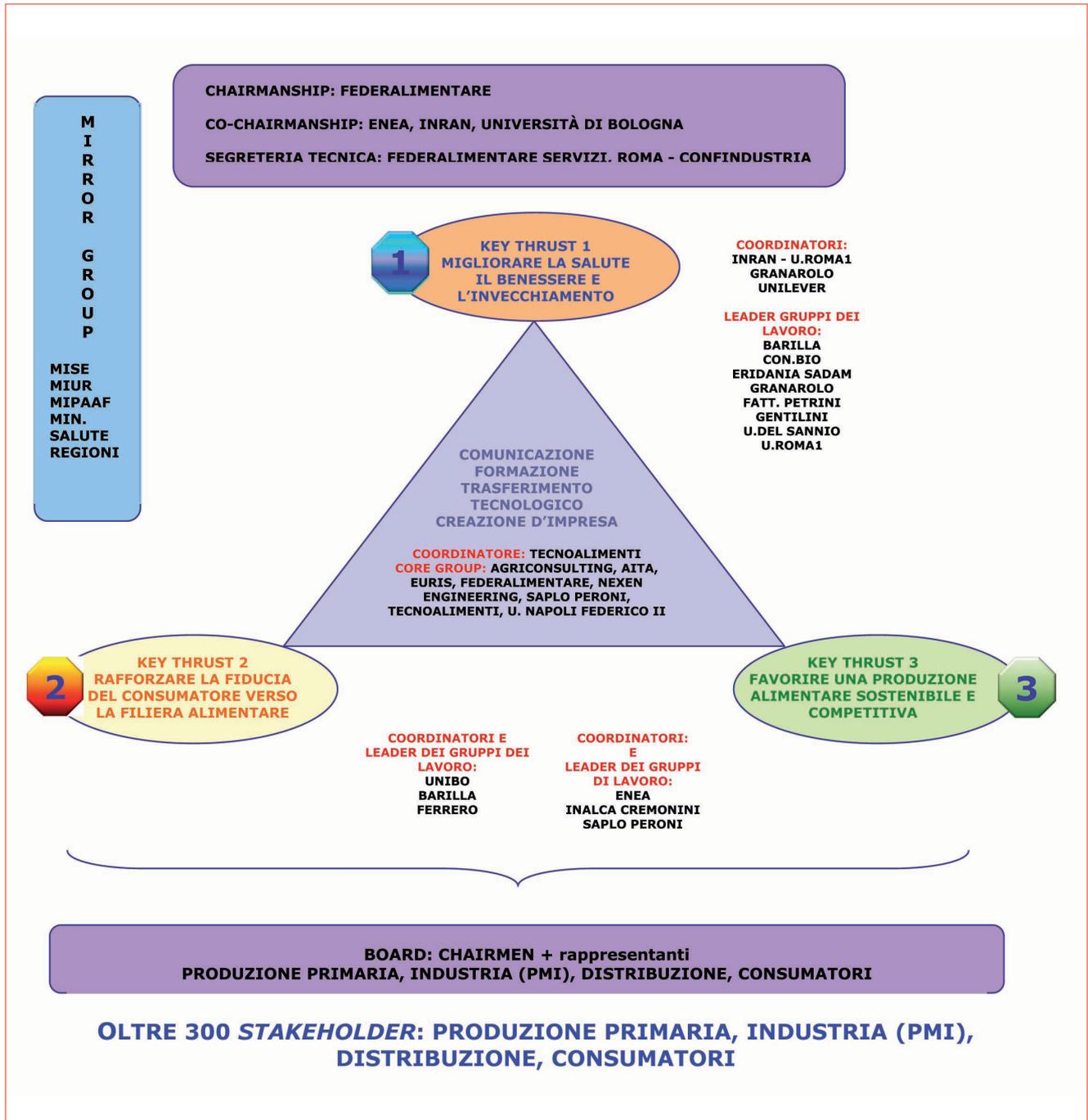


FIGURA 2 "Italian Food for Life": la struttura

influenzato sempre di più dalle trasformazioni della società (invecchiamento, ricomposizione sociale, individualizzazione), dai cambiamenti delle abitudini alimentari e dei ritmi di vita. Proprio per questo l'Industria alimentare italiana è costantemente impegnata ad andare incontro ai consumatori fornendo prodotti adatti alle più diverse necessità nutrizionali, come anche alle differenti occasioni di consumo, e che permettano al consumatore di compiere scelte consapevoli e di seguire una dieta adatta al proprio stile di vita e all'attività fisica svolta. Gli stessi consumatori, soprattutto quelli italiani ed europei, sono sempre più in grado di riconoscere il valore intrinseco di ciò che comprano, dalla scelta delle materie prime, agli aspetti tecnologici, all'attenzione rivolta al corretto utilizzo ambientale delle risorse naturali, al servizio, alla logistica e al packaging, nell'ottica di un concetto di qualità globale.

Per rispondere a queste esigenze, Federalimentare si è fatta promotrice nel 2006, insieme all'ENEA, all'INRAN, all'Università di Bologna e agli attori più rappresentativi del settore agroalimentare in Italia, della Piattaforma Tecnologica Nazionale "Italian Food for Life".

Il Board di "Italian Food for Life" del 17 febbraio 2010 ha deliberato la ristrutturazione della Piattaforma nazionale da 7 Pillar in 3 Key Thrust – con un gruppo orizzontale dedicato alle attività di comunicazione, formazione e trasferimento tecnologico, adeguando l'Agenda Strategica di Ricerca e Innovazione con l'indicazione di priorità fino

al 2030 (Figura 2). Il documento è stato presentato a Roma, in Confindustria, il 14 giugno 2011, alla presenza di alcune tra le principali imprese alimentari italiane, insieme a esponenti del mondo della Ricerca pubblica e privata e delle Amministrazioni centrali e regionali competenti.

La Piattaforma Europea "Food for Life" (Figura 3) si è dimostrata particolarmente attiva attraverso il coordinamento della rete delle 36 Piattaforme Tecnologiche Nazionali. Si tratta di un network attualmente rappresentativo di 35 Paesi (Albania, Austria, Belgio, Bulgaria, Danimarca, Estonia, Germania, Grecia, Irlanda, Islanda, Israele, Finlandia, Francia, Italia, Lettonia, Libano, Lituania, Montenegro, Norvegia, Olanda, Polonia, Portogallo, Rep. Ceca, Regno Unito, Romania, Russia, Serbia, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia, Ucraina, Ungheria), più di 5000 imprese, circa 800 centri di ricerca, e oltre 6000 stakeholder nazionali. Le Piattaforme Nazionali si riuniscono due volte l'anno e stanno assumendo un ruolo sempre più rilevante all'interno della Piattaforma Europea "Food for Life" che le consulta stabilmente, anche per la revisione dei suoi documenti strategici.

Altro tema di particolare rilievo per la Piattaforma è quello inerente la Knowledge Based Bio-Economy (KBBE), ed in particolare l'attivazione, sul modello di quanto è stato fatto in Europa (progetto "BEco-TePs" - Bio-Economy Technology Platforms), di un sistema di coordinamento sinergico delle Piattaforme Tecnologiche Nazionali

dell'area KBBE (Italian Food for Life, SusChem Italy, Italian Global Animal Health, Italian Technology Platform for Farm Animal Breeding Reproduction, Forest-Based Sector Technology Platform Italia, IT-Plants for the Future, Biofuels Italia, Piattaforma Tecnologica Italiana in Agricoltura Biologica) e, per gli aspetti di comune interesse, di ManuFuture-Italia.

La Piattaforma "Italian Food for Life" costituisce quindi un'opportunità unica, non solo per promuovere il coordinamento delle attività di ricerca in materia di alimenti e nutrizione, garantendone sia la direzione che una massa critica sufficiente, ma anche per assicurare il trasferimento delle conoscenze alle imprese. La promozione della cultura dell'innovazione, della ricerca



Presso il Centro Ricerche Casaccia, in collaborazione con Federalimentare e Consorzio In.Bio., l'ENEA ha costituito il Centro Servizi Avanzati per l'Agro-industria, sportello per le imprese che operano nel settore agro-alimentare. L'obiettivo è quello di fare trasferimento tecnologico per rendere le aziende italiane sempre competitive sul mercato



FIGURA 3 Il network delle Piattaforme Tecnologiche nazionali “Food for Life”

e della formazione è senza dubbio la chiave di volta per l’affermazione dei nostri prodotti sul mercato sia nazionale che internazionale. Stiamo parlando di quello che sarà

riconosciuto come il Made in Italy alimentare del futuro, che oggi deve passare attraverso la specializzazione, la ricerca e il progresso tecnologico per affermarsi, domani,

come un “nuovo classico” nel quale s’impone la nostra capacità, tutta italiana, di elaborare ed integrare cultura e conoscenza, innovazione e tradizione. ●



Ricerca ed innovazione ENEA per lo sviluppo di nuovi modelli di produzione e consumo agroalimentari

■ Massimo Iannetta, Lorenza Daroda

L'Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile e Innovazione del Sistema Agro-industriale dell'ENEA (UTAGRI) (utagri.enea.it) persegue obiettivi di innovazione del sistema produttivo agro-industriale nazionale per favorire una produzione alimentare competitiva, sostenibile e più efficiente in termini energetici^[1,2,3]. La sua strategia, in questo quadro è fortemente legata alla *vision* della nuova programmazione europea di *Horizon 2020*^[4] ispirandosi ai valori della sostenibilità, *Green Economy* e *Knowledge Based Bio-Economy*^[5].

Per valorizzare e trasferire al settore produttivo i risultati scientifici e tecnologici ottenuti e realizzare un sistema vitale e dinamico che faccia del sapere un'opportunità di sviluppo per la crescita delle imprese e del territorio, UTAGRI è attivamente coinvolta nei seguenti ambiti:

- Piattaforma Tecnologica *Food for Life*, di cui condivide la leadership a livello nazionale;
- Centro Servizi Avanzati per l'Agro-Industria *CSAgri* di cui è promotore;
- Cluster Tecnologico Nazionale *AgriFood*, di cui è coordinatore nazionale di progetto;

- *KIC-Foodbest* - European Knowledge and Innovation Community, di cui è membro;

- *Task Force Internazionale sulla sostenibilità delle Diete* e dei modelli di produzione e consumo nell'Area Mediterranea, alla quale partecipa.

Gli ambiti di eccellenza sui quali UTAGRI investe sono:

- ricerca avanzata nelle aree di competenza scientifica;
- rapporto con il territorio per raccogliere le attuali sfide sociali, legate alla sostenibilità ambientale ed energetica delle produzioni, alla loro valorizzazione ed a quella dei relativi sottoprodotti e reflui, per una migliore competitività sui mercati di riferimento;
- affiancamento, collaborazione e partenariato con le imprese del settore agro-alimentare in iniziative e progetti di ricerca per lo sviluppo di applicazioni innovative e la fornitura di servizi avanzati;
- azioni di trasferimento tecnologico e di sviluppo dell'innovazione a livello nazionale ed internazionale;
- promozione e internazionalizzazione del modello alimentare italiano, ispirandosi ai criteri e

ai principi della dieta mediterranea;

- partecipazione in ambito europeo, ai programmi di ricerca congiunta (Joint Programming Initiative-JPI), partenariati pubblico privati della ricerca (Public Private Partnerships-PPP), European Knowledge and Innovation Community (KIC), Piattaforme Tecnologiche (ETP), networks nell'ambito dell'innovazione (European Agricultural Research Initiative-EURAGRI, EUREKA-EuroAgri FoodChain) e dello sviluppo della Bioeconomia (European Bioeconomy Observatory).

Centro Servizi Avanzati per l'Agro-Industria (CSAgri)

Dall'esperienza maturata in collaborazione con Federalimentare nel coordinamento di attività di ricerca e individuate nell'ambito dell'Agenda Strategica per la Ricerca e l'Innovazione della Piattaforma Tec-

■ Massimo Iannetta, Lorenza Daroda
ENEA, Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile ed Innovazione del Sistema Agro-Industriale

nologica Nazionale “*Italian Food for Life*”^[6], UTAGRI propone di valorizzare il prodotto agro-alimentare made in Italy operando lungo tutta la filiera, con competenze trasversali, attraverso dotazioni infrastrutturali, strumentali e di servizio. In questo ambito, nasce il Centro Servizi Avanzati per l’Agro-Industria (CSAgri) in collaborazione con Federalimentare ed il Consorzio partecipato ENEA “In.Bio”- Consorzio per l’Innovazione e la Bioeconomia. Il centro servizi Csagri (utagri.enea.it/csagri) propone il trasferimento di tecnologie “abilitanti” a carattere multisettoriale a supporto dei processi d’innovazione e competitività delle imprese, potendo svolgere anche il ruolo di incubatore di imprese innovative. Durante la giornata di lancio di CSagri, svoltasi in ENEA il 30 gennaio 2013, importanti imprese agro-alimentari italiane hanno manifestato interesse verso tale servizio, ma in particolare hanno sottolineato l’importanza di attuare un sistema integrato tra formazione-ricerca-innovazione (http://www.enea.it/it/enea_informa/events/csagri_30gen13/CSAgri_30gen2013).

È sempre più urgente creare utili strumenti per trasferire conoscenza e generare valore aggiunto all’economia delle nostre imprese, motore della crescita e dello sviluppo del Paese. Occorre rispondere alla domanda di innovazione delle imprese e delle amministrazioni locali, che rappresentano i territori sui quali si realizzano le attività produttive, per il loro sviluppo economico sostenibile. (<http://webtv.sede.enea.it/index>.

[php?page=listafilmcat2&idfilm=725&idcat=20](http://webtv.sede.enea.it/index.php?page=listafilmcat2&idfilm=725&idcat=20)).

Attraverso CSAgri, l’ENEA mette a disposizione delle imprese il patrimonio di competenze tecnico-scientifiche qualificate e le infrastrutture di ricerca e sviluppo (laboratori, impianti e strumentazioni) a sostegno di azioni di interesse congiunto^[7]. Protagonisti di questo flusso in continuo divenire sono i ricercatori, i tecnici, gli imprenditori che lavorano in una rete virtuale. CSAgri rappresenta l’opportunità di realizzare un sistema vitale e dinamico che fa del sapere un’opportunità di sviluppo e un volano per la competitività delle imprese, delle istituzioni di ricerca (Università ed Enti/Agenzie di Ricerca) che li promuovono e vi partecipano, in particolare ma non solo, del territorio su cui tale sistema si colloca.

Le attività che caratterizzeranno CSAgri sono:

Favorire l’investimento in R&S da parte delle PMI, da realizzare attraverso le seguenti azioni:

- **Sostegno alla domanda di innovazione delle PMI** - messa a disposizione di laboratori e dotazioni di ricerca (strumentazioni e impianti) e di servizi tecnologici avanzati, allo scopo di sviluppare congiuntamente approcci e soluzioni innovative volti al superamento di problematiche specifiche della filiera produttiva ed a facilitare la qualificazione e la certificazione delle produzioni alimentari;
- **Ricerca collaborativa** - finanziamento di progetti di R&S portati avanti dalle PMI in collaborazione con ENEA.

Partecipazione di PMI a bandi europei e nazionali e attivazione di reti di impresa, networking interregionale e transnazionale, da realizzare attraverso le seguenti azioni:

- **Partecipazione di PMI a bandi europei e nazionali** – realizzazione di un servizio di supporto alla partecipazione, anche congiunta ad ENEA, delle PMI a progetti di R&ST e trasferimento tecnologico a livello europeo e nazionale, tramite interventi di informazione, formazione e assistenza a livello locale e internazionale.
- **Reti di impresa e networking interregionale e transnazionale** – creazione di un sistema di collaborazione permanente tra imprese e tra imprese e operatori della ricerca attraverso partenariati nazionali ed esteri, cluster interregionali e di imprese e business/research social networking.

Creazione di imprese innovative, da realizzare attraverso le seguenti azioni:

- **Creazione di imprese spin-off e start up** a partire da idee innovative; miglioramento della competitività di impresa - realizzazione di progetti di innovazione di PMI interessate ad avviare processi di rinnovamento e/o avanzamento tecnologico;
- **Creazione di nuove imprese di interesse della Pubblica Amministrazione** – sostegno ad iniziative pubblico-private dedicate alla Pubblica Amministrazione, centrale e su base territoriale, interessata a sperimentare ed acquisire direttamente tecnologie innovative sviluppate da PMI e organismi di ricerca.

CSAgri è in grado di mettere a disposizione, per il conseguimento degli obiettivi progettuali definiti, le seguenti dotazioni:

- Laboratori scientifici, hall tecnologiche ed uffici del Centro Ricerche Casaccia e di altri Centri ENEA collegati programmaticamente, per una migliore integrazione delle competenze, necessaria per l'approccio sempre più multidisciplinare che caratterizza la filiera agro-alimentare.
- Le competenze sono concentrate essenzialmente nelle diverse fasi della filiera: produzione, protezione, trasformazione, diagnostica per la qualità, packaging, conservazione, logistica e consumo.
- Tali dotazioni sono organizzate e messe a disposizione delle imprese agro-industriali per la creazione di un "Incubatore" di innovazione, con funzioni sia di supporto alle attività di start-up e spin-off, sia di offerta di servizi tecnologici avanzati.

Cluster tecnologico nazionale AgriFood

L'attività del centro servizi avanzati di UTAGRI, CSAgri, è strettamente collegata con la recente iniziativa *Cluster Agrifood* nata dal bando "Sviluppo e il potenziamento di Cluster Tecnologici Nazionali" messo in campo dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca Italiana. Il *Cluster Agrifood* s'intreccia con numerosi altri *Cluster* (chimica verde, scienze della vita, energia, fabbrica intelligente), si è dotato di un Piano di Sviluppo Strategico quinquennale e progettati, selezionati grazie alla grande

esperienza di ricerca, industriale e di governo del territorio, espressa dalla compagine dei partner del Cluster, che ha consentito di selezionare le aree strategiche su cui focalizzare le attività, privilegiando quelle di maggiore impatto sulla competitività e sulla coerenza con le politiche comunitarie e nazionali:

- *Nutrizione e salute*: prevenzione di malattie associate alla dieta (obesità, diabete e patologie cardiovascolari) e promozione dell'invecchiamento in salute (benessere cognitivo e fisico);
- *Sicurezza alimentare*: produzione di antimicrobici naturali, riduzione di possibili contaminanti chimici e biologici e di sostanze indesiderate, sviluppo di sistemi diagnostici mirati all'abbattimento dei contaminanti lungo la filiera fino al consumatore;
- *Sostenibilità*: riduzione di scarti e valorizzazione dei sottoprodotti, il loro utilizzo per altre applicazioni alimentari e non, e la riduzione dell'impatto dei processi dell'industria agroalimentare, dalla produzione al consumatore finale, diminuzione e ottimizzazione dell'uso di territorio.

Al *Cluster Agrifood* hanno aderito formalmente 11 Regioni italiane, più di 80 imprese, più di 40 tra università, Enti ed organismi di Ricerca, 4 Parchi Scientifici e Tecnologici, più di 10 Associazioni di categoria e 15 tra Consorzi e società consortili specializzati. UTAGRI è coordinatore scientifico del progetto relativo alla sicurezza alimentare, "Safe&Smart: nuove tecnologie abilitanti per la food safety e l'integrità della filiera agro-alimentare in uno

scenario globale", affiancato oltre che da altri partner di rilievo del mondo della ricerca italiano anche da molte PMI e grosse industrie del settore agroalimentare (Figura 1).

Questi nuovi partenariati pubblico-private nazionali diventano necessari per rispondere in modo competitivo anche ai futuri finanziamenti correlati all'orientamento strategico della programmazione della ricerca ed innovazione agro-alimentare in Europa^[8]. In questo ambito, UTAGRI ha aderito insieme a Federalimentare e numerose imprese alimentari al consorzio "Foodbest" (<http://www.foodbest.eu/>), strumento nato nell'ambito dell'iniziativa europea European Knowledge and Innovation Community (KIC) con la finalità di affrontare le grandi sfide globali, tra le quali troviamo la salute, food security, i modelli di consumo e la sostenibilità delle diete alimentari. Con riferimento a quest'ultimo aspetto, UTAGRI partecipa alla *Task Force Internazionale sulla sostenibilità delle Diete* e dei modelli di produzione e consumo nell'Area Mediterranea.

Sostenibilità delle Diete e dei modelli di consumo nell'Area Mediterranea

La proclamazione della Dieta Mediterranea come elemento del patrimonio immateriale dell'umanità dell'UNESCO e la candidatura del progetto sulla Dieta Mediterranea nell'ambito dell'Expo 2015, sono segnali evidenti di una modalità diversa di considerare la produzione alimentare e l'alimentazione. La comunità internazionale ha riconosciuto l'esigenza di trovare una

definizione e una serie di principi guida per i regimi alimentari, al fine di affrontare il problema legato all'accesso al cibo e alla nutrizione, così come quello relativo alle diverse fasi della catena alimentare, nell'ottica della sostenibilità.

La definizione finale presentata e approvata durante il simposio promosso da FAO e Bioversity International afferma che: «Le diete sostenibili sono diete a basso impatto ambientale che contribuiscono alla sicurezza alimentare e nutrizionale, nonché a una vita sana per le generazioni presenti e future. Le diete sostenibili concorrono alla protezione e al rispetto della biodiversità e degli ecosistemi, sono culturalmente accettabili, economicamente eque e accessibili, adeguate, sicure e sane sotto il profilo nutrizionale e, contemporaneamente, ottimizzano le risorse naturali e umane» (Figura 2). Viene così riconosciuta l'interdipendenza tra la produzione e il consumo di cibo, le esigenze alimentari e le raccomandazioni nutrizionali, e al tempo stesso si ribadisce il concetto per cui la salute degli esseri umani non può essere slegata dalla salute degli ecosistemi. Per far fronte alle esigenze alimentari e nutrizionali di un mondo più ricco, più urbanizzato e con una popolazione in crescita, occorre quindi che i sistemi alimentari subiscano trasformazioni radicali nella direzione di una maggiore efficienza nell'uso delle risorse e di un consumo di cibo più efficiente ed equo a favore di diete sostenibili, preservando così le risorse naturali e produttive. La Dieta Mediterranea è un esempio di produzione alimentare sostenibili-

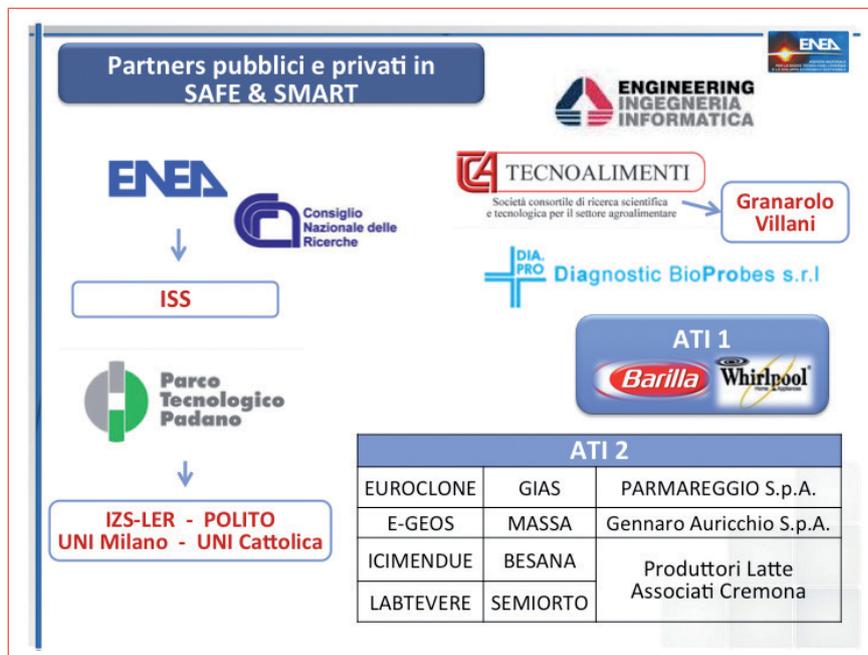


FIGURA 1 Partnership del progetto Safe&Smart del Cluster Tecnologico Nazionale Agrifood

le; un modello di dieta capace di coniugare non solo gusto e salute ma difesa dell'ambiente, tutela della biodiversità e consumo di prodotti locali e stagionali. UTAGRI partecipa alla Task Force internazionale costituita da FAO, CIHEAM, CNR, CRA-INRAN, CIISCAM, Università di Bologna ed altre istituzioni presenti nei Paesi dell'Area Mediterranea per mettere a punto una metodologia condivisa di valutazione integrata della sostenibilità della Dieta Mediterranea, in termini ambientali, nutrizionali, salutistici e di stili di vita, socio-culturali ed economici^[9].

Conclusioni

Negli ultimi anni, la FAO ha ripetutamente affermato che l'agricoltura dovrà essere più produttiva per

riuscire a nutrire una popolazione tuttora in aumento (9 miliardi nel 2050), e dovrà saper rispondere alle grandi sfide ambientali, economiche e sociali, attraverso un approccio ecosistemico innovativo. Sarà possibile coniugare l'esperienza del passato con gli strumenti oggi a disposizione per innovare l'attuale sistema agroalimentare e renderlo capace di fornire cibo per tutti, sostenibile per l'ambiente e in grado di soddisfare le esigenze nutrizionali, di salute e del piacere della buona tavola?

La politica dovrà mettere al centro dell'agenda mondiale il tema dell'Agricoltura e del Cibo e regole adeguate per una più equa distribuzione delle risorse sul pianeta. Se i governi riusciranno ad accordarsi su un sistema commer-

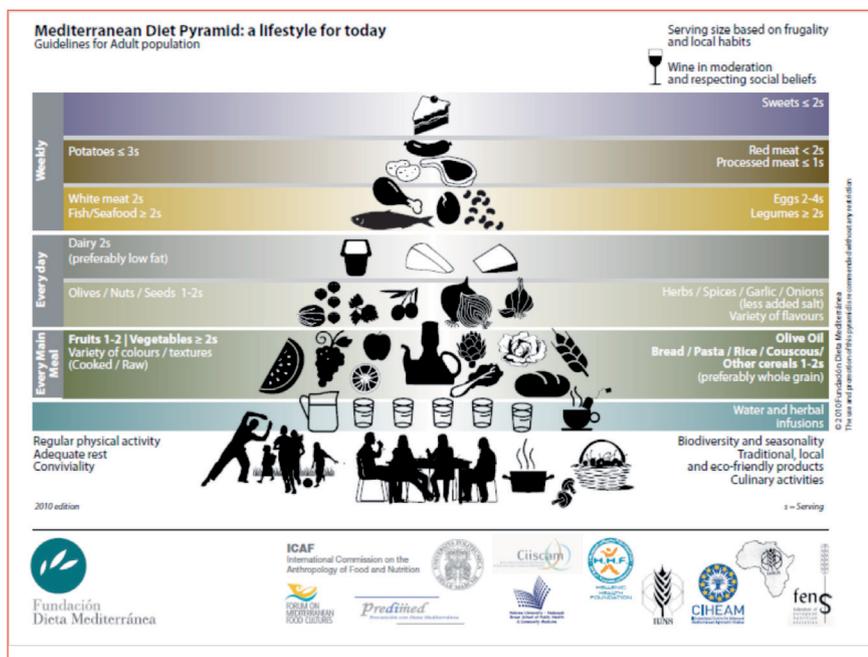


FIGURA 2 Piramide della dieta mediterranea: uno stile di vita per oggi

ciale stabile ed equilibrato, tale da compensare nelle diverse parti del mondo i surplus alimentari, che generano conseguenti patologie da sovrappeso e sprechi, ed i gravi deficit alimentari che determinano malnutrizione, un problema strut-

urale legato alle ingiustizie sociali del Pianeta verrà sanato, con una riduzione delle conseguenti tensioni. Se la scienza e la tecnologia faranno il loro mestiere, la quantità e la qualità delle produzioni dei campi farà un balzo in avanti, nel rispetto

dell'ambiente. Se aumenterà il consumo consapevole del cibo, si potrà orientare la produzione verso sistemi sempre più sostenibili, in grado di garantire ai nostri figli un futuro migliore.

Il tema va affrontato quindi in una prospettiva multidisciplinare, un approccio integrato che consideri non solo la produzione primaria degli alimenti, legata all'agricoltura, e la sua trasformazione industriale, ma anche gli aspetti multifunzionali dell'agricoltura, i suoi servi ecosistemici, la questione energetica, l'ambiente, lo sviluppo economico ed il commercio internazionale, l'alimentazione, la nutrizione e le abitudini alimentari dei consumatori, l'informazione e la formazione.

L'ENEA usa affrontare i temi della complessità, considerando tutti i fattori coinvolti in maniera interconnessa e complementare nei processi oggetto di analisi; è sempre di più l'unica modalità in grado di affrontare le grandi sfide di oggi, che vedono nell'agroalimentare uno dei pilastri mondiali dello sviluppo economico e sociale. ●

bibliografia

- [1] M. Iannetta, O. Presenti, F. Colucci, F. Vitali "Cibo ed energia un approccio sostenibile" Rapporto Italia del Eurispes (2013) Ed. Datanews. ISBN è 978-88-7981-396-9
- [2] Iannetta M., Arcuri E., Presenti O., Colucci F. (2011). Dalla crisi alimentare all'innovazione in agricoltura. Giornata Mondiale dell'Alimentazione 2011 Speciale Cooperazione Italiana allo Sviluppo
- [3] M. Iannetta, F. Colucci, O. Presenti, F. Vitali, 2012. "Food and energy: a sustainable approach" Sustainable Diets and Biodiversity. E-ISBN 978-92-5-107288-2 - FAO 2012.
- [4] Horizon 2020 - The framework programme for research and Innovation - Communication from the commission to the parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. (http://ec.europa.eu/research/horizon2020/pdf/proposals/communication_from_the_commission_-_horizon_2020_the_framework_programme_for_research_and_innovation.pdf#view=fit&page=mode=none)
- [5] J. Albrecht, D. Carez, P. Cunningham, L. Daroda et al. "The Knowledge Based Bio-Economy (KBEE) in Europe: Achievements and Challenges" Cleverconsult Report for the European Conference KBEE towards 2020: turning challenges into opportunities (Brussels, Sept. 2010).
- [6] M. Iannetta, G. Zasio, G. Sorlini, C. Didomizio e L. Daroda (Giugno 2011) Key thrust 3: Favorire una produzione alimentare sostenibile e competitiva. Agenda strategica per la ricerca e l'innovazione 2030- Piattaforma Tecnologica Nazionale, Italian Food For Life.
- [7] Coletta G., Daroda L., Palma D., & Presenti O. (2010). Trasferimento tecnologico e competitività: una lettura critica dall'esperienza dell'ENEA nell'agro-alimentare. Rivista Energia Ambiente Innovazione. Aprile, 2010
- [8] European Technology Platform Food for Life strategic research and innovation Agenda http://www.fooddrinkeurope.eu/uploads/press-releases_documents/SRIA_ETP_Food_for_Life_2012.pdf
- [9] B. Burlingame & S. Dernini (2011) Sustainable diets: the Mediterranean diet as an example. Public Health Nutr 14, Suppl. 1, 2285-2287.
- [10] Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates. Public Health Nutrition: 14(12A), 2274-2284, 2011.



Come decarbonizzare l'economia: le proposte del Kyoto Club per l'Italia

Energia elettrica: adeguare le reti alla crescente produzione energetica da fonti rinnovabili, spazio all'accumulo, ridurre il prezzo del gas con la liberalizzazione del settore e i rigassificatori.

Energia termica: potenziare l'uso del solare e della biomassa. **Efficienza energetica:** coibentazione dell'involucro esterno dell'edificio, riqualificazione degli edifici pubblici. **Trasporti:** potenziare il trasporto pubblico locale e quello delle merci su ferro e nave, i veicoli elettrici e i biocarburanti, il car-sharing e l'uso della bici. Questi gli obiettivi proposti dal Kyoto Club per il 2030, un orizzonte più lungo di quello della fine di questo decennio, delineata dalla Strategia Energetica Nazionale fissata dal precedente Governo tecnico

■ Gianni Silvestrini

La Strategia Energetica Nazionale ha avuto il merito di imporre una riflessione su un tema cruciale per il futuro del Paese, cosa avvenuta raramente nel corso degli ultimi decenni. Uno degli elementi più criticati del documento è stata la limitatezza dell'orizzonte temporale esaminato, la fine dell'attuale decennio. È invece importante definire gli scenari di lungo periodo in modo da potere sapientemente indirizzare gli investimenti necessari.

Per questo motivo, è utile fare una riflessione su alcuni elementi destinati inevitabilmente a pesare sulle scelte che il nostro Paese dovrà compiere.

Iniziamo dal tema del *cambiamento climatico*, l'unica sfida ambientale i cui effetti continueranno ad accentuarsi anche in presenza di riduzioni delle emissioni, ma che potrà avere un esito catastrofico senza un intervento su scala mondiale. La possibilità che entro il 2015 venga siglato un accordo sul contenimento delle emissioni, evento che ovviamente rafforzerebbe le scelte che unilateralmente l'Europa ha già compiuto, sono più forti che in passato. Da un lato vi è, infatti, la posizione più decisa assunta dal presidente Obama nel suo secondo mandato, sollecitata da una pressione dal basso cresciuta dopo episodi come la siccità

del 2012 e l'uragano Sandy. Dall'altro si riscontra un progressivo mutamento dell'atteggiamento della Cina sempre più preoccupata sul versante ambientale e fortemente interessata al potenziamento di un mercato mondiale "green" nel quale le proprie industrie hanno conquistato posizioni di leadership. Uno scenario climatico di questo tipo implicherebbe una trasformazione radicale dei sistemi energetici e avrebbe forti implicazioni sulle scelte da compiere a livello interno e sulle opportunità di mercato a livello internazionale. C'è poi un altro tema di fondo destinato a incidere sulle scelte future e riguarda le disponibilità e le possibilità di utilizzo delle *risorse fossili*. Com'è noto la teoria del "Peak-oil" negli ultimi anni è stata offuscata dalle novità, provenienti dagli Usa, sulla produzione di *shale gas* e *shale oil*. Gli entusiasti fautori di questi nuovi approcci, basati sulla perforazione a grandi profondità e successiva fratturazione idraulica del sottosuolo con iniezione di acqua addizionata di agenti chimici, sostengono che garantiranno l'accesso a grandi quantità di combustibili a prezzi contenuti. Non c'è dubbio che sul medio periodo gli scenari cambieranno. Le aspettative però si stanno ridimensionando anche negli stessi Stati Uniti, che pure hanno già tratto grandi vantaggi da queste nuove tecniche. A parte gli aspetti ambientali, ci sono valutazioni critiche sul reale potenziale ed è possibile che i bassi costi di estrazione non si riusciranno a mantenere in futuro.

■ Gianni Silvestrini
Direttore scientifico Kyoto Club

Ma c'è un'obiezione di fondo ancora più decisiva. Per non superare l'incremento della temperatura di 2 °C, il limite indicato dalla comunità scientifica per evitare conseguenze climatiche catastrofiche (ma lo stesso ragionamento varrebbe anche accettando un incremento di 3 °C che ormai sembra lo scenario più probabile), una buona parte delle riserve fossili del Pianeta non potrebbero essere intaccate, a meno di un largo utilizzo del sequestro del carbonio, tecnologia che al momento presenta non poche difficoltà di sperimentazione, con costi e impatti tutti da verificare.

Un ultimo elemento di riflessione, destinato a condizionare gli scenari dei prossimi decenni alla luce dei vincoli climatici e di impiego dei combustibili fossili, riguarda il ruolo che avranno le *fonti rinnovabili*. Le prospettive di queste tecnologie sono drasticamente cambiate negli ultimi anni. In particolare, grazie alla decisione dell'Europa di adottare, a differenza di quanto era successo per il 2010, un target legalmente vincolante per la quota di energia verde al 2020.

L'esplosione internazionale delle installazioni eoliche e solari, il miglioramento dei rendimenti e, infine, la riduzione dei prezzi non ci sarebbero infatti stati senza la decisione europea. Questi successi favoriscono ora l'ulteriore espansione in tutto il mondo, in alcuni casi senza più bisogno di incentivi. Va poi segnalata la possibilità di portare l'elettricità agli 1,4 miliardi di persone che ancora non vi hanno accesso grazie alla riduzione dei costi del solare, impensabile solo 2-3 anni fa. Si veda l'esperienza di micro-credito di Grameen Shakti nel Bangladesh, che ha consentito nell'ultimo triennio di realizzare 700.000 impianti fotovoltaici. La definizione di nuovi obiettivi al 2030, in discussione in questo momento in Europa, favorirebbe scenari spinti di una decarbonizzazione senza rischi ambientali. Del resto, un numero crescente di Stati, Regioni, città, comunità locali e imprese sta già ponendosi l'obiettivo "100% rinnovabili" entro la metà del secolo.

C'è chi nella UE spinge per un unico target sui gas climalteranti lasciando libere le scelte tecnologiche per il suo raggiungimento (posizione contenuta nella SEN) e chi privilegia obiettivi anche per le rinnovabili e per l'efficienza energetica. Chi punta su nucleare e sequestro della CO₂ ovviamente preferisce il solo obiettivo sulle emissioni.

Scenari climatici, prospettive di uso dei fossili e potenzialità delle rinnovabili sono elementi di riflessione importanti. Lo scenario che si delinea a livello internazionale sembra destinato a rafforzare le scelte della "roadmap" europea di decarbonizzazione dell'economia e confermano l'importanza per l'Italia di collegarsi a essa. La trasformazione del sistema energetico riguarderà l'intero Pianeta e influenzerà le scelte di politica interna segnalando le opportunità strategiche su cui orientare lo sviluppo della ricerca e dei nostri comparti industriali.

E veniamo alla realtà italiana e alle prospettive che si aprono, partendo dal sistema elettrico, il segmento più investito dai cambiamenti e che svolgerà un ruolo crescente nei prossimi decenni. L'offerta è caratterizzata da un forte eccesso di potenza, da quote elevate di produzione da cicli combinati e da una generazione elettrica da rinnovabili che nel 2012 ha raggiunto il 32% della produzione interna. Si impone ora un deciso impegno per l'adeguamento quantitativo e qualitativo della rete per far fronte a un'offerta da fonti rinnovabili che alla fine del decennio sarà vicina al 40% e che al 2030 potrebbe coprire circa la metà della domanda elettrica del Paese. Un aspetto che diventerà progressivamente più importante è quello dell'accumulo, dall'utilizzo sistematico degli attuali sistemi di pompaggio alla creazione di nuovi impianti di stoccaggio di piccole dimensioni nel Centro Sud, alla diffusione di sistemi "fotovoltaici+accumulo" destinata a estendersi a partire dalla seconda parte del decennio. La riduzione del prezzo del gas, possibile grazie alla liberalizzazione del settore e alla realizzazione di alcuni rigassificatori in grado di intercettare metano a minor costo, potranno consentire alle centrali a ciclo combinato, al momento in forte difficoltà per il limitato numero di ore di funzionamento, di esportare parte della propria produzione in una Europa che progressivamente ridurrà la propria dipendenza dal nucleare. Le *rinnovabili termiche*, il gigante addormentato, si prestano poi a svolgere un ruolo molto più importante che in passato. È auspicabile che si inizino a intaccare nuovi segmenti di domanda, come quella del calore a media temperatura, un settore che potrebbe vedere la crescita di un'industria solare nazionale. Anche la domanda di biomassa per usi termici è destinata a svolgere un ruolo molto più importante con un incremento almeno del 40% entro la fine del decennio.

E qui si pone un tema delicato. Il nostro Paese vive infatti il paradosso di un patrimonio boschivo la cui superficie si è raddoppiata nel corso degli ultimi 50 anni passando a 5,5 a 10,4 milioni di ettari (36% della superficie nazionale), mentre il prelievo di legname si è dimezzato da 14 a 8 milioni m³/a. Questo spiega la dipendenza dall'estero anche per la filiera legno, con più di 2/3 del suo fabbisogno coperto dalle importazioni. Ma la possibilità di riequilibrare la situazione esiste. Secondo Col-diretti, per esempio, con una più corretta gestione delle foreste può essere prelevata una quantità di 24 milioni di tonnellate/a di biomassa equivalenti a 5,4 Mtep/a. Finora abbiamo parlato dell'offerta di energia, ma sia concettualmente che dal punto di vista operativo, la *razionalizzazione dei consumi* resta prioritaria. Un settore decisivo sul quale concentrare l'azione del nuovo Governo riguarda l'*edilizia*. Buona parte del nostro patrimonio presenta infatti caratteristiche termofisiche molto scadenti e circa la metà delle case consuma mediamente il triplo rispetto alle nuove costruite in modo efficiente. Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica hanno registrato risultati interessanti, ma limitati alla sostituzione di infissi, alle caldaie e al solare termico. Gli interventi di *coibentazione dell'involucro esterno* sono stati praticamente assenti. Le incentivazioni inoltre sono state limitate al patrimonio edilizio privato. Come ordine di grandezza, si consideri che nel 2010 sono stati effettuati 406.000 interventi, con investimenti per 4,6 miliardi €. Per il futuro occorrerà poi accentuare l'attenzione sull'*edilizia pubblica*, anche in relazione all'obbligo di riqualificare energeticamente almeno il 3%/anno delle costruzioni di proprietà pubblica previsto dalla nuova Direttiva sull'efficienza energetica. Peraltro, il recepimento di questa importante norma europea offrirà nei prossimi mesi significative opportunità per rendere più incisive le politiche dell'efficienza. Occorrerà poi trovare soluzioni nuove per estendere la riqualificazione agli interi edifici e superare la barriera degli investimenti iniziali attingendo al capitale privato. Alcune esperienze straniere come "Pace" negli Usa o il "Green Deal" nel Regno Unito si muovono in questa direzione. Sarebbe utile una riflessione sulla possibilità di adattare questi schemi al nostro Paese. E possiamo infine al settore più problematico della

strategia di decarbonizzazione, quello dei trasporti, anormalmente spostati verso la mobilità su gomma. A livello europeo è prevista una riduzione delle emissioni di CO₂ del 60% rispetto al 1990 (del 70% rispetto al 2010). Gli interventi in questo campo possono e debbono essere molteplici. Il potenziamento del trasporto pubblico locale e il trasferimento delle merci su ferro e su nave sono obiettivi che vengono sempre ribaditi ma che hanno bisogno di priorità sugli investimenti delle infrastrutture per ottenere risultati significativi. Il miglioramento complessivo dell'efficienza del parco veicolare indotto dagli obiettivi di efficienza individuati a livello europeo faciliterà notevolmente il processo di decarbonizzazione. Alla fine del decennio verranno immessi sul mercato veicoli con una emissione media di 95 g CO₂/km, contro i 140 g/km medi delle auto vendute nel 2010, con una riduzione del 32%, e obiettivi ancora più incisivi sono previsti per il 2030. Una quota crescente dell'alimentazione dei mezzi di trasporto dovrà passare da benzina e gasolio a biocarburanti e alla trazione elettrica. L'Italia ha maturato competenze originali nella produzione di etanolo da cellulosa e potrà contare in futuro su quote non marginali di biometano. Sul lungo periodo i veicoli elettrici nelle versioni *plug-in* svolgeranno inoltre un addizionale ruolo importante per bilanciare la rete elettrica. Va peraltro notato come il nostro Paese, tradizionalmente caratterizzato da consumi specifici molto bassi nei nuovi veicoli (secondo dopo il Portogallo nel 2003), sia scivolato al sesto posto in Europa nel 2011. Una delle spiegazioni viene dalla mancanza di una tassazione che penalizzi le auto energivore. Non bisogna poi dimenticare gli interventi soft, gestionali più che tecnologici. È infatti auspicabile un forte rilancio del *car sharing* che ha fatto il suo rodaggio in una decina di città italiane ma che deve accrescere il suo ruolo come è avvenuto in realtà molto diverse tra di loro come la Svizzera e gli Usa. E anche l'uso della bicicletta in un mondo *low carbon* dovrà essere notevolmente potenziato. Queste rapide pennellate fanno capire come ci si avvii a profonde trasformazioni in una fase di crisi economica che potrebbe non essere congiunturale. Dunque le scelte energetiche, nell'edilizia, nella mobilità devono fare i conti con l'attuale delicato contesto e svolgere, quando possibile, anche una funzione anticiclica. ●

Danish energy policy and the new long term Energy Agreement

■ Claus Andersen

Introduction

In March 2012 a historic new Energy Agreement was reached in Denmark. The Agreement contains a wide range of ambitious initiatives, bringing Denmark a good step closer to the target of 100% renewable energy in the energy and transport sectors by 2050.

Denmark has started the green transition almost 40 years ago. Denmark has a long tradition of active energy policy, initiated by the first oil crisis in 1973. Over the years, numerous actions have been taken on the basis of a broad consensus in the Danish Parliament - both in order to reduce the energy consumption and in order to increase the share of renewable energy.

The results have been significant and convincing: the Danish experience shows that through persistent and active energy policy focused on enhanced energy efficiency and ambitious deployment of renewables, it is possible to sustain high economic growth and at the same time reduce fossil-fuel dependency and protect the climate and the environment. Since 1980, the Danish economy has grown by around 80% while energy consumption has remained more or less constant and CO₂ emissions have been reduced. In terms of production, Denmark is one of the most efficient users of energy compared with the other EU Member States and OECD countries.

However the new Energy Agreement moves us up a gear, with huge investments up to 2020 in energy efficiency, renewable energy and the energy system. Results in 2020 include approximately 50% of electricity consumption supplied by wind power, and more than 35% of final energy consumption supplied from renewable energy sources.

No energy agreement has ever been reached by a

larger and broader majority in the Danish Parliament than this one; and no Danish energy agreement has previously covered such a long time horizon. In other words, a solid framework has been provided for the huge private and public investment to be made in the years to come.

The long-term goal for Danish energy policy is clear: the entire energy supply – electricity, heating, industry and transport – is to be covered by renewable energy by 2050. Only by improving energy efficiency, electrifying our energy consumption and expanding supply from renewables will it be possible to phase out fossil fuels completely. The initiatives in Denmark's Energy Agreement for the period 2012-2020 cover these crucial areas.

These are the headline results for 2020:

- more than 35% renewable energy in final energy consumption
- approximately 50% of electricity consumption to be supplied by wind power
- more than 7% reduction in gross energy consumption in relation to 2010
- 34% reduction in greenhouse gas emissions in 2020 in relation to 1990, bringing us a good deal closer to the ambitious climate target of the Danish Government: to reduce our greenhouse gas emissions in 2020 by 40% compared to 1990.

Consequently, in 2020 the Danish enterprises and households will be significantly less dependent on scarce and expensive fossil fuels.

■ Claus Andersen
Senior advisor, Danish Energy Agency

A more energy efficient Denmark

A crucial element in the transition to 100% renewable energy will be that Denmark uses less energy by switching to more energy efficient technologies. Otherwise, economic growth will push up energy consumption and make it disproportionately expensive to expand the share of renewables in the energy supply. Moreover, investment in more energy efficient technology will often quickly pay itself back.

It is especially important to invest in retrofitting buildings. Extensive retrofitting is only carried out a few times in the life span of a building.

Initiatives to make energy consumption more efficient:

- large increase in energy savings realised by energy companies. Energy companies are obliged to realise energy savings in enterprises and households by offering subsidies or consultancy, for example. The initiatives will target industry and buildings
- a comprehensive strategy for energy retrofitting of all Danish buildings will be presented in 2013.

Wind power and new energy technologies

Denmark has sufficient renewable energy resources to satisfy energy consumption in the long term. The Energy Agreement ensures a substantial expansion of wind power in particular, corresponding to the annual electricity consumption of 1½ million households. Consequently, approximately 50% of Danish electricity consumption will be covered by wind power in 2020. In comparison, the share was 2% in 1990 and 28% in 2011.

Initiatives to expand renewable energy production:

- 1000 MW offshore wind turbines in bidding rounds with consumer paid subsidies
- 500 MW offshore wind turbines in coastal areas (also in bidding rounds)
- new planning tools will encourage an increase in net capacity of 500 MW onshore wind power
- in total an increase of 2000 MW in addition to the current capacity of wind turbines of around 4000 MW.

In order to transform the energy system intelligently and cost-effectively, continuous research, development and testing of new technological solutions is needed. Initiatives include:

- 7.8 million € has been committed to funding the deve-

lopment and use of new renewable energy technologies for electricity production (solar, wave power, etc.)

- 4.5 million € has been committed to funding the development and use of new renewable energy technologies in district heating (large heat pumps, geothermal energy, etc.).

The parties behind the Energy Agreement stress that efforts to uphold a high level of research, development and demonstration in green energy technology in areas with commercial and growth potential should be maintained. Investing in new green technologies contributes to building Denmark's future prosperity.

Renewable energy in industry, buildings and transport

Consumption by industrial processes is also to be converted to renewable energy. Therefore, the Energy Agreement has laid down the following:

- a new green business scheme of 32.5 million € in 2013 and 65 million € per year from 2014 to 2020 will promote the efficient use of renewable energy in enterprises
 - 3.9 million € per year from 2013 to 2020 has been committed to maintaining and promoting industrial Combined Heat and Power (CHP) in industry and greenhouses.
- The Energy Agreement contains a number of initiatives which will reduce individual heating based on oil and gas in buildings substantially and promote renewable alternatives:
- a halt to installation of oil-fired and gas-fired boilers in new buildings from 2013
 - a halt to installation of oil-fired boilers in existing buildings from 2016 in areas with district heating or natural gas
 - 5.46 million € has been committed to fund the conversion from oil-fired and gas-fired boilers in existing building to renewable alternatives (solar, heat pumps, etc.)
 - a comprehensive analysis of the future alternative use of the gas infrastructure will be presented in 2013.

Today, the Danish transport sector runs almost entirely on fossil fuels. Conversion to renewable energy in transport is a tremendous challenge. In the longer term, electric cars will be important. In the short term, biofuels will play a role. Initiatives to promote the green transition in the transport sector are:

- 9.1 million € to establish more recharging stations for electric cars and to promote the infrastructure for hydrogen cars, etc.
- a strategy for the promotion of energy efficient vehicles
- fuels must contain 10% biofuels in 2020
- 1.95 million € to continue the pilot scheme for electric cars.

As a result of the initiatives in the Energy Agreement, Denmark's total use of oil, coal and gas will be reduced by approximately 25% in 2020 in relation to 2010.

Bioenergy in Danish energy supply

Biomass is an important replacement for coal. In the long term, biomass will also be a vital element for flexible electricity production and for the transport sector. Initiatives in the Energy Agreement to increase the consumption of biomass include:

- conversion from coal to biomass at large-scale CHP plants will be made more attractive by allowing producers and consumers to make price agreements
- an analysis of the future role of district heating in the energy system will be presented in 2013
- an analysis of the use of bioenergy in Denmark will be presented in 2013. The analysis will focus on the effective and sustainable use of the Danish biomass resources for energy purposes.

An important challenge for Denmark is to ensure the expansion of biogas. Biogas is useful in the energy system, and the technology reduces environmental problems. The ambitious plan for biogas expansion is underpinned by a number of initiatives in the Energy Agreement including increased subsidies. A task force has been established with the aim of studying and supporting specific biogas projects. If the required number of new biogas projects is not realised in 2012 and 2013, the parties behind the Energy Agreement will discuss further options, e.g. a proposal for a duty to purchase biogas in order to secure expansion.

“Smart grids”

Due to the increasing share of wind power in the Danish energy system, electricity will be a main energy carrier in the future. However wind power is volatile and energy storage is still expensive. Consequently, initiatives in the Energy Agreement point towards tran-

sforming and future-proofing the energy system:

- a strategy for smart grids in Denmark will be presented in 2013
- Agreements will be established with grid companies on the installation of intelligent, remotely readable hourly electricity meters
- new electricity transmission lines between Denmark and Germany
- a comprehensive analysis of the continued functionality of the grid with an increased share of wind power in the system will be presented in 2013
- a thorough analysis of the regulation of the Danish electricity supply sector will be carried out to ensure incentives for green conversion, cost effectiveness, competition and consumer protection

Financing the initiatives in the Energy Agreement

The Energy Agreement requires financing. The total financing requirement amounts to 0.45 million € in 2020. The initiatives are to be fully financed. The Agreement thus stipulates the following:

- energy saving initiatives by energy companies will be financed via the companies' tariffs and thus through consumers' energy bills
- the expansion of renewables in electricity production such as offshore and onshore wind turbines will be financed through the Public Service Obligation schemes (PSO) which are a supplement to the price of electricity paid by all electricity consumers. In addition, there is a new gas PSO scheme, collected through the gas bills, which finances subsidies for renewable energy for the gas grid
- as the consumption of fossil fuels drops, state revenues from taxes on coal, oil and gas will also drop correspondingly. Therefore, a new “security of supply tax” will be introduced on all fuels – biomass and fossil – for space heating. This new tax will also finance some of the subsidies for renewable energy which cannot be financed via the PSO schemes.

These expenditures are seen as investments in the future. Apart from the improvements in global climate impacts, the reduced use of fossil fuels in final energy consumption in 2020 have been estimated to amount to more than 0.78 million € per year.



Figurative art, perception and hidden images in inverse perspective

Perspective is a mix of geometry and psychology of perception used by artists to construct images of the world. Inverse perspective, or anamorphosis, is a geometric procedure for drawing an image that appears distorted and indecipherable when seen frontally, the image becoming intelligible only from an eccentric viewpoint and/or when reflected by a curved mirror. This procedure involves a dazzling interplay of geometry, figurative art, perspective and psychology of visual perception. In this paper we present a review of inverse perspective and anamorphosis, starting from Renaissance and Baroque till the present days, when anamorphic techniques are applied to the “3-D street art”, to advertisements and to the psychology of perception, for which “the only reality we experience is brain reality”

■ Paolo Di Lazzaro, Daniele Murra

Arte figurativa, percezione e immagini nascoste nella prospettiva inversa

La prospettiva è una miscela di geometria e psicologia della percezione visiva usata dagli artisti per rappresentare il mondo che ci circonda. La prospettiva inversa, o anamorfosi, è una procedura geometrica per disegnare un'immagine che appare distorta e indecifrabile se guardata frontalmente e che diviene intellegibile solo da un punto di vista eccentrico e/o viene riflessa con uno specchio curvo. Viene qui presentata una rassegna della prospettiva inversa dal Rinascimento ai giorni nostri, in cui le tecniche anamorfiche sono utilizzate nelle opere d'arte prospettica su strada, nella pubblicità e nella psicologia della percezione, per la quale la sola realtà che cogliamo è quella percepita dal cervello

Historical approach to anamorphosis

The process of deforming a shape, so that it is recognizable only from a privileged position, dates back to the second half of the fifteenth century. The distorted face of a child in the Codex Atlanticus of Leonardo da Vinci, dating from the 1480s, is the earliest known definitive example of anamorphosis. In the Codex A Leonardo illustrates a technique to construct

an anamorphosis making use of a hole through which a light source projects the shadow of the object to be drawn on a surface^[1]. Leonardo defines this technique “accidental perspective” as opposed to the “natural perspective”, because distant objects are drawn larger than near objects, contrary to what we observe in reality. Actually, a simple anamorphosis had already been painted in 1472 by Piero della Francesca in his Pala di Brera. In this masterpiece, the suspended egg that appears on the background turns into a perfect sphere when viewed at a grazing incidence from the bottom, and Piero della Francesca describes the artifice in *De prospectiva pingendi*^[2]. A more sophisticated anamorphosis was drawn by Hans Holbein the Young

■ Paolo Di Lazzaro, Daniele Murra
 ENEA, Technical Unit for Radiation Application Development

yellowish tinge, which reproduces a coastal landscape, a gulf crossed by a small sailing boat (see Fig. 2). Looking carefully, we see small houses and roads against the backdrop of terraced hills and oddly shaped clouds. We also recognize tufts of grass in the foreground. All the details (boats, houses, grass) are represented in an elementary way, but the overall set of lines and soft curves has its own stylistic consistency^[8]. After a door, beyond which the fresco continues with an olive tree, we turn behind: all the lines that made up the coastal landscape in the fresco reassemble in the figure of St. Francis of Paola, kneeling and praying, see



FIGURE 2 Central view of the fresco of Maignan. Photo by the authors



FIGURE 3 The fresco of Maignan, as seen from the perspective viewpoint. The horizontal lines visible in Fig. 2 are recomposed forming the portrait of S. Francesco di Paola kneeling and praying

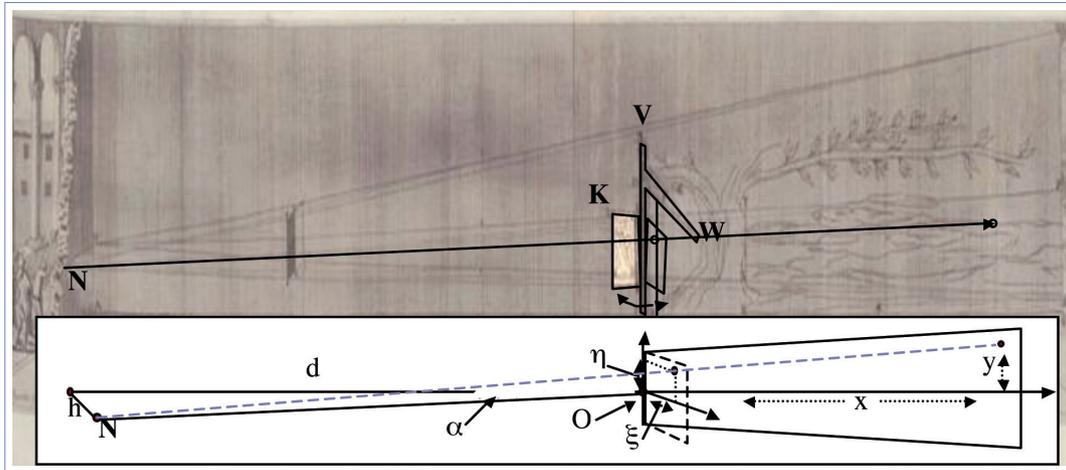


FIGURE 4 Diagram of the procedure followed by Maignan to draw the anamorphosis of S. Francis of Paola. Revised by the authors from the original sketch in [7]. The inset below shows the reference system we used to deduce the equations (1) mapping a drawing into its perspective anamorphosis

Fig. 3. The houses and boats disappear, overwhelmed by the shape of the saint.

The view of the Maignan painting from the perspective point gives the illusion that the image of the Saint leans out of the wall. The photo in Fig. 3 returns only partially this illusion, because only the direct observation of the fresco allows the eye to adapt the vision with small movements around the point of perspective, thus achieving an effect that, in the words of Leonardo^[1] *non ti potrà mai persuadere che detta figura non sia dispiccata dal muro (no one will ever persuade you that this figure is not lifted from the wall)*.

The illusion of a pattern leaning out of the wall is typical of anamorphic drawings. This is a consequence of the apparatus used to paint anamorphic frescos, and Fig. 4 shows the one exploited by Maignan.

The portrait of the saint is placed on the board LK, which is hinged on the vertical axis V leaning on the wall and can rotate by 90°. Along a plumb line hanging on the bar W perpendicular to the wall, a small sphere can be locked at the desired height in order to identify the reference points of the portrait. From N a wire is pulled passing in close proximity to the sphere to reach the wall, where the corresponding point of the portrait is reported. Once we mark all points on the wall, joining them we get the anamorphic figure.

In this way, the observer placed in N will perceive a drawing that leans out of the wall, just as if there was a canvas perpendicular to the wall. This is because, unlike classical perspective where the canvas is like a window through which we see the subject, in the anamorphosis the window is reconstructed by our mind placing it where the painter had put the drawing before projecting it on the wall, as shown in Fig. 4.

In addition to the geometrical procedure by Nicéron illustrated in Fig. 1, we can obtain the analytical equations which map points (ξ, η) of a drawing to points (x, y) on the anamorphic plane. With reference to Fig. 4 (where the origin of coordinates of both the drawing and its anamorphosis is located at the letter 'O'), simple calculations give the coordinates of the anamorphic deformation as

$$\begin{cases} x = \frac{h\xi}{(h-\xi) \cdot \tan(\alpha)} \\ y = \eta \cdot \sqrt{\frac{(d+x)^2 + h^2}{(h-\xi)^2 + d^2}} \end{cases} \quad (1)$$

where h is the distance of the observer N from the wall, α is the elevation angle of the observer (that is, the angle between the wall and the horizontal line joining the observer to the vertical axis V), d is the distance

between the original drawing and the projection of N on the wall, η is the coordinate of the vertical displacement of the point on the original drawing with respect to the height of the observer in N, ξ is the other coordinate of the same point, perpendicular to η . The deformation effect is proportional to the ratio $R=x/\xi$, that is, to the term:

$$R = \frac{h}{(h-\xi)\tan(\alpha)} = \frac{d}{h-\xi} \quad (2)$$

From Eq. (2), to obtain a very large deformation α should be very small (if $\tan(\alpha) \rightarrow 0$, then $R \rightarrow \infty$) or $h \geq \xi$

(if $(h-\xi) \rightarrow 0$, then $R \rightarrow \infty$). On the contrary, when $\alpha \rightarrow \pi/2$, the line of sight is almost perpendicular to the wall, $\tan(\alpha) \rightarrow \infty$ and all the x coordinates of the anamorphic image go to zero, thus collapsing the anamorphosis.

Anamorphosis by reflection

In addition to anamorphoses by perspective deformation, it is possible to create catoptric anamorphoses, so as to reconstruct the original image by observing the anamorphosis reflected by a suitable mirror^[9]. Even in this case, Nicéron was the first to provide geometric rules to implement cylindrical, conical and pyramidal anamorphic drawings^[4]. In the case of conical anamorphosis, the original picture is inside a circle divided into 36 sectors by 3 diameters and 6 concentric circles, as shown in Fig. 5 (the picture is not shown in the sketch). These sectors are reported at the basis of a cone (letters H,I,K,L,M in Fig. 5) and from each point which delimits sectors, a line is drawn to the observer's point E. The intersection of each line with the cone gives the point of reflection, from which it is easy to find the corresponding point on the anamorphic plane where the cone is placed. For example, in Fig. 5 the point M at the basis of the cone

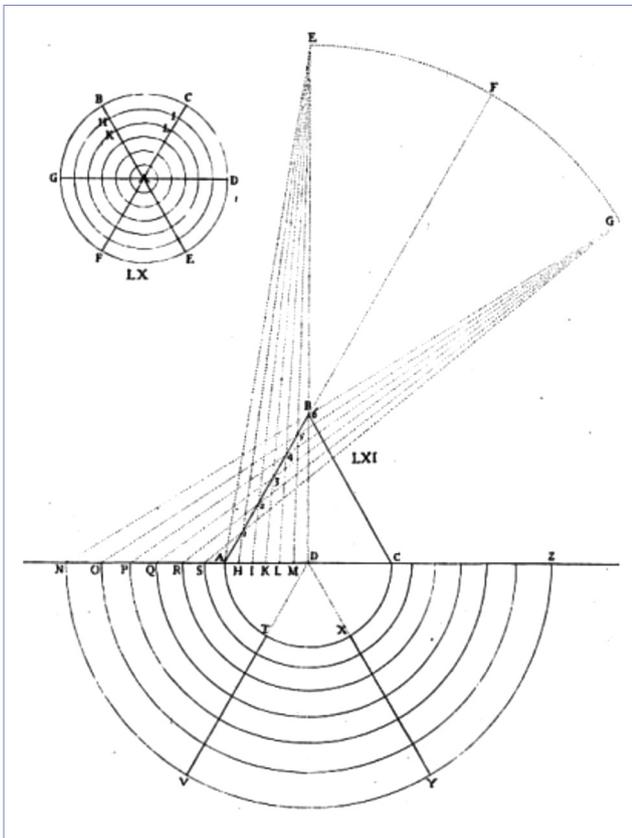


FIGURE 5 Geometrical construction of an anamorphosis by conical deformation. Above left: division of the original circled figure in sectors. Below: side view of the conical mirror and top view of anamorphic sectors. See text for explanation
Source: [4]

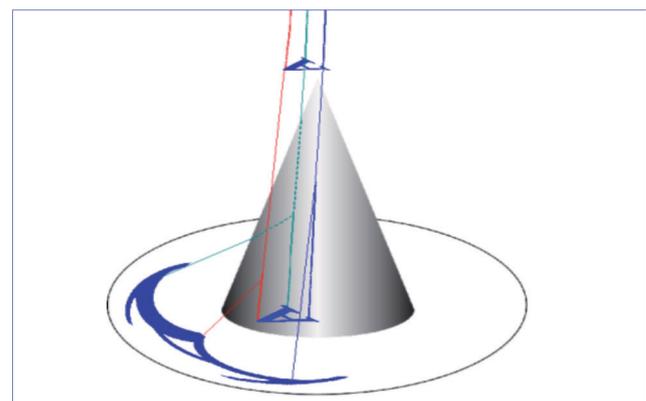


FIGURE 6 The observer above the cone apex perceives the anamorphic letter A drawn next to the conical mirror as if it were drawn not distorted and upside down at the base of the cone. The lines show the path of the rays reflected by the conical mirror towards the observer and their ideal continuation to the base of the cone, as seen by the observer
Source: ENEA



FIGURE 7 Left: Detail of Canova's sculpture *Psyche Revived by Cupid's Kiss*. Middle: anamorphosis by conical deformation of the image on the left. Right: after placing the conical mirror in the middle, the observer above the apex of the mirror perceives the undistorted image as if it was at the base of the cone

Source: ENEA

corresponds to point O in the plane, K to Q, H to S, and so on. In this way, each sector of the original circle is anamorphically deformed in sectors of annuli having different radii.

The original picture becomes visible when observing from the point E the anamorphic drawing reflected by a conical mirror put in the central half-circle of Fig. 5. Due to the shape of the mirror, the anamorphic drawing by conical deformation looks scrambled and upside down (see two examples in Figs. 6 and 7).

In mathematical terms, the conical anamorphosis is a mapping of concentric rings of radius r transformed to rings of radius r' when reflected off the conical surface. The exact relation between r' and r is given by

$$r' = r + 2h \left(\frac{\rho - r}{\rho - hA} \right) \left(\frac{1 - AB - A^2}{B + 2A} \right) \quad (3)$$

where h is the height of the cone, ρ is the base radius of the cone, $A = r/(d+h)$ where d is the distance between the observer and the cone apex, and $B = (h^2 - \rho^2)/(\rho h)$. Due to geometrical constraints, $r' > \rho > r$ and $h > \rho$.

When the observer (point E in Fig. 5) is at a distance $d \gg h$, (a not unreasonable assumption in practice)

from Eq. (3) $A \rightarrow 0$, and the relation between r and r' is approximated by the simple formula

$$r' = r + 2h \left(1 - \frac{r}{\rho} \right) \left(\frac{1}{B} \right) = r + 2h^2 \frac{\rho - r}{h^2 - \rho^2} \quad (4)$$

In the anamorphosis of Fig. 7, the parts far from the centre of the original image (e.g., hair of Psyche and Cupid, arms of Psyche) are upside down but still recognizable, whereas the parts close to the centre (e.g., nose, mouth and chin of both Cupid and Psyche) are spread along the whole circumference of the anamorphic drawing, making them impossible to decipher without the conical mirror.

The anamorphosis by cylindrical deformation follows a similar procedure but a different mapping, so that the anamorphic figure is less deformed and easier to decipher than the conical one. An example is shown in Fig. 8, where a metallic cup acts as a cylindrical mirror.

Although anamorphosis may appear a mere play for the purpose of eliciting a pleasant surprise, the scientist, artist and politician Pietro Accolti (XVII century) reveals that anamorphic techniques were used to code secret writings and sketches^[10]. In a

letter, a sentence or a drawing was camouflaged by anamorphosis, which became readable only when looking at grazing incidence its reflection by a mirror placed perpendicular to the paper, thus revealing the true content of the letter.

Anamorphoses today

Nowadays the most common examples of anamorphosis are advertisements on soccer fields and around the motor-racing tracks in Formula 1. These are banners drawn distorted on the ground, that, when framed by the camera (*seen by a single foramen*) which broadcasts the event, appear on television screens as classic billboards, standing up and well-proportioned.

However, the most stunning examples of modern anamorphic art are made by artists “on the road”, who draw anamorphoses on squares, streets and buildings. The dimensions of these artworks are impressive, up to several hundreds of square meters, and the perspective effect is amazing (see the example of Figs. 9 and 10).



FIGURE 8 Modern example of cylindrical anamorphosis. The anamorphic writing on the dish “tea” becomes readable when the observer looks at its reflection by the cylindrical metal cup
Source: <http://richardjohn.com.br/links/figurahumana/exercicios/anamorfose.html>



FIGURE 9 “Grabber machine”, anamorphosis on the road made by Leon Keer during the Chalk Festival in Sarasota, (USA), November 2012. The spectators in the background reveal the huge size of the drawing. Note the powerful 3D illusion of the figures “sitting” near the (real) child



FIGURE 10 The same drawing of Fig. 9 from the position opposite to the perspective point. Here we can appreciate the anamorphic distortion of the drawing that is astonishing for its size and development. At first glance, it is hard to believe that this photo is a different view of Fig. 9



FIGURE 11 The “ephemeral garden” featured in front of Paris’ city hall, where it was exposed from June 24 to July 17, 2011. Left: the garden from the square. Right: the same garden from the perspective point, placed over two meters above the ground. The size of the person placed near the “north pole” of the “globe” reveals the true size of the garden. Or does it reinforce the idea that we are looking at a globe?
 Source: [11]

An original form of anamorphic art is the “ephemeral garden” by François Abélanet. Apparently, it is a normal garden extending for fifteen hundred square meters, with a rolling terrain and several trees and paths. When observed from the perspective point of view, placed two meters above the level of the square, the garden is transformed and recomposed into a green globe crossed by thin vertical and horizontal

lines representing meridians and parallels (see Fig. 11). This beautiful work of anamorphic art can be seen in the video^[11]. Art and advertisements are not the only applications of modern anamorphoses. As an example, psychology uses anamorphosis to study how our visual perception is conditioned by shapes and past experience. A famous “case study” is the distorted

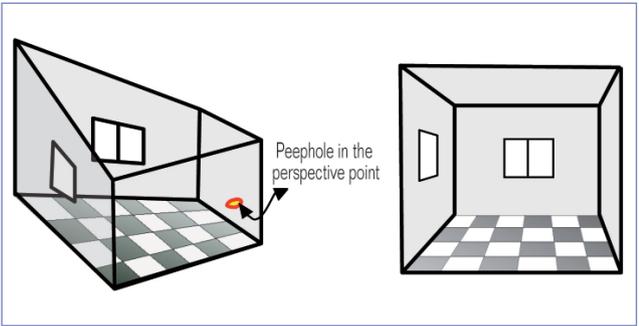


FIGURE 12 a) The distorted room of Ames. b) The same room appears normal in shape if observed through the peephole positioned in the perspective point: it is a three-dimensional anamorphosis.
 Source: ENEA

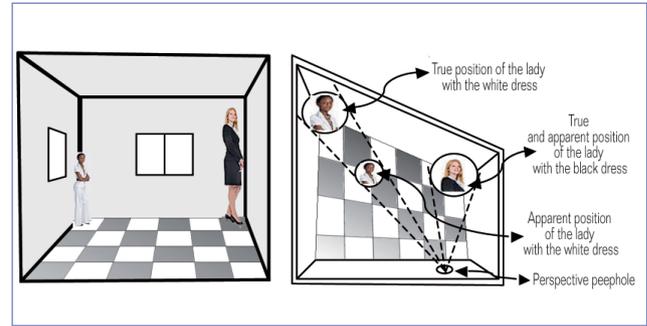


FIGURE 13 Left: two persons of identical heights appear very different when standing at the corners of the wall opposite to the observer in the Ames room of Fig. 12. On the right: top view of the Ames room: the perspective explains why persons appear different. The concept of inverse perspective described in §2 applies to the lady with the white dress
 Source: ENEA



room designed by Adelbert Ames^[12]. It is a room having the left wall longer and higher than the right wall, or vice-versa. Consequently, the wall opposite to the observer is an oblique trapezoid, and the ceiling, or the floor (or both) are at an incline. The windows on the walls are also trapezoids (see Fig. 12a). If we look at the room through a peephole, we lose the binocular vision that gives us the perception of depth. When the peephole is positioned in the perspective point, the room appears normal in shape (see Fig. 12b).

Two persons of identical heights, when standing in each corner of the wall opposite to the observer, appear of clearly different height, because they are at different distances from the observer and their heads are at a different distance from the ceiling (Fig. 13). The observer perceives an ambiguous situation, which allows two possible interpretations. The feeling that the room “must” be regular dominates the perception, and our brain prefers to admit that we are observing a dwarf and a giant rather than two normal persons in a deformed room. Amazingly, when people shrink or grow as they move from one corner to another, the evident contradiction does not influence our assumption that the room is normal.

One can therefore understand how the anamorphosis of the Ames room has provided important information on the psychology of visual perception, e.g., the priority given to the topologically invariant characteristics (we are sure to see a room normal in shape) with respect to Euclidean properties (we don't attribute the change of people heights to the change of their distance from us), the importance of the phenomenon known as the “constancy of dimensions”, and how our mind tends to see what it expects or wants to see.

The construction of the Ames room requires a careful design, because all five trapezoidal walls are inclined, none is parallel or perpendicular to the others, and finally both shape and position of doors, windows, frames and objects in the room play an important role in the perception of the three-dimensional anamorphosis. The authors of this paper have designed a distorted room which was presented in the RAI program Geo Science that can be seen in the video^[13], and have also carried out

various perspective anamorphoses presented in RAI broadcasts; some of them can be seen in the video^[14]. Over the last few decades the term “anamorphosis” has been related to several types of deformations^[9], e.g., coordinate transformations and projections used in cartography, or the so-called anamorphic lenses used in the movie-cameras that compress the images laterally in the standard 35-mm films and re-expand them during the projection in Cinemascope, or horizontal markings on roadways, or the transformation of functions by change of variables in nomography, or the transformation of biological organisms into more complex forms, and even caricatures. In our opinion these are arbitrary extrapolations of the concept of anamorphosis. In agreement with Nicéron^[4], the anamorphosis is a deformation that is corrected by the perspective or by mirror reflection when looking at the object from a particular position from which the figure is formed again. As in the examples above there are not perspective points, they are not anamorphoses in the original sense of the term.

Concluding remarks

Anamorphosis is a small but fascinating chapter of perspective, a mix of psychology of perception and geometry used by artists to draw images that appear indecipherable when seen frontally and become intelligible only from an eccentric viewpoint, and/or when reflected by a curved mirror. The period from the Renaissance to the Baroque was characterized by detailed studies of the inverse perspective, which allowed artists to challenge the pleasure of the illusion, of the weird perspective, of the search of surprise able to generate the wonder of observers and to code secret writings and sketches^[8, 10]. Most of large-scale anamorphoses and trompe l'oeil were made between 1500 and 1700 and include the apse of the church of S. Maria presso San Satiro in Milan by Donato Bramante, the perspective scenes of the Teatro Olimpico in Vicenza by Vincenzo Scamozzi, the false dome and ceiling of the church of S. Ignazio in Rome by Andrea Pozzo, the gallery of Palazzo Spada in Rome by Francesco Borromini.

Nowadays, anamorphic techniques are successfully used by artists of the “street art”, like Kurt Wenner, Julian Beever, Manfred Stader, Edgar Muller, Eduardo Relero, François Abélanet and Leon Keer. A web-search of their names leads to photos and videos of amazing anamorphic artworks having a great visual impact. The study of the perception of three-dimensional anamorphoses like the room of Ames has provided

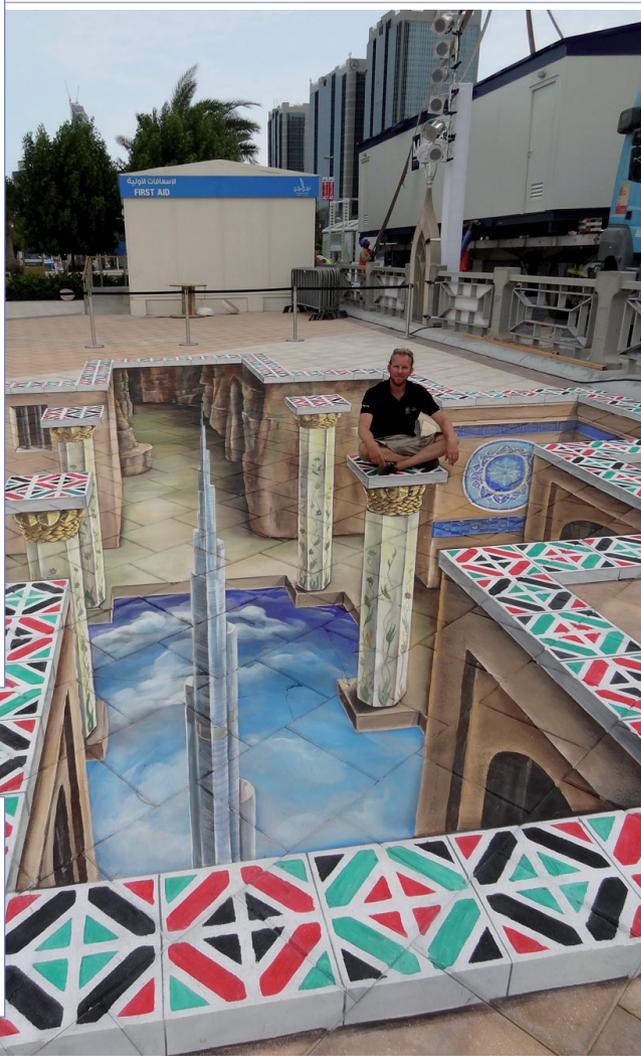
important information on various aspects of the psychology of human perception, paving the way forward for the most recent developments in neuroesthetics. According to the neurobiologist Prof. Semir Zeki^[15], Because all art obeys the laws of the visual brain, it is not uncommon for art to reveal these laws to us, often surprising us with the visually unexpected.

references

- [1] Leonardo da Vinci, Codex A (2172) of Istituto di Francia (circa 1515), fol 42v.
- [2] Piero della Francesca, “*De prospectiva pingendi*” (circa 1475) fol 98v-99r.
- [3] Painting “The ambassadors”: <http://www.nationalgallery.org.uk/paintings/hans-holbein-the-younger-the-ambassadors>
- [4] Jean François Nicéron, “La perspective curieuse, ou magie artificielle des effets merveilleux de l’optique par la vision directe...” (Paris, 1638).
- [5] Athanasius Kircher, “*Ars Magna lucis et umbrae*” (Roma, 1646) Liber II Pars II, Propositio VIII, pp. 183-184.
- [6] Giovanni Paolo Lomazzo, “*Trattato dell’arte della pittura, scultura ed architettura*” (Milano, 1585 Sesto Libro, cap. XIX, pp. 335-336).
- [7] Emmanuel Maignan, “*Perspectiva horaria, sive de horographia gnomonica*” (Roma, 1648).
- [8] Paolo Di Lazzaro and Daniele Murra, “*L’anamorfose tra arte, percezione visiva e prospettive bizzarre*” Technical Report ENEA RT/5/2013.
- [9] Martin Gardner, “*Anamorphic art*”, Scientific American, 232, 110-116 (January 1975).
- [10] Pietro Accolti, “*Lo inganno degli occhi*” (Firenze, 1625) cap. XXXVI p. 48.
- [11] The ephemeral garden of Abélanet: www.youtube.com/watch?v=zbislrtrfrgs
- [12] Biography of Prof. Ames: http://en.wikipedia.org/wiki/Adelbert_Ames,_Jr.
- [13] The Ames room made by authors and presented in the RAI TV science broadcast “Geo Scienza”: <http://www.rai.tv/dl/RaiTV/programmi/media/ContentItem-75d28411-7121-4af8-a302-39d71ca63eef.html#p=> and on www.tvrit.it/enea/20120228-RAI_3-COSE_DELLALTRO_GEO_1555-174503505a.ASF
- [14] Various anamorphic objects made by authors and presented in the RAI TV science broadcast “Geo Scienza”: <http://www.rai.tv/dl/RaiTV/programmi/media/ContentItem-9013d9a5-7baa-4499-a34f-b9277709a6cd.html#p=> and on http://www.tvrit.it/enea/20121004-RAI_3-GEO_SCIENZA_1705-185917236a.ASF
- [15] The neuro-aesthetics: <http://www.neuroesthetics.org/statement-on-neuroesthetics.php>

image credits

- Figures 1 and 5: reference [4].
 Figure 4: reference [7], Liber Tertius, Propositio LXXVII, p. 438.
 Figure 8: <http://richardjohn.com.br/links/figurahumana/exercicios/anamorfose.html>
 Figures 9 and 10: <http://www.streetpainting3d.com/en>
 Figure 11: reference [11].





Separation chemistry: tool to improve the recovery of raw materials from waste

The economy activity is increasingly harmful to the environment therefore changes are needed and in particular more support for cleaner technologies will be necessary, in the future, to stimulate the transition to a sustainable economy. The objectives? To reduce risk for health and environment by preventing pollution where it is generated. From this point of view separation technologies can give an effective advantage and in particular where “recycling” and/or “minimisation” have the priority. Development of more efficient process technologies for the internal reuse of waste (substitution of raw material) must be stimulated. Furthermore, an incremental extension of efficiency improvements for the productive processes is required to increase competition in a market characterized by oversupply, or rather the client chooses. In this paper the application of separation processes to improve recycling materials has been analyzed from the economical and environmental viewpoint

■ Loris Pietrelli

Chimica delle separazioni: uno strumento per migliorare il recupero di materie prime dai rifiuti

Per ridurre l'impatto delle attività economiche sull'ambiente sono necessari cambiamenti radicali e mirati. Il supporto di tecnologie pulite è pertanto necessario per stimolare la transizione verso un'economia sostenibile. Da questo punto di vista le tecnologie di separazione, o meglio ancora la chimica delle separazioni può dare un vantaggio efficace e, in particolare, dove “riciclo” e/o “minimizzazione” hanno la priorità. Nell'ambito del trattamento dei rifiuti l'utilizzo di tecniche separative efficienti permette di recuperare materie prime preziose salvaguardando le risorse naturali. Il miglioramento dell'efficienza dei processi produttivi rappresenta inoltre un'opportunità ulteriore per essere competitivi in un mercato caratterizzato da eccesso di offerta. In questo lavoro sono riportati esempi di applicazione di processi di separazione utilizzabili nell'ambito del trattamento e riciclaggio di rifiuti

Introduction

The degree of environmental stress is widely known and it is clear that the present level of impact of the human activities on the environment cannot be provided

without causing unacceptable damage to our planet. From the end of the last century many Institutions have made the same warning: “we cannot continue our present methods of using energy, managing forests, farming, protecting plants and animal species, managing urban growth and producing industrial goods”^[1]. The spontaneous reaction of the scientific community to balance industrial development and sustainable use of natural resources, was the creation of the “industrial

■ Loris Pietrelli
ENEA, Technical Unit for Environmental Technologies

ecology” concept^[2]. It seems to be a contradiction in terms probably because we use to consider the industrial systems as separate from the environment but production and consumption activities interacts with the surrounding ecosystems and environment in general, by introducing many additional chemical and physical phenomena. Methods such as Life Cycle Assessment (LCA), carbon and water foot-printing are increasingly popular. In particular to investigate the opportunities to change material and product flows in an environmentally compatible direction.

On the other hand, one reason of the difficult in implementing the sustainability and the “industrial ecology” is that the approach in the “Economy” still tend to the opening of the material cycles, wasting resources. Some powerful drivers start to be considered as catalyst for the industry interest in developing practical tools for environmental conservation. Legislation, employee involvement, health and safety programs, market pressure, etc. seems to become the modern driving forces for the industrial development. The environmental legislation and market pressure, at moment, should be considered as the most important driving forces for the sustainable development because they strongly force companies to recycling materials and to reduce waste, and toxic materials. Market for environmentally improved products and services are growing but unfortunately, not as fast as the environment requires. At moment introduction of technology innovation seems to be the most important tool to obtain sustainable development. This means that the road to innovation and environmental protection requires a great deal of individual ecletism as well as managerial efforts, needed to obtain both optimization of the production processes and pollution reduction.

The purpose of this paper is to discuss some of the important pursuit of separation processes in terms of controlling and reducing the impact of the industrial production. It is not the intention of this paper to be an all-inclusive or critical review of activities on the field of waste management, but rather to point out some directions and to suggest technical options that are necessary to make sustainable development a practical reality.

Separation chemistry

The recent advances in the understanding transport phenomena, new development in equipped design and greater demand of high quality products (therefore environmentally compatible) have spurred growth and diversification in the field of separation processes. To understand why we have to consider “separation technologies” a tools for the sustainable development and in particular for waste reducing, we may take a look at Figure 1 which shows a typical Relative Performance vs. Effort curve. Such type of curves characterized the development of many separation techniques (as well as of many other technologies). For scientists and technicians it is easy to appreciate that at moment we could operate at the breakthrough part of the curve and we have the great opportunity to achieve a lot with a relative minor efforts.

New adsorbent materials, extractant and membrane systems for use in a variety of old and new applications, and new solvents for use in extraction or adsorption are among the advances that have led to changes in traditional methods for selecting, designing and operating separation processes.

Not only heavy metals removal necessary before discharging wastewater to the environment, but recovery of non-renewable resources (water itself) represent a significant benefit both in terms of economic and environmental protection. To fit high quality wastewa-

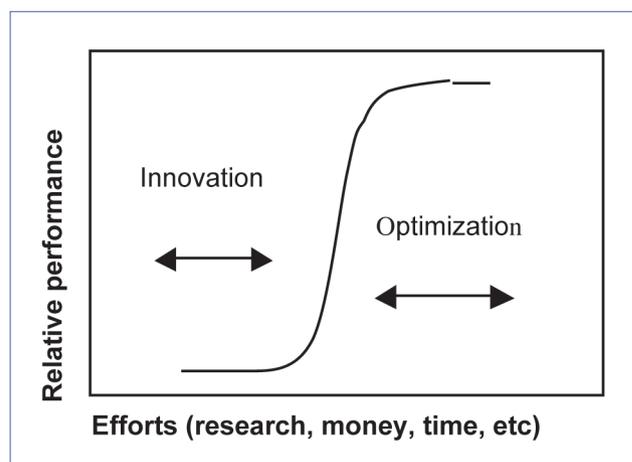


FIGURE 1 Performance vs. Efforts curve for separation techniques

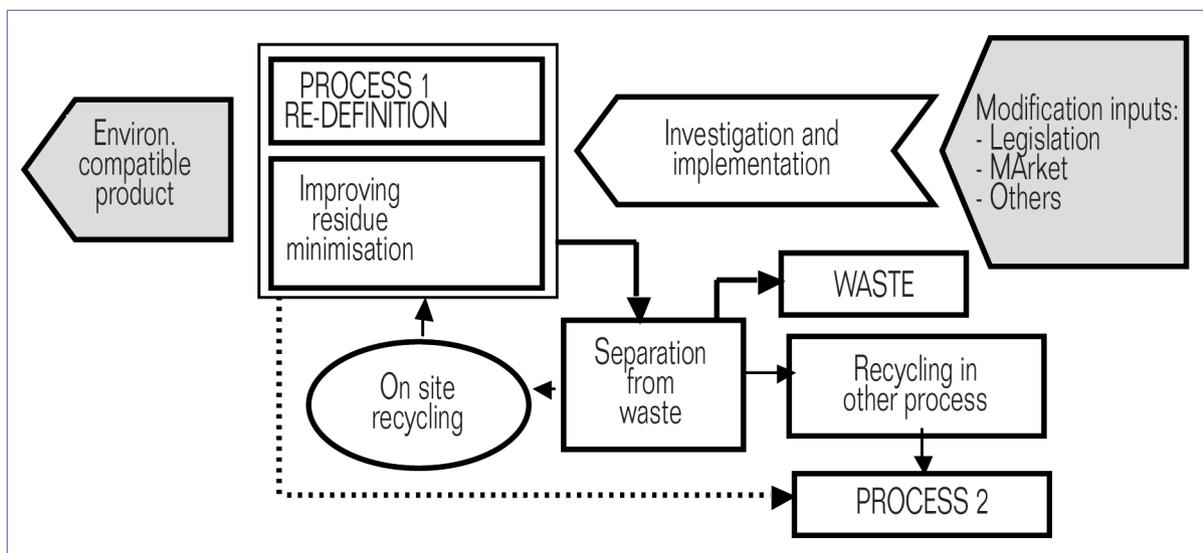


FIGURE 2 Simple pollution prevention scheme

ter treatment to improve recycling, separation process represent an important tool. For example, conventional metal removal from wastewater is carried out by a variety of techniques such as precipitation, membrane separation, ion exchange, adsorption, solvent extraction etc (Table 1). There are excellent reviews available describing these “mature” technologies and the benefits and disadvantages associated with each one. Industrial wastewater, for example, show extremely variable chemical and physical features produced by mixing solution and/or suspension. According to the end-of-pipe approach it makes more difficult the selective separation of material (compounds) eventually reusable. While, following a flow chart and introducing

the best available separation technique within the productive process, an effective reduction of pollutants can be done.

The sustainable development could be performed mainly through a Pollution Prevention Strategy that usually consists of some steps such as: redesign process, minimize wastes, reuse of process residues, design process so that the residue streams become material for the same or other processes (“cascade of use”) according the scheme reported in Figure 2. All of these action can be done by introducing new technologies as general approach, and in particular separation step in somewhere of the process or improving the separation efficiency (e.g. substituting obsolete precipita-

Technique	Pollutants
Solvent extraction	Phenols, N or Cl Aromatics, Organic acids, Hydrocarbon, Metals, Borate, Cyanides..
Reverse Osmosis/Ultrafiltration	Sugars, proteins, Oils, Monomers, Macromolecules, Metals and precipitates, Cell fragments, Bacteria, Suspended mater, etc
Ion Exchange	Metals, Chromates, mercury, Nitrates, Phosphates, Dyes, Proteins...
Carbons adsorption	Phenols, N or Cl Aromatics, Aromatics, Cresols, Dyes, Cyanides, Metals
Adsorption onto poor materials	Arsenic, vanadium, fluorine, etc

TABLE 1 Separation techniques for waste treatment and/or raw material recovery

tion/flocculation with membrane process). From this point of view a process “flow chart” represent an important inventory tool for the identification of all possible sources of waste generation and the most useful action to reduce waste and/or re-use materials. At list also a sort of waste quality control could be an important tool for process evaluation. The process “flow chart” starts with the identification of the simplest unit operation where materials and energy are input and, after transformation, output. Therefore, by this way, the best available technical option can be chosen.

At moment unfortunately processes developed as sustainable systems cannot operate with economical benefits but it is an effective investment in terms of environmental protection.

Technology: case studied

Some examples of processes developed in order to recover raw materials from waste and wastewater are reported.

Rare earth recovery from exhausted batteries^[3]

Using a hydrometallurgical process developed for the recovery of metals from spent batteries, a selective separation of RE by precipitation of Sodium RE double sulphate can be performed.

The mixed rare earths were precipitated from the leachate solution, obtained from the batteries treatment, by pH adjustment performed by NaOH addition until pH<1.5 to avoid the ferric hydroxide precipitation usually started at pH 2.5-3. Rare earths are precipitated in the form of insoluble double sulfate salts as confirmed by the X-ray diffraction analysis. The chemistry of the precipitated double sulfates is still somewhat obscure and their composition may be summarized as $\text{NaRE}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Solubility of the double sulfates in water are generally low particularly for the cases of La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu and Sc. As temperature rises solubility falls and moreover the double salt is almost insoluble in saturated solution of the alkali sulphate.

Some of the metals contained in leachate solution can also be precipitated effectively by pH adjustment to give low soluble compounds (ferric hydroxide or manganic oxide) or by co-precipitation or adsorption

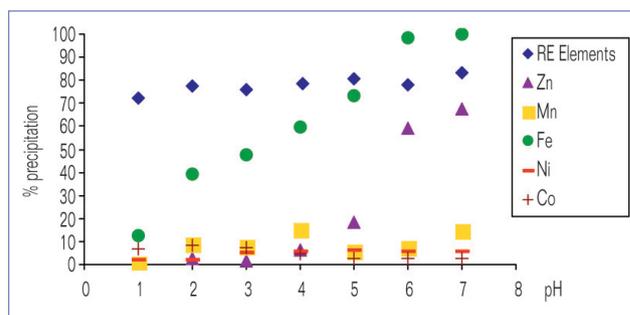


FIGURE 3 pH effect on the metal precipitation

on a carrier such as iron that usually forms a bulky flock. To obtain RE precipitate with low content of impurities (mainly Fe, Co and Mn) neutralization must be performed slowly and under continuous stirring. With respect to impurities other than RE, the resulting precipitate contains Ni=1.68%, Co= 3.05%, Mn=0.29%, Zn=0.71% and Fe= 6.9%. The loss of Rare Earths after treatment of real waste solution was within 12-18%.

Dyes adsorption onto chitosan^[4]

Dyes are widely used in industries such as textile, leather, plastics and paper to colour the final products. Dye producers and users are interested in stability therefore are producing dyestuffs that are more difficult to degrade after use. Since many synthetic dye compounds are harmful to human beings, it is important to encourage industries to implement the colour removal from waste before to discharge. Among several chemical and physical methods, adsorption process on poor materials is one of the most effective to remove dyes from wastewater and chitosan appears to be economically attractive due to its origin: is obtained, on an industrial scale, by the alkaline deacetylation of chitin, the second abundant polymer in nature next to cellulose.

The main commercial sources are waste materials of the seafood industry, mainly shell of crab and shrimp, that are treated with aqueous sodium hydroxide solutions (40-50%) at about 110 °C.

Considering the ion sorption onto chitosan, it is accepted that amine sites are the main reactive groups, though hydroxyl groups (especially in the C-3 position) may contribute to sorption. The uptake of dyes by chi-

tosan from solutions involves several steps to transfer the solute from the liquid phase to the specific sites inside the particles (e.g. external diffusion and intraparticle diffusion). The controlling mechanism of the dyes adsorption is mainly depending from the large number and distribution of the $-NH_2$ and $-OH$ groups on the chitosan chains, in particular the correlation coefficient for the pseudo second order adsorption model has extremely high values and its calculated equilibrium adsorption capacity $q_{e,cal}$ fits very well with the experimental q_t vales. These suggest that the second order mechanism is predominant and that the overall rate of dye adsorption process appears to be controlled by the chemical process.

Fluoride removal from wastewater^[5]

The toxicity of fluoride is well understood and many articles have been published on fluorides removal by using different methods. Activated alumina has been used for many years in municipal water treatment plant such as to sorb HF emission from Aluminum smelting cells or for drinking water.

Industries which discharge significant quantities of fluorides in waste streams include aluminum manufacture, particularly washing wastewater. These effluent contains mainly fluoride and aluminum ions, therefore considering the toxicological effect, the Italian legislation requires in the treated effluent the limit of 2 ppm and 6 ppm respectively prior to discharge into the environment. The aluminum is produced by electrolysis of alumina dissolved in a molten cryolite (Na_3AlF_6) based bath, therefore fluoride removal can be performed by adsorption on the same metallurgical-grade alumina that is subsequently fed to the electrolytic cells of the primary Aluminum-processing industry. The fluoride adsorption by alumina strongly depends on pH (Figure 4) and in particular the highest adsorption ca-

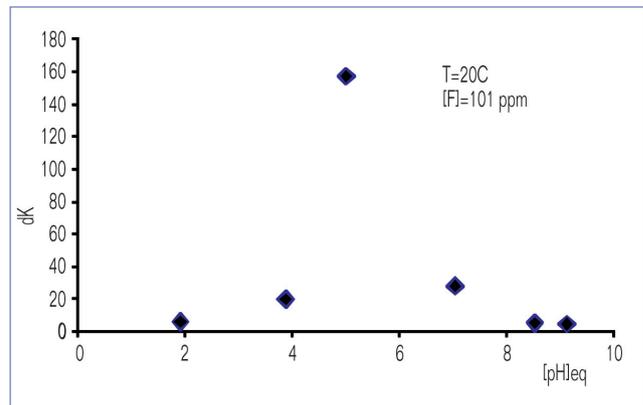


FIGURE 4 pH effect on the fluoride adsorption on alumina

capacity occurs at pH=5.5.

The new process gives some advantages such as: simplicity, less capital costs, no sludge has been produced, the economic does not depend on the regeneration of exhausted alumina. In Figure 5 a comparison of the processes is shown.

Copper recovery from WEEE^[6]

The development of copper recycling processes from wastes is an important issue to effectively utilize the copper resources. Among the wastes that contain copper, one of the most complex recycling materials is electronic scrap like printed circuit boards (PCB), which generally contain 10–30% copper as well as plastics, fiberglass and other metals. One of the potential processes to recover copper from electronic scrap is copper smelting. However, copper smelters are generally produce air pollution and require high energy consumption. On the other hand, a hydrometallurgical process has lower capital cost and can be economically operated even on a small scale. These advantages

			1 st order kinetic model			2 nd order kinetic model				Intraparticle diffusion model	
	Ci (mg/l)	qt (mg/l)	k ₁	q _{e,cal}	R ²	k ₂	h	q _{e,cal}	R ²	k _i	R ²
T.R.	341.3	170.6	2.9x10 ⁻²	301.8	0.858	4.1x10 ⁻⁴	12.69	175.2	0.999	1.68	0.683
Y.R.	300.0	88.8	1.1x10 ⁻²	36.7	0.241	4.5x10 ⁻⁴	3.86	92.6	0.994	1.53	0.370

TABLE 2 Comparison of kinetic models. T.R.=Telon red, Y.R.= Yellow remazol

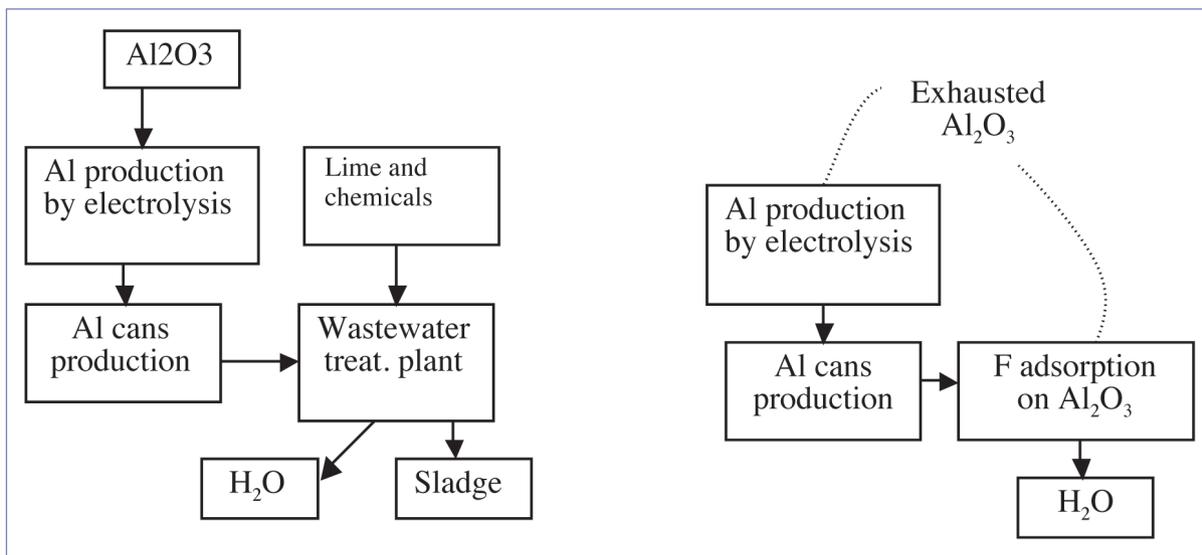


FIGURE 5 Fluoride removal process by using lime (a) and metallurgical grade alumina (b)

enable the construction of an on-site plant for economical recycling without transportation costs. This process uses a nitric salt solution containing copper nitrate and consists of three stages of leaching, purification and electro-winning. Copper in the waste is leached as copper and the impurities in the solution

are removed by solvent extraction with Acorga M5640 (the active substance is 2-hydroxy-5-nonylsalicylaldoxime) (Figure 6) and the purified copper solution is electro won (Figure 7). Considering the equilibrium curve diagram to determine the number of theoretical stages (McCabe-Thie-

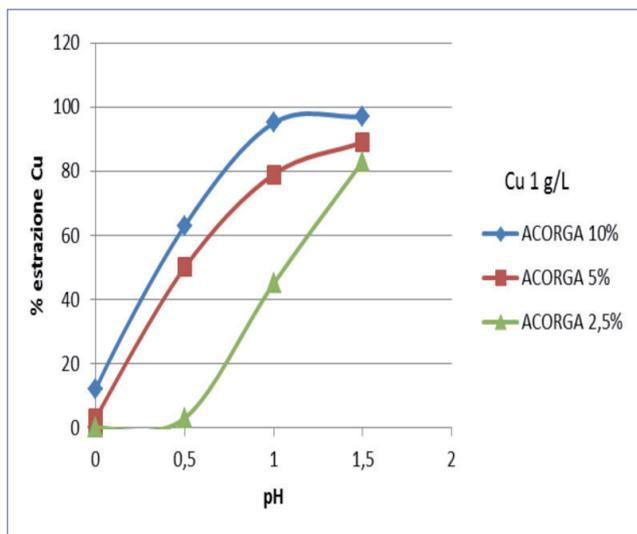


FIGURE 6 pH effect on copper extraction



FIGURE 7 Copper electro-winning

le Method) required to achieve a desired degree of separation, the developed extraction method require at least 3 stage (Figure 8) to obtain copper separation from the leaching solution.

Poly(ethylene glycol) removal from wastewater^[7]

Poly(ethylene glycol) (PEG) is a highly water-soluble, waxy solid that is used extensively in the cosmetic, pharmaceutical, food, textile, polishing and toiletry industries. Therefore PEGs are commonly found in industrial and domestic wastewaters, as non-ionic surfactants coupled with hydrophobic molecules or as catabolic products of these.

The adsorption behaviour of polymers (and surfactants) on solids strongly depends, generally, on the polymer solution characteristics (i.e. as PEG molecular weight increases, so the polarity weakens and therefore its affinity to water molecules decreases). According to the adsorption studies and considering its large surface area and non-polar surface, there is no ideal universal activated carbon for every application. Hence, it is important to match the properties of the activated carbon with the performance requirements of the process. In particular PEG adsorption is strongly depends from pH and MW.

In Table 3 the simplest isotherm model parameters are reported while in Figure 9 the breakthrough curves obtained by using the real wastewater, at different pH and flow rate, are reported.

Conclusion

There is a great deal of effort being devoted to the identification of pollution prevention/cleaner technology opportunities. From these separation processes will play an important role as technologies useful for

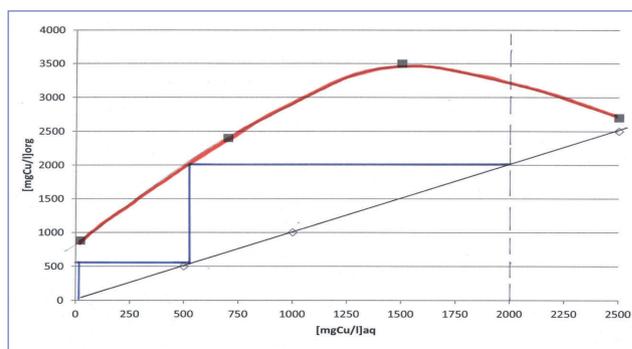


FIGURE 8 McCabe Thiele diagram for copper extraction

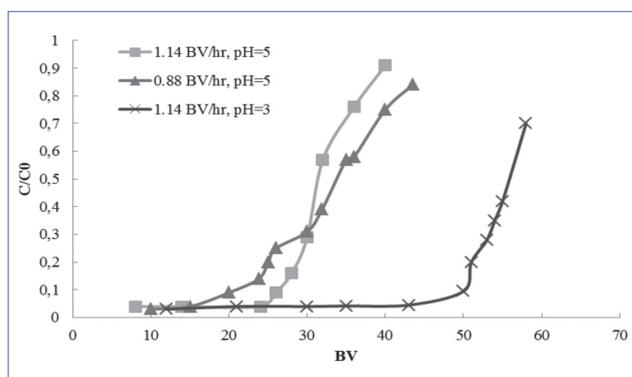


FIGURE 9 Breakthrough curve at different wastewater flow rate

the wastewater treatment and therefore for the sustainable development because they offer a wide selectivity in separation (from suspended particles ad colloids to dissolve ions). Moreover it is of great interest to built up a “Technology Information System” which can carry out a comparative assessment of separation process technologies from a cleaner production point of view.

Curve	Langmuir			R_L	Freundlich		
	Q_0 [mg/g]	K_L	R^2		K_f [mg/g]	$1/n$	R^2
PEG-1450, pH=3	388.41	8.58	0.9964	0.028	353.32	0.3540	0.8996
PEG-1450, pH=5	188.68	5.88	0.9836	0.055	144.97	0.3396	0.7328
PEG-1450, pH=8	250.71	6.67	0.9941	0.025	267.43	0.3231	0.8843

TABLE 3 Isotherm model parameters for adsorption process of PEG onto activated carbon at pH=3

But how we can begin to introduce these concepts? Probably we have to start at University level because education of engineers and natural scientists became crucial, in order to deal with a serious cultural problem: ecologist usually do not know about the industrial system. However engineers and people from industries in general have a very poor view of nature and are very ignorant about scientific ecology.

In other words we have to consider new separation process schemes to treat wastewater and to recover row materials because the uncontrolled development and irrational exploiting of natural resources (e.g. from many ores the ratio of useful product to waste seldom exceeds 1:10), all too long regarded as freely available and inexhaustible has caused serious ecological disasters.

references

- [1] S. Schmidheiny (1992) (with the Business Council for Sustainable Development) *Changing Course: Global Business Perspective on Development and the Environment*. MIT press, Cambridge, Mass..
- [2] R.A. Frosch, N.E. Gallopoulos (1989). *Strategies for manufacturing*. Scientific American 261 144-152.
- [3] Pietrelli L., Fontana D., Bellomo B., Montereali M. (2002). *Rare earths recovery from NIMH spent batteries Hydrometallurgy* 66:135-139.
- [4] L. Pietrelli, T. Carlucci, D. Fontana (2005). *Adsorbimento di coloranti industriali su chitosano*. V Conf. Int. Valorizzazione e Riciclaggio dei Rifiuti Industriali VARIREL.
- [5] Loris Pietrelli (2005) *Fluoride adsorption onto metallurgical grade alumina*. Annali di chimica 95:303-312
- [6] Pietrelli L., R. Flammini, M. Pietrantonio, A.Piozzi e I. Francolini (2012). *Recupero del rame da schede elettroniche*. Atti Ecomondo.
- [7] Loris Pietrelli (2013). *Effect of MW and pH on poly(ethylene glycol) adsorption onto carbon*. Adsorption (in press).





Methodologies for the evaluation of spatial representativeness of air quality monitoring stations in Italy

Spatial and temporal representativeness of air quality monitoring stations is a critical parameter when choosing the location of monitoring sites and assessing the effects on population of long term exposure to air pollution. ENEA is supporting the Italian Ministry of Environment, Territory and Sea in building the National Network of Special Purpose Monitoring Stations. In this framework, ENEA is carrying out an assessment of the spatial representativeness of the selected monitoring sites, to be used in model validation, data assimilation tools and population exposure studies. Given that a standard procedure is not yet recognised at the international level, in this study different methodologies are being applied in the Italian territory in order to find out one or more fit-to-purpose approaches to spatial representativeness. Three methods are explored based on: 1) statistical assessment of objective factors (land cover, population distribution, orography, etc.); 2) assessment of variability of emissions; 3) assessment of 4D Eulerian concentration field and gradients from model simulations. Specific datasets produced by the Italian Integrated Assessment Modelling System (MINNI) are being used for this purpose. The three methods cover different assessment situations and targets: primary and secondary pollutants, availability of model datasets or measured concentration time series, urban and rural stations. The preliminary results of their application to selected pollutants and monitoring sites are here presented and discussed. The principal strengths and weaknesses of each method are reported in relation to the assessment of the spatial representativeness of existing monitoring sites or to the planning of new monitoring networks

■ *Gaia Righini, Andrea Cappelletti, Irene Cionni, Alessandra Ciucci, Giuseppe Cremona, Antonio Piersanti, Lina Vitali, Luisella Ciancarella*

Metodologie per la valutazione della rappresentatività spaziale di stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia

La rappresentatività spaziale e temporale dei siti di monitoraggio delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera è un parametro fondamentale nella scelta della dislocazione delle stazioni di misura e nelle valutazioni di esposizione della popolazione ai livelli di concentrazione misurati. Nell'ambito di un Accordo di Collaborazione con il Ministero dell'Ambiente del Territorio e del Mare, finalizzato all'avvio delle Reti Speciali di misura della qualità dell'aria, ENEA ha il compito di realizzare una valutazione sulla rappresentatività spaziale di ciascuna stazione scelta e circa i bacini geografici a cui possono essere riferiti i dati rilevati da ciascuna stazione di misura. Poiché non esiste in letteratura una metodologia consolidata al riguardo e riconosciuta a livello internazionale, in questo studio è descritta l'applicazione di tre originali approcci metodologici per la valutazione della rappresentatività spaziale di siti di monitoraggio della qualità dell'aria. I dati utilizzati per la valutazione provengono dai prodotti del Sistema Modellistico Nazionale MINNI disponibili a scala chilometrica su tutto il territorio Italiano. In questo lavoro vengono presentati i risultati preliminari dell'applicazione di tali metodi a specifici inquinanti e siti sul territorio, discutendone criticamente le principali potenzialità e i limiti. Gli inquinanti considerati sono sia primari che secondari e la tipologia delle stazioni di misura analizzate sono quelle di fondo urbano e rurale

In order to describe the complex spatial and temporal patterns of atmospheric pollution in a specific area and to achieve a cost-effective control of air quality, the spatial and temporal representativeness of an air quality monitoring station is of fundamental importance.

According to literature, the spatial representativeness of a monitoring site is related to the variability of concentrations of a specific pollutant around the site. For example in Larssen et al. (1999) the area of representativeness is defined as “the area in which the concentration does not differ from the concentration measured at the station by more than a specified amount”. In Spangl et al. (2007) the definition of representativeness is based on the comparison of concentration values observed at two different sites: “A monitoring station is representative of a location if the characteristic of the differences between concentrations over a specified time period at the station and at the location is less than a certain threshold value.” A similar definition, frequently mentioned in the literature and particularly useful to compare observed data with model simulations, is the one adopted by Nappo et al. (1982), obtained comparing point measurements with observations in a large area (or volume). As the concentration of each pollutant depends on several factors (namely, the variation of meteorological conditions, local sources, topography, transport and chemical reactions) the spatial representativeness is expected to vary not only on a temporal basis (annual, seasonal and daily variability) but also for each pollutant of interest.

The assessment of station spatial representativeness can be based on various sources of information but a standard procedure that can be applied to different monitoring networks in different regions is not recognised at the international level. In this framework, the European working groups AQUILA (Air Quality Reference Laboratories) and FAIRMODE (Forum for Air Quality Modelling in Europe), technically supporting the implementation of 2008/50/EC Directive on am-

bient air quality and cleaner air for Europe (Air Quality Directive), are promoting the discussion concerning spatial representativeness of monitoring data starting from the most popular methods used in literature. Recently, FAIRMODE addressed a specific recommendation to the European Commission concerning the review of the EU Air quality policy, encouraging further competence building on this topic (http://fairmode.ew.eea.europa.eu/guidance-use-models-wg1/directive-revision/fairmode-recomm_final.docx).

Therefore, the assessment of spatial representativeness of air quality monitoring stations is a prevailing issue of prominent scientific interest at the national and international levels.

On the national level, in the framework of the Italian Legislative Decree 155/2010 for the compliance with the Air Quality Directive, a Cooperation Agreement for starting up the Italian National Network of Special Purpose Monitoring Stations was signed in 2011 by the Italian Ministry for the Environment, the Territory and the Sea (MATTM), the Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development (ENEA), the National Research Council (CNR) and the Italian Istituto Superiore di Sanità (ISS). In the frame of this agreement, one of ENEA's tasks is to assess the spatial representativeness and geographical area of concern for each selected monitoring station. Figure 1 shows, for all pollutants, the position of the selected measuring stations.

According to the state of the art assessment of spatial representativeness, four different methodological approaches are examined by ENEA for detailed analysis: a statistical method based on objective factors, a method based on the knowledge of the spatial distribution of emissions, a method based on model simulated concentration fields, and finally a method based on the analysis of backward trajectories.

In this work, the preliminary results of the first three methods applied to selected pollutants and monitoring sites are presented, and the principal strengths and drawbacks are discussed. Each of the three methods has been the object of a detailed technical report (Cremona et al., 2013; Piersanti et al., 2013; Vitali et al., 2013). Presently studies are in progress for a fourth method, to be completed by June 2013; therefo-

■ Gaia Righini, Andrea Cappelletti, Irene Cionni, Alessandra Ciucci, Giuseppe Cremona, Antonio Piersanti, Lina Vitali, Luisella Ciancarella
ENEA, Technical Unit Models, Methods and Technologies for Environmental Assessments

re, a final assessment of the most suitable methods for the Italian monitoring network will be carried out in the last stage of the project.

All methods except the first were implemented by using specific datasets produced by MINNI (www.minni.org), which is the Italian Integrated Assessment Modelling System (AMS) for supporting the International Negotiation Process on Air Pollution and assessing Air Quality Policies at the national/regional level (Mircea et al. 2011). The AMS simulates 3-dimensional meteorology and air quality fields for the entire Italian territory, on a national domain (20 km resolution on horizontal grid) and on 5 nested regional domains (4 km resolution on horizontal grid). Yearly simulations are available for several years: 1999, 2003, 2005, 2007. The model implements an integrated and multi-pollutant approach for calculating hourly concentrations of all pollutants regulated by the Air Quality Directive (SO₂, NO₂, ozone, PM10, PM2.5, NH₃, Heavy Metals, PAHs, etc.) plus the depositions of sulphates and nitrates.

Method 1: objective factors (Land Cover)

A first methodological approach relies on a simplified description of atmospheric pollution processes: an empirical relationship is assumed between physical objective factors influencing air pollution (i.e., wind direction and speed, orography, land cover, urbanized areas, large point emission sources) and concentrations recorded by air quality monitoring stations. This approach is widely used in air quality assessment, particularly when insufficient data on emissions and meteorology, and/or limited resources are not adequate for a detailed representation of pollution processes.

In our study, we chose to analyze land cover near monitoring stations, relying on a causal relationship with concentrations: land cover patterns are representative of actual locations of emissions (i.e., urban areas concentrate heating and traffic emissions, forests are responsible of biogenic VOCs, agricultural areas are the sites of waste biomass burning and NH₃ vaporization from manure fertilizers), and emissions are the main cause of concentrations. Using land cover to assign a georeferenced location to aggregated values recorded in emission inventories is a common practice in



FIGURE 1 Italian National Network of Special Purpose Monitoring Stations

air quality modelling.

In compliance with literature studies, in particular Janssen et al. (2012), we developed a synthetic, pollutant-dependent, indicator β for the dependency of concentration on land cover, and we studied how β is varying in the neighbourhood of the selected monitoring site. The formulation is

$$\beta = \log \left[1 + \left(\frac{\sum_i a_i \cdot n_{CLi}}{\sum_i n_{CLi}} \right) \right]$$

where, assuming a reference area around the monitoring site, n_{CLi} is the fraction of the area corresponding to CLi class of land cover and a_i is a weight coefficient, determining the influence of CLi class as a potential determinant of pollutant concentration. The factor β is therefore an indicator of “land cover polluting power”. The rationale is that, the more variable is β in the surroundings of the site, the less representative of the air

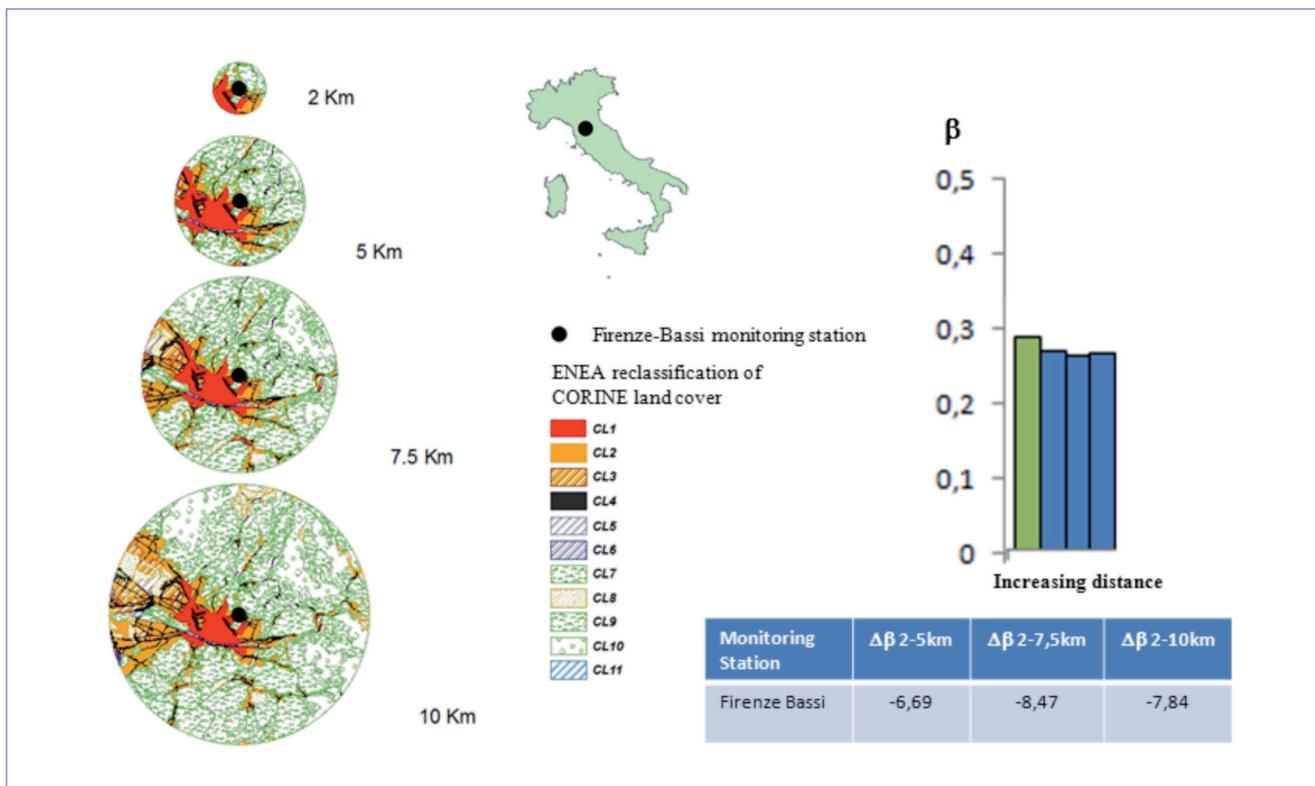


FIGURE 2 Example of land cover buffering around Firenze-Bassi station, with calculation of β and evaluation of β variability with increasing radiuses

quality in the surroundings of the site are the concentrations measured at the station.

For determining $nCLi$ values, we used Corine Land Cover 2006 database (ISPRA, 2010a), with ad-hoc improvements by means of an aggregation of the original 44 classes into 11 CLi classes and an integration of the road network class, using more detailed layers with national coverage. Spatial treatment of land cover was performed with the help of GIS (Geographical Information Systems) software.

The a_i coefficients are calculated from a statistical optimization of the function $C(\beta) = n\beta^2 + m\beta + q$, where the dependency of the concentration C on the land cover indicator β is explicated. The optimization was carried out by a multivariable regression on measured concentration values from the national database of air quality measurements (ISPRA, 2010b), using 2007 annual averages. Since the optimization relies on mea-

sured concentrations, a_i are pollutant-dependent. The computing was performed by the statistical code R (<http://www.r-project.org/>).

After the calibration, the calculation of β was performed for 10 monitoring stations for PM2.5 and 12 monitoring stations for ozone or precursors, using a circular buffer with 2 km radius centred at each station as the area of influence for the measuring site. At this point, the calculation of β was performed for increasing radii (5, 7.5, 10 km), as shown in Figure 2, obtaining an array of values for each station. Finally, spatial representativeness of the station has been quantitatively assessed comparing each buffer's β value with the "station" value (in the 2 km radius buffer): a difference of less or more than 20% indicates whether or not the station measurement represents the concentration value inside the buffer.

In this analysis a threshold value of 20% was set according to literature (Blanchard et al. 1999; Janssen et

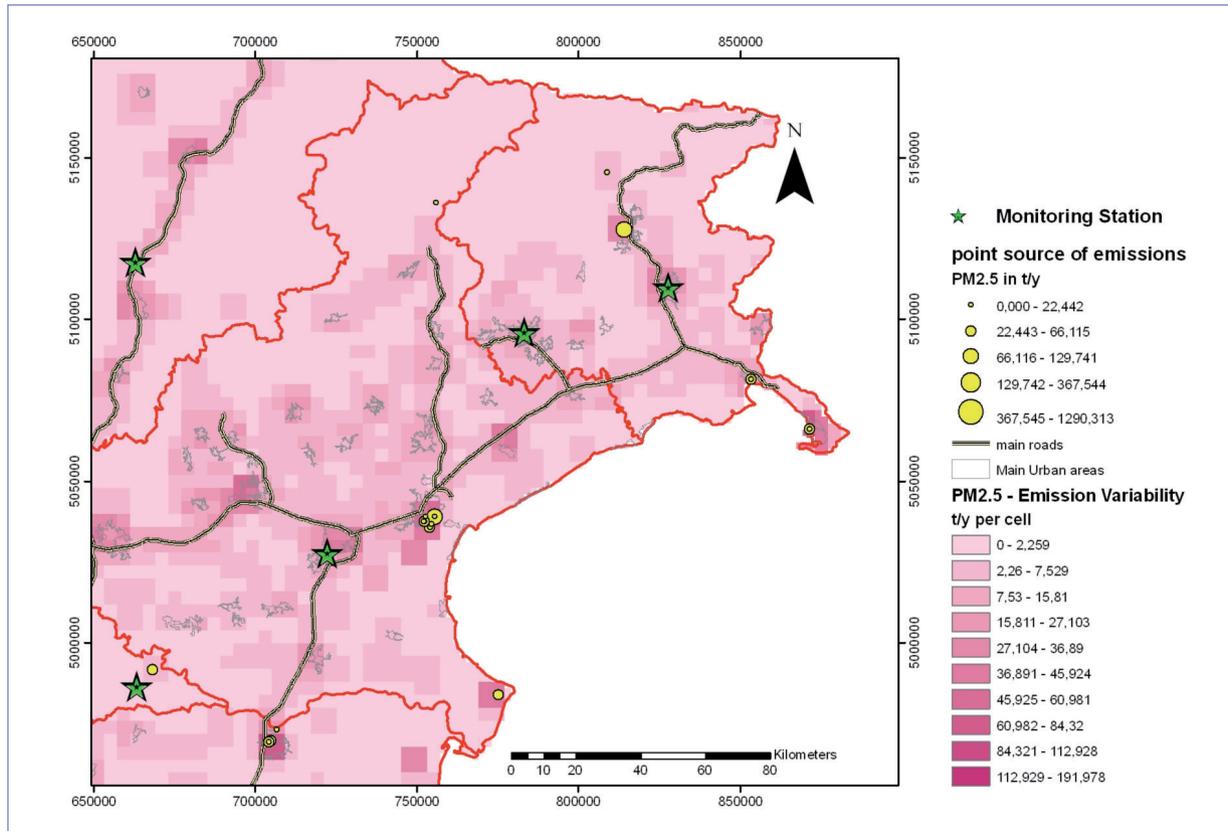


FIGURE 3 PM2.5 emission variability (pink cells) in the North-East of Italy

al. 2008a) and since it is compatible with the quality objectives for most monitoring data included in the Air Quality Directive (15% and 25%, depending on the measured pollutant).

Generally, this approach is useful when annual time series of measured concentrations are available from a consolidated and spatially uniform monitoring network, allowing a good calibration of β . Moreover, using a high-resolution land cover database allows detailed assessment of spatial representativeness, very useful for urban and suburban monitoring sites, where land cover is highly variable. On the other hand, the robustness of the results is strongly dependent on the quality of the calibration dataset (spatial coverage, consistency and coverage of recordings), and the assessment is limited to annual concentrations, due to the absence of meteorological input capable of fol-

lowing daily and seasonal variations.

Method 2: emissions variability

The second method is based on the correlation between the spatial distribution of atmospheric concentrations of pollutants and the corresponding emission distribution. This is a simplified modelling approach, using a linear relationship between emissions and concentrations. On the other hand, simplifications lead to a fast and reliable assessment of representativeness, using emission inventory data, more commonly available at wide spatial coverage than concentration data. The principle is to define an inversely proportional relation between emission variability around a monitoring site and its spatial representativeness: high emission variability means low spatial representativeness, whereas low emission varia-

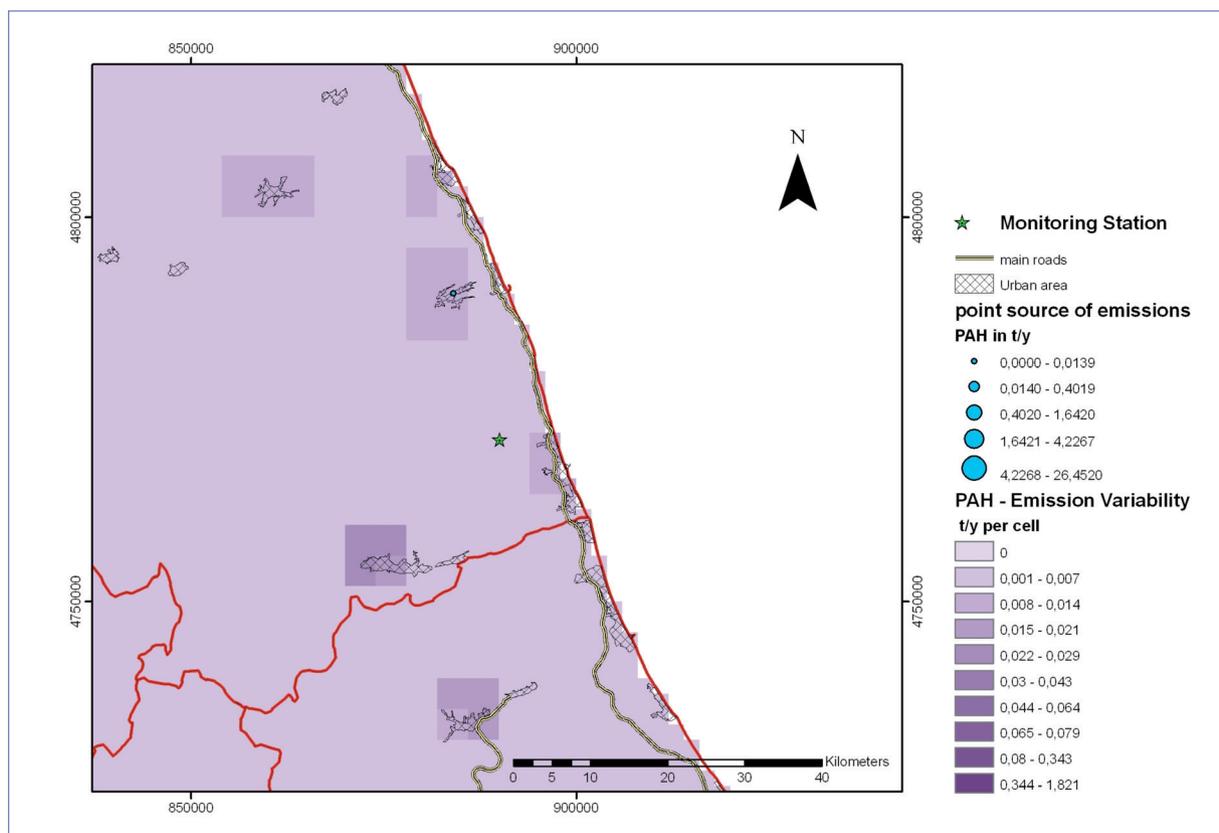


FIGURE 4 PAHs emission variability (violet cells) around Ripatransone background rural station (green star in the center). Approximate area of representiveness is in the two lightest colour ranges

bility means high spatial representativeness. A similar approach is reported in Henne et al. (2010), where surface fluxes of pollutants are studied to determine representativeness areas of monitoring sites using a proxy variable (population) in place of the emissions. In our work we actually used emissions data, taking advantage of the MINNI atmospheric modeling system. Here, a gridded emission inventory at national scale is provided, with disaggregation (in space, time, chemical speciation and aerosol size profile) for mesoscale Chemical Transport Modeling. The analysis of emission spatial variability was performed by GIS, applying a “neighbourhood statistics” algorithm: for each grid point, the amount of variation in emission values among neighbour cells was derived (range function). Therefore, each point of the calcula-

tion grid was given a unique value synthesizing how significantly the emissions vary around the grid point. As MINNI dataset covers a wide range of reference situations, the methodology was applied on 2 different emission inventory sources: the national emission inventory (ISPRA, 2009), annually compiled for fulfilment of UNECE CLRTAP international agreements, and the national GAINS emission estimates (D’Elia et al., 2009), deriving from GAINS Europe scenario analysis methodology. In both cases, 2005 is the reference year. Moreover, different time intervals for emission integration were tested (whole year, summer, winter). The analyses were performed on primary pollutants since this simplified modelling approach excludes secondarily generated fractions. As a result, more than 80 output maps were generated

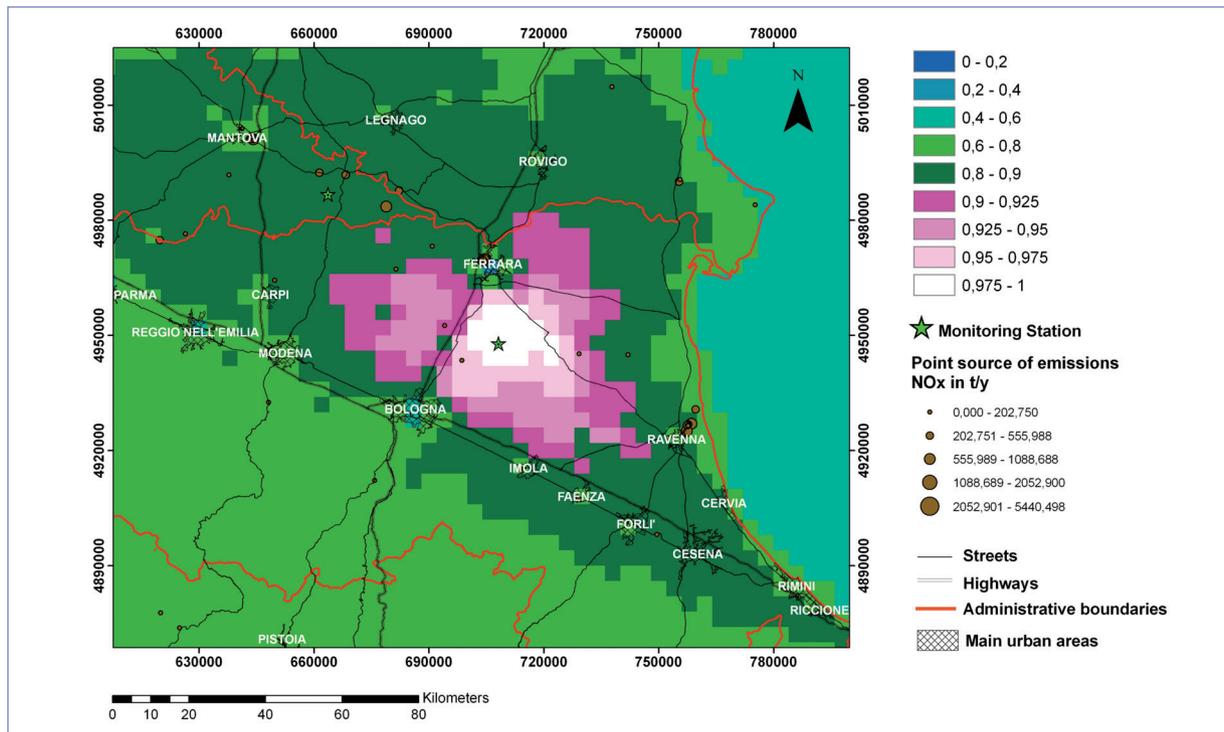


FIGURE 5 Frequency function $f_{\text{site}}(x,y)$ for San Pietro Capofiume station. Representativeness area is in pink and white

and evaluated in GIS environment, where they have been integrated with thematic layers, useful for understanding the reasons of emission variations near the selected station. Each map is referred to a MINNI modeling domain, covering Italian macroregions: as an example, Figure 3 shows PM_{2.5} emission variability in the North-East of Italy.

Figure 4, at a higher spatial detail, shows PAHs emission variability for Ripatransone station. Light areas (reporting low variability values) prevail around the station, and dark areas (high variability values) are located far from the station and over cities (Ascoli Piceno 21 km SW, Teramo 35 km S). Then, the more detailed evaluation is semi-quantitative and based on an automatic classification of range of values (natural breaks): the two lowest ranges (corresponding to high representativeness) cover the station grid cell and a large area around (about 10³ km²), extended in all directions but excluding cities, where emission variability is in the highest ranges. This means that, for this station, spatial

representativeness is high but does not include cities.

Method 3: concentration similarity

The third selected approach to the evaluation of representativeness is the most straightforward: the concentrations recorded at the site of interest are directly compared with concentrations recorded at selected points in the surrounding area, in a fixed time interval. The monitoring station is representative of a wider area if all measurements in this area differ by less than a threshold from the station measurements.

For a quantitative assessment of spatial representativeness of atmospheric monitoring stations, Nappo et al. (1982) give a useful and detailed definition: “a point measurement is representative of the average in a larger area (or volume) if the probability that the squared difference between point and area (volume) measurement is smaller than a certain threshold more than 90% of the time”.

The availability of field measurement campaigns, cove-

ring a main site and different points around it, is very limited, due to costs and complexity of instrumental setups. On the contrary, air quality models, running on large spatial domains and for long time ranges, routinely produce 4D concentration fields (3 spatial dimensions and time), useful for comparing concentration values at a selected site and in the surroundings. Therefore, as done for method 2, we applied the methodology by adopting the MINNI model dataset, providing concentration fields for all pollutants regulated by law. On the methodological basis proposed by Nappo et al. (1982), assuming the model concentrations as “measurements”, we developed a procedure for recursively comparing the annual concentration time series. At each time step, the difference between the concentration values measured at the site of interest (coordinates $X_{\text{site}}, Y_{\text{site}}, Z_0$) and at each grid point (coordinates x, y, Z_0) in the model domain has been calculated. A threshold value of 20% was set, following the choice explained in Method 1 paragraph, for the difference between concentrations, in order to assess the condition of “concentration similarity”. A 2-dimensional frequency function $f_{\text{site}}(x, y)$, specific of each site of interest, counting positive occurrences of “concentration similarity” for each grid point of the model domain, was defined and finally spatial representativeness area of the site of interest was assessed (i.e. $f_{\text{site}}(x, y) > 0.9$ is verified).

With the help of Unix and NCL (Zender, 2008) scripting, the frequency function $f_{\text{site}}(x, y)$ was calculated, stored (in NetCDF files) and mapped (in image files). Results data were finally imported in GIS software and overlaid with thematic layers, useful for studying concentrations variation around the selected station. The described procedure was applied on model results for PM10, PM2.5 and ozone, all having a relevant secondary component.

As MINNI model dataset covers a wide range of reference situations, a detailed sensitivity analysis was performed on input data: different meteorological years and emission inventory sources, producing different concentration fields, were used for assessing representativeness at the selected stations. Furthermore, the variation of $f_{\text{site}}(x, y)$ corresponding to variations in the time averaging of concentrations was tested, in compliance with the Air Quality Directive require-

ments for each pollutant. Seasonal representativeness assessment variability was also evaluated. Overall, more than 500 statistical products were generated by the recursive application of the procedure.

An example of the obtained results is shown in Figure 5, concerning ozone measurement representativeness assessment at San Pietro Capofiume station (Eastern Po Valley, Northern Italy). Figure 5 shows $f_{\text{site}}(x, y)$ values integrated with supporting thematic layers. Representativeness area ($f_{\text{site}}(x, y) > 0.9$) is immediately visible in pink colour tones and can be precisely determined (x model grid cells, i.e. $y \text{ km}^2$).

Comprehensively, the method shows very good performances in describing both the extension and the shape of representativeness areas, with spatial resolution of results (i.e. $f_{\text{site}}(x, y)$ functions) being the same as the input data used for the assessment.

Conclusions

In the framework of the implementation of the Italian Special Purpose Monitoring Network for air quality, ENEA has been testing different methodologies for the evaluation of spatial representativeness of monitoring stations, in order to study how point measures at a single site reflect pollutant concentrations in the area surrounding the site. At present, 3 methodologies were tested, covering different typologies of input datasets and assessment algorithms.

Method 1, based on using land cover data as a proxy variable of concentration, allows to determine spatial variations of the polluting factor in analysis, at increasing distance from the selected site. The empirical relationship has a simplified formulation, therefore the quality of results strongly depends on the selected dataset of measured concentrations, used in the calibration stage. The method looks promising for evaluating urban monitoring sites, due to the availability of free high resolution datasets of land cover, describing accurately urban environments. Method 2, using MINNI gridded emission database to analyze emission variability as a proxy variable of concentration, gives a complete picture of spatial variations of the polluting factor in analysis, covering the whole model domain, thus not depending on any monitoring site. This is useful for a comprehensive evaluation of spatial representativeness, e.g. for designing new mo-

monitoring networks, though some limits are present (just primary pollutants, semi-quantitative evaluation). Method 3, directly comparing hourly concentrations at the selected site and in the surrounding by using MINNI gridded concentration database, shows encouraging skills in accurate definition of representativeness area and shape. The method proved to be particularly robust, as the comparison is performed at high time resolution and no proxy variable is used. As for method 2, using a gridded model means that representativeness is evaluated at the spatial detail of the model grid, not allowing for example an adequate description of urban stations.

The three methods were designed to cover different assessment situations and targets: primary (methods 1 and 2) and secondary (method 3) pollutants, availability of model datasets (method 2 and 3) or measured concentrations time series (method 1), urban (method 1) and rural (method 2 and 3) stations. At present, a fourth method, based on backward trajectories of air masses reaching the selected site, is under development, relying on meteorology as a proxy variable

of air pollution. In a following phase, the four methods will be applied to all stations of the Special Purpose Monitoring Network, to derive a final evaluation of spatial representativeness.

This research covers a very topical issue at the national and international levels, with a great effort aiming to test strengths and weaknesses of several state-of-the-art assessment methodologies. Some specific developments, mostly targeting flexibility in input datasets usage, have been realized and others are ongoing, thus giving promising and innovative materials for a better knowledge of air quality monitoring potential and limits. ●

Acknowledgments

This work is part of the Cooperation Agreement for starting up the Italian National Network of Special Purpose Monitoring Station, funded by the Italian Ministry for Environment and Territory and Sea, which the authors wish to thank also for providing MINNI project results.

The authors wish to thank Felicita Russo (ENEA) for reviewing this paper.

references

- Blanchard C.L., Carr E.L., Collins J.F., Smith T.B., Lehrman D.E., Michaels H.M., (1999), "Spatial representativeness and scales of transport during the 1995 integrated monitoring study in California's San Joaquin Valley", *Atmospheric Environment*, 33, 4775-4786.
- Cremona G., Ciancarella L., Cappelletti A., Ciucci A., Piersanti A., Righini G., Vitali L. (2013), "Rappresentatività spaziale di misure di qualità dell'aria. Valutazione di un metodo di stima basato sull'uso di dati emissivi spazializzati", ENEA Technical Report, RT/2013/2/ENEA.
- D'Elia I., Bencardino M., Ciancarella L., Contaldi M., Vialetto G. (2009), "Technical and Non Technical Measures for Air Pollution Emission Reduction: the Integrated Assessment of the Regional Air Quality Management Plans through the Italian National Model", *Atmospheric Environment*, 43, 6182-6189.
- Henne S., Brunner D., Folini D., Solberg S., Klausen J., Buchmann B. (2010), "Assessment of parameters describing representativeness of air quality in-situ measurement sites", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 3561-3581.
- ISPRA (2009), "La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni. Anni 1990-1995-2000-2005", Rapporto ISPRA, 92/2009, ISPRA, Roma.
- ISPRA (2010a), "Uso e copertura del suolo: il progetto CORINE LAND COVER", <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/coperturasuolo>
- ISPRA (2010b), "Annuario dei dati ambientali 2010", ISPRA, Roma.
- Janssen S., Deutsch F., Dumont G., Fierens F., Mensink C. (2008a), "A Statistical Approach for the Spatial Representativeness of Air Quality Monitoring Stations and the Relevance for Model Validation", *Air Pollution Modeling and Its Application XIX*, 452-460, C. Borrego and A.I. Miranda (eds.), Springer Science.
- Janssen S., Dumont G., Fierens F., Deutsch F., Maiheu B., Celis D., Trimpeners E. and Mensink C. (2012), "Land use to characterize spatial representativeness of air quality monitoring stations and its relevance for model validation", *Atmospheric Environment*, 59, 492-500.
- Larsen S., Sluyter R. and Helms C. (1999), "Criteria for EUROAIRNET – The EEA Air Quality Monitoring and Information Network", Technical report EEA, 12/1999, European Environment Agency.
- Mircea M., Briganti G., Cappelletti A., Vitali L., Pace G., D'Isidoro M., Righini G., Piersanti A., Cremona G., Cionni I., Silbello C., Finardi S., Calori G., Ciancarella L. and Zanini G. (2011), "Ozone simulations with atmospheric modelling system of MINNI project: a multi year evaluation over Italy", *Proceedings of the 14th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes (HARMO 14)*, 52-56, J.C. Bartzis, A. Syrakos, S. Andronopoulos (eds.).
- Nappo C. J., Caneill J. Y., Furman R. W., Gifford F. A., Kaimal J. C., Kramer M. L., Lockhart T. J., Pendergast M. M., Pielke R. A., Randerson D., Shreffler J. H. and Wyngaard J. C. (1982), "The Workshop on the Representativeness of Meteorological-Observations, June 1981, Boulder, Colorado", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 63, 761-764.
- Piersanti A., Ciancarella L., Cremona G., Righini G., Vitali L. (2013), "Rappresentatività spaziale di misure di qualità dell'aria. Valutazione di un metodo di stima basato su fattori oggettivi", Technical Report ENEA, RT/2013/1/ENEA.
- Spangl W., Schneider J., Moosmann L. and Nagl C. (2007), "Representativeness and classification of air quality monitoring stations – Final Report", Umweltbundesamt report, Umweltbundesamt, Vienna.
- Vitali L., Ciancarella L., Cionni I., Cremona G., Piersanti A., Righini G. (2013), "Rappresentatività spaziale di misure di qualità dell'aria. Valutazione di un metodo di stima basato sull'analisi dei campi di concentrazione simulati dal modello nazionale MINNI", Technical Report ENEA, RT/2013/3/ENEA.
- Zender C.S (2008), "Analysis of self-describing gridded geoscience data with netCDF Operators (NCO)", *Environmental Modelling & Software*, 23 (10-11), 1338-1342.

Microstructure and thermal properties of plasma-sprayed ceramic thermal barrier coatings

Ceramic thermal barrier coatings (TBCs) are advanced systems for more efficient aircraft and gas turbine engines, due to their unique microstructural, thermal and mechanical properties. In this work the microstructural and thermal properties of air-plasma-sprayed zirconia based and lanthanum zirconate ($\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$) coatings were investigated. All the TBCs herein employed exhibited a porous microstructure, composed of thin lamellae embedded in a network of pores and microcracks. Ceria-yttria co-stabilized zirconia (CYSZ) coatings showed the highest thermal expansion coefficient. In turn, $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ coatings exhibited the lowest specific heat capacity at room temperature. Unlike CYSZ coatings, the specific heat capacity of yttria stabilized zirconia (YSZ) and lanthanum zirconate coatings increases after heating cycles, due to sintering effects. These investigations have also been addressed to the development of a novel multilayered TBC system, composed of two or more ceramic top coats, where CYSZ is used as an intermediate layer and coated with one or more rare-earth zirconates layers

■ Giovanni Di Girolamo, Caterina Blasi, Alida Brentari, Monica Schioppa

Microstruttura e proprietà termiche di barriere termiche ceramiche realizzate mediante plasma spraying

Le barriere termiche ceramiche sono sistemi avanzati per motori aeronautici e turbine a gas, grazie alle loro caratteristiche microstrutturali, termiche e meccaniche. In questo lavoro sono analizzate le proprietà microstrutturali e termiche di rivestimenti a base di zirconia e di zirconato di lantanio, realizzati mediante "plasma spraying". Tutte le barriere termiche presentano una microstruttura lamellare porosa, caratterizzata dalla presenza di pori e microcricche. I rivestimenti in zirconia stabilizzata con ceria ed yttria (CYSZ) presentano il più elevato coefficiente di espansione termica. A loro volta, i rivestimenti in zirconato di lantanio ($\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$) presentano la più bassa capacità termica a temperatura ambiente. Diversamente dai rivestimenti in CYSZ, la capacità termica dei rivestimenti in zirconia stabilizzata con yttria e in zirconato di lantanio aumenta dopo i cicli di riscaldamento, a causa della sinterizzazione della microstruttura. Queste analisi sono state anche indirizzate allo sviluppo di un sistema a barriera termica innovativo multistrato, costituito da due o più strati ceramici, dove lo strato intermedio realizzato in CYSZ è rivestito da uno o più strati di zirconati di terre rare

Introduction

Thermal barrier coatings are advanced systems for protection of Ni-based super-alloy hot-section parts of turbine engines, such as first-stage blades, stator vanes

- Giovanni Di Girolamo, Caterina Blasi, Monica Schioppa
ENEA, Technical Unit for Brindisi Material Technologies
- Alida Brentari
ENEA, Technical Unit for Faenza Material Technologies

and transition pieces^[1,2]. They allow to increase the durability of these components, by reducing the temperature on the metal surface and the environmental attack promoted by oxygen, molten salts and particulates during service. In addition, their application allows to significantly increase the engine efficiency as well as to reduce the fuel consumption and the emissions of CO and NO_x in the atmosphere.

A typical TBC system is composed of a metallic bond coat and a ceramic top coat. The bond coat is able to improve the adhesion of the ceramic coating and provides good resistance to high-temperature oxidation and corrosion. In turn, ceramic materials with low thermal conductivity are able to reduce the heat transfer to the underlying metal and to improve the capability, the thermal cycling lifetime and the resistance to the environmental attack from highly corrosive media^[3,4,5]. Plasma spraying is a cost-effective deposition technique for manufacturing of porous TBCs. Powder particles are injected into a high-temperature plasma gas jet, melted and accelerated. When impacting on the substrate, they are flattened and quenched, thus forming a coating with a layered microstructure containing pores, splat boundaries and microcracks. The high deposition rate of the plasma spray process involves shorter manufacturing times and lower costs in comparison with electron beam physical vapor deposition (EB-PVD): lower equipment costs and ease of deposition. In addition, more heat resistant TBCs can be manufactured due to their lamellar and porous microstructure.

Partially yttria stabilized zirconia (YSZ) is the state-of-the-art material used for ceramic TBCs, due to its good mechanical and thermal properties. However, at temperature higher than 1200 °C, YSZ TBCs are affected by accelerated sintering and by phase transitions. Sintering promotes the growth of crystallites, so that the pores among grain boundaries are gradually filled, reducing the strain tolerance and the thermal cycling lifetime. In turn, high-temperature exposure at temperatures above 1200 °C produces the partial decomposition of metastable t' zirconia phase and the formation of a high-yttria cubic phase and a low-yttria tetragonal phase which can, in turn, transform to monoclinic phase during cooling. This last transformation typically involves volume change and cracking.

Nevertheless, up to now no composition with better performance than YSZ has been clearly detected. The attention of TBC designers is currently focused on ceramic materials characterized by low thermal conductivity, high phase stability, thermal expansion coefficient (CTE) close to that of metal substrate, high hardness, low Young modulus and high toughness^[6,7,8,9,10,11,12,13,14]. The employment of rare earth oxides (CeO₂ and Sc₂O₃) as zirconia phase stabilizers, and rare-earth zirconates represents a promising solution. To this purpose, the TBCs should preferably have thermal conductivity of about 0.5⁻¹ Wm⁻¹K⁻¹, CTE higher than 9 x 10⁻⁶ K⁻¹, hardness higher than 500 HV_{300g}. For example, plasma-sprayed CYSZ TBCs have exhibited better phase stability and thermal shock resistance than the YSZ ones as well as better resistance to high-temperature sintering, higher CTE and higher hardness^[15,16,17,18,19].

Lanthanum zirconate is another suitable material due to its lower thermal conductivity (1.6 Wm⁻¹K⁻¹ against 2.2 Wm⁻¹K⁻¹ for YSZ, bulk materials; 0.7-0.8 Wm⁻¹K⁻¹ against 0.8-1.2 Wm⁻¹K⁻¹ for coatings)^[10,11,20], lower sintering activity, lower Young's modulus and lower ionic conductivity (9.2 x 10⁻⁴ Ω⁻¹cm⁻¹ against 0.1 Ω⁻¹cm⁻¹ for YSZ, at 1000 °C), which is expected to reduce oxygen propagation and, consequently, the oxidation of the bond coat surface, which is recognized as one of the main factors affecting the durability of a TBC^[21].

These coatings can be employed in multilayered systems, where the TBC is generally composed of an inner coating made of YSZ and the upper coating consists of rare-earth zirconate. Some previous investigations have demonstrated that these systems exhibit better performance under thermal cycling conditions than conventional YSZ systems and, thus, are able to replace the same ones in next-generation turbine engine applications.

In this work, the microstructural and thermal properties of various plasma-sprayed ceramic coatings are investigated in the purpose to develop a novel multilayered system with enhanced performance.

Materials and methods

Plasma spraying

The APS system available at the ENEA Brindisi Research Centre, equipped with a F4-MB plasma torch

(Sulzer Metco, Wolhen, Switzerland) with 6 mm internal diameter nozzle, was employed for TBC deposition. Before plasma spraying, IN738 super-alloy disks ($\Phi = 25$, thickness = 4 mm) were sand-blasted using alumina abrasive powder (Metcolite F, Sulzer Metco, Westbury, NY), in order to increase their surface roughness and to improve the mechanical interlocking between coating and substrate. They were ultrasonically cleaned in ethanol, placed on a rotating sample holder and coated.

The raw materials used for coating fabrication were commercially available powders, known as partially yttria stabilized zirconia (YSZ, ZrO_2 -8 wt.% Y_2O_3 , Metco 204NS, Sulzer Metco, Westbury, NY, 11-125 μm), ceria-yttria stabilized zirconia (CYSZ, ZrO_2 -25 wt.% CeO_2 -2.5 wt.% Y_2O_3 , Metco 205NS, Sulzer Metco, Westbury, NY, 10-110 μm) and lanthanum zirconate (LZ or $La_2Zr_2O_7$, 43wt.% ZrO_2 -57wt.% La_2O_3 , Trans-Tech Inc, Adamstown, MD, 37-149 μm). An intermediate 160 μm thick bond coat was previously deposited starting from a powder with 52Ni-10Co-23Cr-12Al-3Re (wt.%) chemical composition and particle size distribution in the nominal range between 37 and 44 μm .

For characterization purposes, the ceramic TBCs were deposited with a final thickness of 2 mm. The spraying parameters used in this work are summarized in Table

	YSZ	CYSZ	$La_2Zr_2O_7$
Current [A]	600	600	500
Voltage [V]	64	70	60
Turntable speed [rpm]	100	100	100
Substrate tangential speed [mm/s]	2083	2083	2083
Gun velocity [mm/s]	4	4	4
Primary gas Ar flow rate [slpm]	33	38	35
Secondary gas H_2 flow rate [slpm]	10	11	8
Stand-off distance [mm]	100	120	100
Carrier gas Ar flow rate [slpm]	2.6	2.6	2.6
Powder feed rate [g/min]	42.6	44	34
Injector diameter [mm]	1.8	1.8	1.8
Injector angle [°]	90	90	90
Distance torch-injector [mm]	6	6	6

TABLE 1 Plasma spraying parameters used in this work (slpm – standard litres per minute)

1. An air cooling jet (pressure = 5 bar) was used to reduce the temperature of the substrates during processing. Multilayered systems have also been fabricated. The substrates were coated with the same bond coat, a first 200 μm thick CYSZ or YSZ layer and one or more ceramic further top coats, made of rare earth zirconates with a total thickness between 200 and 550 μm .

Characterization

Phase composition of as-sprayed coatings was investigated using an X-ray Powder Diffractometer (PW1880, Philips, Almelo, The Netherlands) operating with $CuK\alpha$ radiation, produced at 40 kV and 40 mA. The θ -2 θ scan was performed between 20 and 80° by step width of 0.02°. The time per step was set to 5 s.

The cross sections of plasma-sprayed coatings were cut by low speed diamond saw, cold mounted in vacuum in polymer and polished to 0.25 μm . Then they were analyzed by scanning electron microscopy (SEM-LEO 438 VP, Carl Zeiss AG, Oberkochen, Germany).

For quantitative microstructural measurements, the SEM images were processed by free-domain image analysis software (Image J, U.S. National Institutes of Health, Bethesda, MD).

Free-standing coatings for thermal characterization were cut and stripped off from the substrates by chemical etching, by using a 50/50 (vol.%) HCl- H_2O solution, and cleaned. Some coatings were heated at 6 °C/min to 1315 °C, and annealed in air atmosphere up to 50 h. The linear thermal expansion was measured using a Netzsch dilatometer (TMA 402, Netzsch-Geratebau GmbH, Selb, Germany) in static air atmosphere. The thermal expansion measurements were carried out in static air on free-standing coatings (sample length = 7 mm), from room temperature up to 900 °C at heating rate of 10 °C/min. Three consecutive scans were collected for each type of samples and both in-plane and out-of-plane thermal expansions were measured.

Specific heat measurements were performed between room temperature and 1250 °C using a simultaneous thermal analyzer (Model STA 429, Netzsch-Geratebau GmbH, Selb, Germany), equipped with a sample holder for differential scanning calorimetry (DSC), following the procedure described in [15].

The measurements were carried out in static air on ap-

proximately 3 mm x 3 mm x 2 mm sized samples. The sample weight used for CP measurement was approximately 120 mg. On each sample the effect of the first heating cycle on specific heat capacity was investigated. Then three consecutive measurement cycles were considered to calculate an average value: the measurements were performed between room temperature and 1250 °C at heating rate of 10 °C/min. The ratio method using a synthetic sapphire (0.775 J/g K – NBS literature value) as calibrant was used to determine the specific heat curves of TBCs [22].

Results and discussion

Phase stability

XRD analyses were performed on as-sprayed and annealed coatings. According to detailed investigation reported in previous paper, as-sprayed YSZ coatings are mainly composed of t' tetragonal zirconia phase, but after 50 h of exposure at 1315 °C they partially decompose [16], so that the final coatings are composed of high-yttria tetragonal, high-yttria cubic, low-yttria tetragonal and monoclinic zirconia phases.

On the contrary, CYSZ coatings exhibit better phase stability, due to the absence of monoclinic phase after thermal aging [15].

The same measurements have been performed on La₂Zr₂O₇ coatings and are not herein reported for sake of brevity. These coatings are composed of a single

YSZ	CYSZ	La ₂ Zr ₂ O ₇
12.2 ± 1.6	10.2 ± 2.0	9.1 ± 0.5

TABLE 2 Porosity values for the ceramic coatings herein employed

cubic pyrochlore phase and show no phase transition after thermal aging at 1315 °C, but only a decrease in the width of the peaks, which are broad in as-sprayed condition due to the small crystallite size and crystalline disorder. The precipitation of ZrO₂ after annealing could not be appreciated by XRD.

Microstructure

As shown in Figures 1-3, all the ceramic TBCs herein analyzed exhibit a typical splat-like microstructure, composed of overlapped lamellae, approximately parallel to coating/substrate interface, separated by splat boundaries and embedded in a network of microcracks and voids. The thickness of the lamellae is approximately between 1 and 5 μm.

The splat boundaries typically affect heat transfer and thermal conductivity, while the vertical microcracks enhance high-temperature strain tolerance. The former originated during coating build-up due to weak bonding between deposited splats, depending on the velocity of impact of the molten droplets and their solidification rate. In turn, the latter initiated from the splat boundaries as a consequence of stress relaxation during rapid cooling to room temperature. Globular

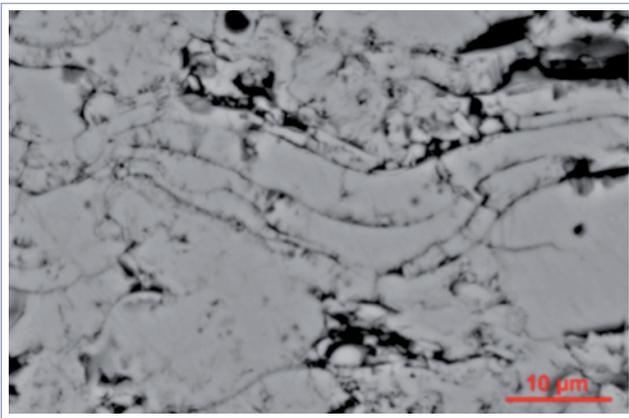


FIGURE 1 Polished cross section of YSZ coating showing a lamellar microstructure

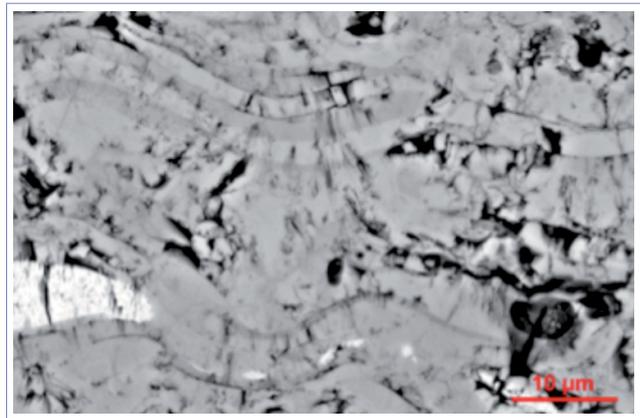


FIGURE 2 Polished cross section of CYSZ coating showing a lamellar microstructure

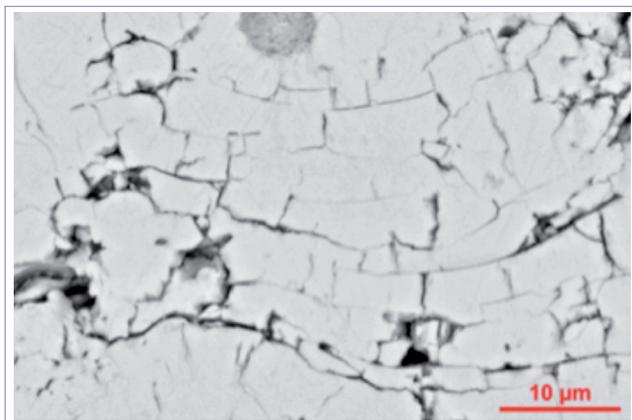


FIGURE 3 Polished cross section of $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ coating showing a lamellar microstructure

pores derived from imperfect filling during coating build-up and play a significant role on the final thermal and mechanical properties.

As shown in Figure 2, in CYSZ coating different areas with different grey contrast can be noticed. The brighter areas are richer in CeO_2 stabilizer and are then related to the presence of cubic zirconia.

Table 2 reports the porosity values for the ceramic TBCs herein developed. Note that YSZ and CYSZ coatings are more porous than $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ ones: this behavior can be explained in terms of different morpho-

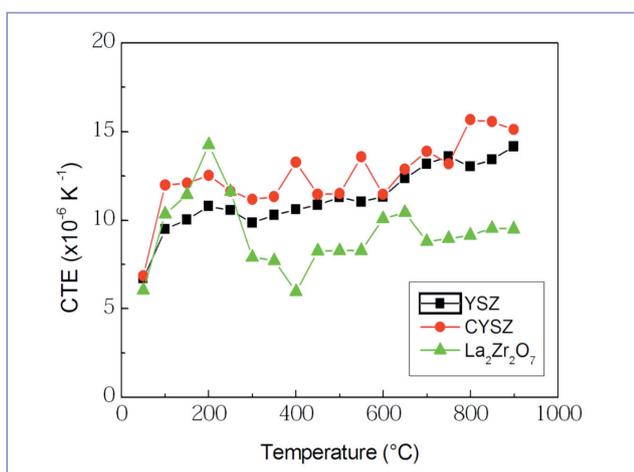


FIGURE 4 Thermal expansion coefficient vs. temperature for different TBCs

T = 50-900 °C	YSZ	CYSZ	$\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$
CTE in-plane [10^{-6} K^{-1}]	10.7	12.6	9.2
CTE out-of-plane [10^{-6} K^{-1}]	10.8	10.1	9.2

TABLE 3 Thermal expansion coefficients for plasma-sprayed coatings

logy of the starting powders as well as of different processing parameters.

Thermal properties

The thermal expansion curves of plasma-sprayed coatings were measured in-plane and out-of-plane directions between 50 and 900 °C. The thermal expansion increases linearly over the entire temperature range. The mean values of thermal expansion coefficients for as-sprayed TBCs are given in Table 3. These values are higher than those previously reported for CYSZ, YSZ and LZ coatings^[20,23,24].

The CTE is strongly related to the crystal structure and to any phase transitions which can occur during heating. The out-of-plane CTE is affected by interlamellar cracks, while in-plane CTE is affected by vertical cracks. The in-plane CTE is approximately $10.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ for as-sprayed YSZ coating, $12.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ for CYSZ coatings, and $9.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ for $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ ones. CYSZ coatings exhibit the highest CTE, due to the presence of the cubic structure in as-sprayed state and higher concentration of oxygen vacancies.

The thermal expansion is one of the most significant parameters in order to predict the lifetime of TBCs. Figure 4 shows in-plane thermal expansion coefficient versus temperature for YSZ, CYSZ and $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ coatings. Note that the CTE increases as temperature raises for all the coatings, due to the intensification of the crystal lattice vibration. The CTE of YSZ coatings increases from $6.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ to $14.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ at 900 °C. It increases from $6.9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ to $15.1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ for CYSZ coatings, from $6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ to $9.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ for $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ ones.

The increase is more pronounced for YSZ e CYSZ; above 300 °C their CTE is higher than that of $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ coating and therefore closer to that of the bond coat, thus suggesting lower thermal stresses at high temperature at the interface between the overlapped layers, and higher resistance to crack propagation. In the whole temperature range investigated no simple dependence of CTE on temperature was

detected for $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ coatings. A sudden decrease above 200 °C can be noticed, and a further decrease above 650 °C: a similar trend was noticed previously [11]. These peaks can be probably linked to the existence of internal stresses, while phase changes and sintering can be discarded. This behavior can be harmful for practical applications, because the mismatch in CTE values can promote thermal stresses and crack formation during cycling. However, the relatively low CTE and toughness of lanthanum zirconate can be enhanced by chemical doping with heavy atoms with large ion radii.

Figure 5 shows the specific heat capacity of plasma-sprayed coatings during the first heating cycle. The specific heat capacity of YSZ coating is $0.45 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 100 °C and $0.37 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 1150 °C; for CYSZ it is $0.57 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 100 °C and $0.80 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 1150 °C, for $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ it is $0.37 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 100 °C and $0.42 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 1100 °C. Therefore, lanthanum zirconate coatings show the lowest specific heat capacity at room temperature, while at the maximum temperature YSZ coatings are characterized by the lowest CP. The first heating cycle on as-sprayed coatings typically promotes irreversible changes, such as first-stage sintering and stress relaxation and thus a corresponding increase in specific heat capacity at high temperature, whereas no deviations are observed in the next runs. Changes at crystal lattice scale may also affect the C_p values. The sintering of the porous microstruc-

ture generally occurs at $T > 1200 \text{ °C}$, due to the closure of fine pores and microcracks. It is well established that the sintering necks reduce the space between the lamellae and close the vertical microcracks, thus reducing the thermal insulation and the structural elasticity. The specific heat average curves of as-sprayed coatings are plotted in Figure 6 as a function of temperature: $C_p(T)$ curves were calculated as a mean value of three consecutive measurement cycles. The specific heat capacity for YSZ is $0.49 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 100 °C and $0.51 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 1150 °C, for CYSZ it is $0.44 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 100 °C and $0.71 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 1150 °C, whereas for $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ it is $0.52 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 100 °C and $0.6 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ at 1100 °C.

With respect to the first heating cycle the specific heat capacity increases for YSZ and $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ coatings, whereas it decreases for CYSZ coatings, thus suggesting a better resistance to high-temperature changes. In addition, prolonged exposure at 1315 °C promotes a further increase in the specific heat capacity for YSZ coatings, while a decrease is noticed for CYSZ coatings [15,16].

Multilayered ceramic TBCs

The single TBC systems herein employed exhibit satisfactory performance for current turbine applications; however, in the next-generation turbine engines further increases in thrust-to-weight ratio and higher gas inlet temperature are expected. This involves higher tempe-

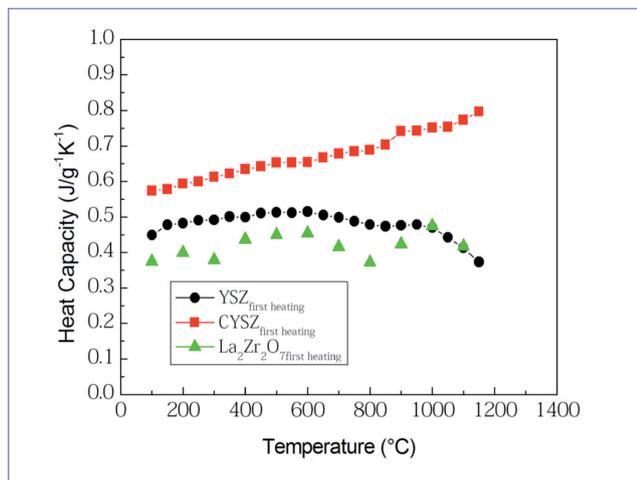


FIGURE 5 Specific heat capacity of plasma-sprayed ceramic coatings during the first heating cycle

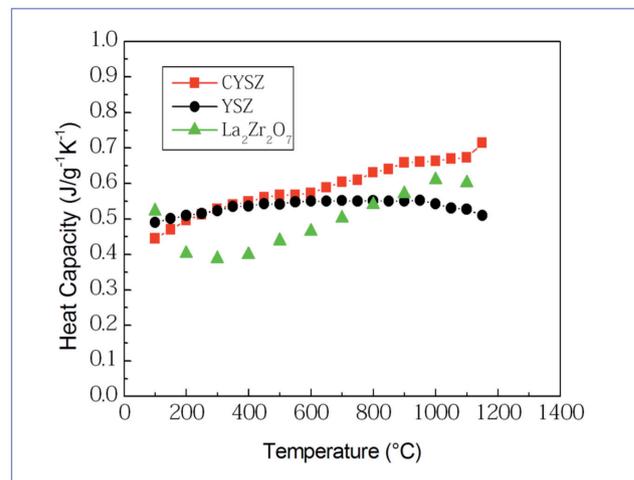


FIGURE 6 Specific heat capacity of plasma-sprayed ceramic coatings

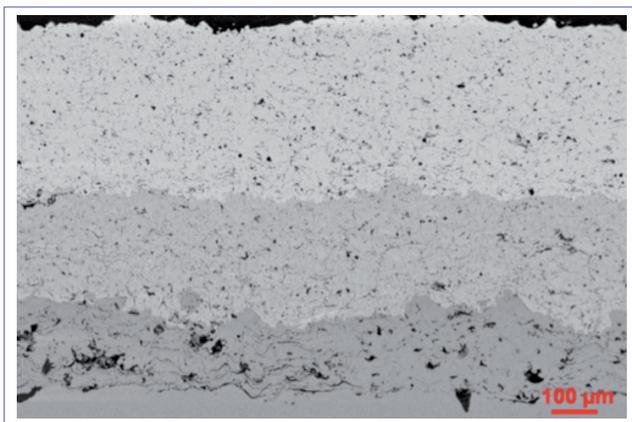


FIGURE 7 Multilayered thermal barrier coating, composed of substrate (at the bottom), MCrAlY bond coat, intermediate CYSZ layer and upper $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ top coat

rature capability and better protection against the environmental attack of corrosive media as calcium magnesium alumino-silicate (CMAS) and erosive agents. Therefore, the search for low-conductivity ceramic materials needs to be supported by an optimization of TBC architecture as well as by enhancements in powder manufacturing and thermal spray processing^[25].

From this point of view, multilayered TBCs have been properly designed in order to overcome the limitations of single layer TBCs. These systems are able to increase the operating temperature and to better accommodate the thermal stresses arising from thermal expansion mismatch between bond coat and top coat and the diffusion of oxygen, which typically assists the formation and the growth of the TGO (thermally grown oxide) at top coat/bond coat interface and then the TBC spallation. These systems are composed of two or more ceramic layers and YSZ is commonly applied as an intermediate coating and environmentally protected by an upper coating with higher temperature capability.

Double APS TBCs, composed of an inner YSZ layer and an upper $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ layer, exhibited enhanced durability during thermal cycling tests at different surface temperatures (1250, 1350 and 1450 °C). At the lowest temperature the double system showed thermal cyclic performance (more than 4000 cycles) better than that of single $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ layer (137-977 cycles) and comparable to that of single YSZ layer. At about 1350 °C dou-

ble layer system exhibited better cyclic lifetime (1000-2346 cycles) than those of single YSZ and double YSZ/ $\text{Nd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ TBC systems (220-1000 and 1748 cycles, respectively)^[26,27]. YSZ/ $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ TBC survived more than 1200 cycles at 1450 °C, showing better temperature capability than YSZ one. At 1250 °C the lifetime of double YSZ/ SrZrO_3 TBC was two times higher than that of YSZ one, while at temperatures higher than 1300 °C these systems possessed the same durability^[27].

An advanced multilayered TBC system has then been developed in order to increase the high-temperature performance of single layer systems. This system has been recently patented at ENEA by Di Girolamo et al. as “*Rivestimento protettivo per componenti realizzati in superlega*”, Italian Patent n. BO2012A000577.

Figure 7 shows the cross section of a multilayered TBC, composed of a metal substrate (on the bottom), a metal bond coat, an intermediate CYSZ layer and an upper $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ layer.

The porosity of CYSZ coating can be chosen between 8 and 15%, while the porosity of the $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ layer can be set between 4 and 12%, depending on the expected operating conditions. Their hardness has to be higher than 500 HV_{300g} . Moreover, the CTE of the intermediate CYSZ coating is higher than $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, while the CTE of zirconate layers is of about $9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. The CYSZ coating is able to substitute the standard YSZ coating, due to its higher phase stability, CTE, hardness and resistance to high-temperature sintering. Alternatively, the multilayered system can be composed of two or more ceramic top coats whose CTE and porosity gradually decrease from the bottom to the top surface. To the aim rare-earth zirconates, such as $\text{Nd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, $\text{Sm}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, $\text{Gd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ and SrZrO_3 , can be successfully employed.

Conclusions

Different ceramic powders were air plasma sprayed to produce TBCs for turbine engine applications. All the coatings showed a lamellar microstructure with typical defects, such as pores, microcracks and splat boundaries, which tended to disappear after high-temperature exposure due to sintering phenomena. CYSZ and $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ coatings exhibited enhanced phase stability above 1300 °C, in comparison with YSZ ones.

CYSZ coatings exhibited the highest in-plane CTE, followed by YSZ and $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ coatings.

The specific heat capacity was affected by sintering phenomena during measurement cycles: it tended to increase for YSZ and $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ TBCs, while it decreased for CYSZ ones. A multilayered TBC system was finally developed. In this system the ceramic top coat is composed of two or more ceramic layers, a first layer made of CYSZ and one or more rare-earth zirconate layers, in order to overcome the current limits of conventional TBC systems,

especially looking at much severe applications, at temperature higher than 1300 °C, in presence of corrosive media and when high thermal stresses are expected due to long-term thermal cycling. This system was patented at ENEA by Di Girolamo et al. ●

Acknowledgments

The authors wish to thank L. Capodiecì for preliminary SEM observations.

references

- [1] National Research Council. *Coatings for High-temperature structural materials: trends and opportunities*. National Academy of Sciences. Washington (1996).
- [2] X.Q. Cao, R. Vassen, D. Stover (2004), "Ceramic materials for thermal barrier coatings", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 24, 1-10.
- [3] X. Chen, M.Y. He, I.T. Spitsberg, N.A. Fleck, J.W. Hutchinson, A.G. Evans (2004), "Mechanisms governing the high temperature erosion of thermal barrier coatings", *Wear*, 256, 735-746.
- [4] M.P. Borom, C.A. Johnson, L.A. Peluso (1996), "Role of environmental deposits and operating surface temperature in spallation of air plasma sprayed thermal barrier coatings", *Surf. Coat. Technol.*, 86/87, 116-126.
- [5] B.R. Marple, J. Voyer, C. Moreau, D.R. Nagy (2000), "Corrosion of thermal barrier coatings by vanadium and sulfur compounds", *Mater. High Temp.*, 17, 397-412.
- [6] S.A. Tsipas (2010), "Effects of dopants on the phase stability of zirconia-based plasma sprayed thermal barrier coatings", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 30, 61-72.
- [7] N. Curry, N. Markocsan, X.A. Li, A. Tricoire, M. Dorfman (2011), "Next generation thermal barrier coatings for the gas turbine industry", *J. Therm. Spray Technol.*, 20, 108-115.
- [8] H. Dai, J. Li, X. Cao, J. Meng (2009), "Thermal barrier coating material", US20097597971.
- [9] J. Wu, X. Wei, N.P. Padture, P.G. Klemens, M. Gell, E. Garcia et al. (2002), "Low-thermal-conductivity rare-earth zirconates for potential thermal-barrier-coating applications", *J. Am. Ceram. Soc.*, 85, 3031-3025.
- [10] R. Vassen, X. Cao, F. Tietz, D. Basu, D. Stover (2000), "Zirconates as new materials for thermal barrier coatings", *J. Am. Ceram. Soc.*, 83, 2023-2028.
- [11] H. Chen, Y. Gao, S. Tao, Y. Liu, H. Luo (2009), "Thermophysical properties of lanthanum zirconate coating prepared by plasma spraying and the influence of post-annealing", *J. Alloys Comp.*, 486, 391-399.
- [12] D. Stover, G. Pratch, H. Lehmann, M. Dietrich, J. E. Doring, R. Vassen (2004), "New materials concepts for the next generation of plasma-sprayed thermal barrier coatings", *J. Therm. Spray Technol.*, 13, 76-83.
- [13] J. Hu, H. Zhao, S. Tao, X. Zhou, C. Ding (2010), "Thermal conductivity of plasma sprayed $\text{Sm}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ coating", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 30, 799-804.
- [14] Y. Wang, H. Guo, S. Gong (2009), "Thermal physical properties and thermal shock resistance of $\text{La}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$ thermal barrier coatings with segmented structure", *Ceram. Int.*, 35, 2639-2644.
- [15] G. Di Girolamo, C. Blasi, M. Schioppa, L. Tapfer (2010), "Structure and thermal properties of heat treated plasma sprayed ceria-yttria co-stabilized zirconia coatings", *Ceram. Int.*, 36, 961-968.
- [16] G. Di Girolamo, C. Blasi, L. Pagnotta, M. Schioppa (2010), "Phase evolution and thermophysical properties of plasma sprayed thick zirconia coatings after annealing", *Ceram. Int.*, 36, 2273-2280.
- [17] S.Y. Park, J.H. Kim, M.C. Kim, H.S. Song, C.G. Park (2005), "Microscopic observation of degradation behaviour in yttria and ceria stabilized zirconia thermal barrier coatings under hot corrosion", *Surf. Coat. Technol.*, 190, 357-365.
- [18] M. Alfano, G. Di Girolamo, L. Pagnotta, D. Sun, J. Zekonyte, R.J.K. Wood (2010), "The influence of high-temperature sintering on microstructure and mechanical properties of free-standing APS $\text{CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ coatings", *J. Mater. Sci.*, 45, 2662-2669.
- [19] M. Alfano, G. Di Girolamo, L. Pagnotta, D. Sun (2010), "Processing, microstructure and mechanical properties of air plasma-sprayed ceria-yttria co-stabilized zirconia coatings", *Strain*, 46, 409-418.
- [20] H. Zhou, D. Yi, Z. Yu, L. Xiao (2007), "Preparation and thermophysical properties of CeO_2 doped $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ ceramic for thermal barrier coatings", *J. Alloys Comp.*, 438, 217-221..
- [21] A.G. Evans, D.R. Mumm, J.W. Hutchinson, G.H. Meier, F.S. Petit (2001), "Mechanisms controlling the durability of thermal barrier coatings", *Prog. Mater. Sci.*, 46, 505-553.
- [22] J. B. Henderson, W. D. Emmerich, E. Wassmer (1988), "Measurement of the specific heat and heat of decomposition of a polymer composite to high temperatures", *J. Therm. Anal.*, 33 (4), 1067-1077.
- [23] S. Ahmaniemi, P. Vuoristo, T. Mantyla, F. Cernuschi, L. Lorenzoni (2004), "Modified thick thermal barrier coatings: thermophysical characterization", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 24, 2669-2679.
- [24] W. Ma, D.E. Mack, R. Vassen, D. Stover (2008), "Perovskite-type strontium zirconate as a new material for thermal barrier coatings", *J. Am. Ceram. Soc.*, 91, 2630-2635.
- [25] G. Di Girolamo, L. Pagnotta (2011), "Thermally sprayed coatings for high-temperature applications", *Recent Patents on Mater. Sci.*, 4, 173-190.
- [26] U. Bast, E. Schumann (2002), "Development of novel oxide materials for TBCs", *Ceram. Eng. Sci Proc.*, 23, 525-532.
- [27] R. Vassen, F. Traeger, D. Stover (2004), "New thermal barrier coatings based on pyrochlore/YSZ double-layer systems", *Int. J. Appl. Ceram. Technol.*, 1, 351-361.



Proposal for a Scaling tool under the REACH Regulation

The application of a Scaling procedure within the Exposure Scenario elaboration is required under the REACH Regulation, however there is no precise indication on how to fulfill this requirement and apply the Scaling operations. This lack of information may cause confusion, especially for SMEs, and additional costs. For these reasons a practical tool for the simplified Scaling calculation has been developed and validated, and is herein proposed. The Scaling tool development (only for liquid chemicals) was based on the Stoffenmanager model for risk and exposure assessment. First, the Stoffenmanager model was analyzed in order to reproduce the rationale it stems from; then the Scaling tool was developed by using the identified rationale. The developed tool allows downstream users, receiving the general Exposure Scenario provided by the producer/supplier, to adapt the scenarios to their operational conditions and risk management measures and check if a given chemical is used safely; in other words if the Risk Characterization Ratio is below 1

■ Roberto Carletti, Stefano Castelli, Flaviano D'Amico, Tanya Boyadzhieva

Proposta di uno strumento di Scaling nell'ambito del Regolamento REACH

Nell'ambito del Regolamento REACH è previsto l'uso dello Scaling all'interno dello Scenario di Esposizione. Nel REACH non viene definito in modo univoco come effettuare l'operazione di Scaling; questo può comportare specialmente per le PMI difficoltà e costi aggiuntivi. Per questo viene qui proposto uno strumento che semplifica il calcolo dello Scaling. Questo strumento (valido solo per sostanze chimiche liquide) viene costruito prendendo come riferimento il modello di valutazione di esposizione e di rischio Stoffenmanager. È stato prima analizzato il modello Stoffenmanager al fine di riprodurre la logica operante, poi è stato realizzato lo strumento Scaling che permette, in modo semplificato, agli utilizzatori a valle che ricevono uno scenario di esposizione, di controllare se, anche avendo condizioni operative e misure di gestione del rischio differente dal fornitore, il loro uso è un uso sicuro, ossia se il Rapporto di Caratterizzazione del Rischio (RCR) conduce ad un valore inferiore ad 1

The Regulation (EC) n. 1907/2006 of the European Parliament concerning the Evaluation, Authorization and Restriction of chemicals (REACH)^[1] aims mainly at improving the knowledge about the risks arising from existing and new chemicals and, at the same time, maintaining and enhancing the competitiveness and innovative capacity of the European chemical industry.

The development of the Exposure Scenario (ES)^[2] – that is a tool for assessing the risk in the use of che-

micals with respect to the categories of workers, consumers and the environment– plays an important role for some types of substances under the REACH Regu-

■ Roberto Carletti
ENEA, Technical Unit for Radiation Application Development

■ Stefano Castelli, Flaviano D'Amico, Tanya Boyadzhieva
ENEA, Technical Unit for Environmental Technologies, Casaccia

No	Description	Kind of the variable (*)	Relationship	Symbol
1	Substance concentration (%)	continuous	independent	C.
2	Task characterizing: (handling)	categorized (8)	independent	H
3	Duration task: (h/day)	categorized (4)	independent	T
4	Frequency task: (day/week)	categorized (6)	independent	F
5	Daily cleaning	dichotomous (2)	dependent	P
6	More than one employee simultaneously	dichotomous (2)	dependent	L
7	Period of evaporation,	dichotomous (2)	dependent	E
8	Maintenance	dichotomous (2)	dependent	M
9	Distance from task > 1 m.	dichotomous (2)	dependent	D
10	Room Volume (m3)	categorized (4)	dependent	Vo
11	Specific ventilation	categorized (3)	dependent	Ve
12	General ventilation	categorized (5)	independent	V
13	P.P.E.	categorized (8)	independent	PPE
14	Worker protection	categorized (3)	independent	Pr.

(*) The numbers inside parentheses indicate the number of categories into which the variable is divided

TABLE 1 Variables used in the Stoffenmanager program

lation. The ES is the basis for a quantitative estimate of exposure and the means by which an important part of communication in the supply chain between manufacturers / importers and downstream users is achieved. The ES must include the main parameters that determine the release of the substance and exposure, the so-called determinants.

Generally the determinants are divided into two categories: operational conditions (OC) and risk management measures (RMM). The OC refer to instruments or parameters which act during the production or use of a substance that may impact on the exposure of humans or the environment; the RMM include any action or instrument introduced during manufacture or use of a substance to prevent and/or control/reduce exposure of humans or the environment.

The scaling comes into play when the ES developed by the manufacturer or importer passes, through the provision of Safety Data Sheets (SDS), to the downstream user in the supply chain; he must determine that the OC and its RMM are in accordance with the specifications given in the ES. If there are any differences in the OC and RMM, then the user is required to verify whether also in its different conditions the use of the

substance is safe, i.e. if the Risk Characterization Ratio (RCR) value is below 1. This operation is called Scaling. Our proposal about Scaling has the aim to define and create for the first time under REACH, an operational tool that allows SMEs to perform the Scaling easily and quickly with no need for external expertise nor staff transfer to make model calculations or use other in-house made methods. So, this tool may provide advantages both in terms of costs and time.

Defining the Scaling

Scaling refers to any operative process, carried out through function, algorithms, tables, spreadsheets or programs, that allows to recalculate the risk depending on the OC and RMM associated with the use of the substance.

The Scaling^[3] can be used only for the parameters specified by the supplier, and only according to the measurement tools or models that have been used for the RCR calculation in the ES. The use of the scaling is not allowed if the adjustment of a crucial factor produces different exposure routes, or exposure affects different target groups or if the duration and/or fre-

quency of exposure changes significantly, resulting in a different kind of exposure (for example, acute exposure rather than chronic exposure).

The application of mathematical formulas for scaling calculating is considered to require a good knowledge about issues associated with exposure; also tables or spreadsheets may be tools not so easy to use or of limited value; a table or set of tables containing all OC and RMM modes would be difficult to understand and use. Instead, the use of a spreadsheet would imply some difficulties due to the necessary computing experience required to navigate in a very structured tool.

Using the same model for the RCR calculation is another alternative to compute scaling, but this choice presupposes that the use of the model itself is known, which is not always possible, particularly within SMEs, due to the lack of staff skilled in these issues.

Although major research centers (ECETOC) dedicated to chemicals have attempted to define how to apply the scaling: “The concept of scaling is very recent and not yet well defined”^[4] and the attempts to formalize and define the use of the scaling still do not specify how a tool Scaling should be built^[5].

Reference Model: Stoffenmanger

Stoffenmanager^[6] is a tool for the estimation of inhalation exposure to chemicals (www.stoffenmanager.nl). It is based on 14 parameters (some dependent on one another, other independent) that may vary along a categorized scale; the only parameter that varies continuously is the concentration of the substance^[7] ^[8].

Each combination of these parameters identifies a precise use of the substance. Through a series of software-driven steps, each identifying a group of variables, the modes of each parameter are selected and entered in the software. The result is expressed as a quantitative estimate in micrograms / cubic meters about the worker's exposure. The exposure value divided by the calculated DNELs gives the final RCR value.

The model has been validated^[9] and is now one of the recommended models^[10] under REACH by ECHA (European Chemicals Agency) as well as one of the

models that offers a wide range of determinants that can be used in the calculation of exposure and RCR.

Defining of Scaling tool

The Scaling tool was designed like a data input mask reproducing the same choice of parameters of the models. The important new feature is that the Scaling tool will show a field where the RCR value read in the SE attached to the supplier's SDS can be entered.

User can thus modify the fields of OC and RMM that differ with respect to the ES and immediately compute the new risk value about the chemical.

The list of variables and their properties is in Table 1. The Stoffenmanager program requires entering data into 14 variables (determinants).

The variables are distinguished according to their characteristics:

1. Nature of variables: continuous or discrete (between this latter dichotomous or categorized).
2. Relational system: independent or dependent variables.

The dependence in the variables implies that the effect of a variable in the output of the program cannot be checked only by varying the variable itself in its modalities (categories representing its range of values), but rather the conjunction with the variable(s) which show(s) dependence to it must be verified.

- $f(x_1, x_2) = f(x_1) \cdot f(x_2)$ independence between the variables x_1 and x_2
- $f(x_1, x_2) \neq f(x_1) \cdot f(x_2)$ dependence between the variables x_1 and x_2

In practice it is necessary to verify all combinations of the mode of variables and control the effect they have on the output of the program.

The independent variables can be verified “separately”, by varying only the chosen variable and controlling the relationship (linear or not) with the output. The table 1 shows that 6 variables are independent, so that each can be checked individually. The remaining 8 are dependent, and must be verified according to an experimental design.

The mechanism of the Scaling tool consists in calculating the specific user's RCR by changing the OC and RMM variables provided by the supplier in the ES

and introducing the user's specific OC and RMM. The OCs and RMMs are contained within the 14 variables presented in the table above.

For any relationship between the respective pairs of variables (user / provider), based on selected categories in the variables, a value equal to 1 will be assigned if the conditions between user and supplier are the same or will be different from 1 in the remaining cases. This numerical value is called "weight".

Therefore, the weight is calculated as the ratio between the supplier's exposure and the user, calculated before and after the change of the variables. The exposure will be calculated by using the Stoffenmanager model.

Example: keeping all other variables constant, the variable type of ventilation (Ve) -3 categories- is varied between the two scenarios:

Ve₍₁₎ = no ventilation

Ve₍₂₎ = L.E.V

Ve₍₃₎ = L.E.V + containment of the sources

The supplier has implemented the condition Ve₍₃₎ and the user the condition Ve₍₂₎, the respective exposure values and the ratio have been calculated, thus the weight determining the changing of exposure and RCR from one mode of a variable to another is obtained:

$$P_i = \frac{Exposure((Ve(2) \cdot \sum \text{any other variables} = \text{Constant}))}{Exposure((Ve(3) \cdot \sum \text{any other variables} = \text{Constant}))} = 1.92$$

In the case of independent variables the calculation of weights is quite easy: the exposure is computed by varying the categories of the variable taken into account, while the other variables remain constant.

In the case of dependent variables, the calculation is more demanding: there is the need to find all possible combinations between 8 variables (2268 combinations) and calculate the exposure variation for each of them, hence finding the relative weights; the result is a vector containing the 2268 weights which all together explain the function made explicit below.

Distribution function of dependent variables

$$f\left(\frac{H_{sc}, P_{sc}, L_{sc}, E_{sc}, M_{sc}, D_{sc}, V_{o_{sc}}, Ve_{sc}}{H_{for}, P_{for}, L_{for}, E_{for}, M_{for}, D_{for}, V_{o_{for}}, V_{e_{for}}}\right)$$

Integrating the distribution function of the dependent variables with each ratio explains the relationships

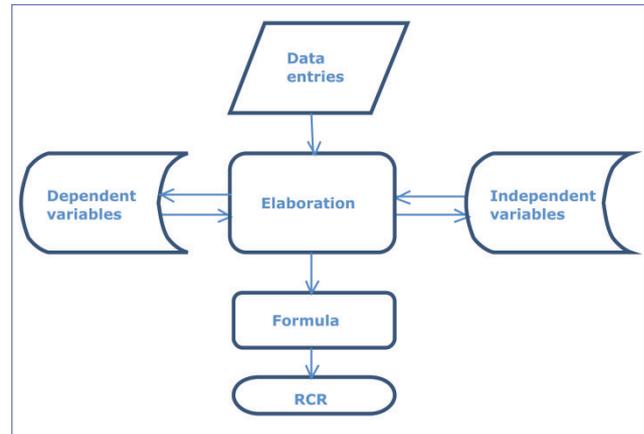


FIGURE 1 Logical scheme of the Scaling tool

between independent variables, thus we obtain the overall formula of the scaling.

Scaling Function

$$RCR_{USER} = RCR_{SUPPLIER} \frac{C_U T_U F_U V_U PPE_U Pr_U}{C_S T_S F_S V_S PPE_S Pr_S} f\left(\frac{H_U, P_U, L_U, E_U, M_U, D_U, V_{o_U}, Ve_U}{H_S, P_S, L_S, E_S, M_S, D_S, V_{o_S}, Ve_S}\right)$$

The Scaling tool is therefore composed of a mask data input procedure; lines of instructions (in Visual Net or Excel) that manage the inputs and the dependent or independent variables, and finally a matrix containing all the different combinations of variables (and of the modes), with the relative weights.

The final value is a recalculated RCR which takes into account the different OC and RMM applied by both supplier and user.

Validation

The Scaling tool has been validated through a systematic procedure.

All possible combinations of the Stoffenmanager model parameters, distinguishing between dependent and independent parameters have been calculated. Then, a sample of about 20,000 cases has been selected in such a way to ensure the representativeness of the selected sample with respect to the reference population.

In order to ensure the maximum validity of the operations, the most extreme modes of the parameters have been included in the test sample.

n°	ES Parameters	Manufacturers	DU initial	DU I° option	DU II° option
1	Substance concentration (%)	10	10	10	10
2	Handling	Low pressure and speed, medium surfaces	Large surfaces or large workpieces	Large surfaces or arge workpieces	Large surfaces or large workpieces
3	Duration task: (h/day)	4-8	4-8	4-8	4-8
4	Frequency task: (day /week)	4/5	4/5	4/5	4/5
5	Daily cleaning	No	No	No	No
6	More than one employee simultaneously	Yes	Yes	Yes	Yes
7	Period of evaporation	Yes	Yes	Yes	Yes
8	Maintenance	No	No	No	No
9	Distance from task > 1 m.	No	No	No	No
10	Room volume (m ³)	<100	<100	<100	>1.000
11	Specific ventilation	No	No	No	No
12	General ventilation	No	No	Natural/Mechanical	No
13	P.P.E.	No protection	No protection	No protection	No protection
14	Worker protection	Out of cabin	Out of cabin	Out of cabin	Out of cabin
	RCR	0.780	1.396	0.736	0.221

Note: the yellow field identifies the OC/RMM that differ between manufacturer and DU; the bold identifies the change implemented in order to achieve a safe use.

TABLE 2 Example of the Scaling tool application: Comparison between the CO/RMM in the ES of the manufacturer, CO/RMM initial of DU and two of the possible options for reducing RCR

Both the Stoffenmanager model and the developed Scaling tool have been run for each of the about 20,000 combinations.

Finally the results were verified by comparing the RCR value (risk characterization ratio) obtained by using the two procedures; in all comparisons the developed Scaling tool has reproduced the same result obtained with the Stoffenmanager model.

Practical examples of Scaling application and interpretation

It is assumed that a manufacturer delivers an ES attached to SDS where, with a set of RMM and OC and, the risk is under control: RCR = 0.780.

The Downstream User (DU) verifies that one of OCs is different: the manufacturer reports “use of the substance at low pressure, low speed and mid-surface”, while the user applies “use on large areas or large pieces of business.” By applying the Scaling

tool it is verified that RCR = 1.396, quite beyond the permitted threshold. Through the use of the instrument it can verify several Scaling options, which cut the risk under the allowed threshold and choose the most convenient in terms of cost and time of application.

1° Option: ventilation in the work place → RCR = 0,738
 2° Option: move the process in a larger worker place (from a place with a volume <100 m³ to another with volume > 1000 m³) → RCR = 0.221.

These and other options are easily verifiable by acting on the scaling tool and can provide the user with a range of options that can be chosen on the basis of both economic and realization-time considerations.

As an example, in the table below the manufacturer OCs reported in the ES, the DU's initial conditions and the condition variations of the two DU options are shown in order to comply with RCR threshold (last line of table). In Fig. 2, an example screen view of the scaling tool final result is reported.

Scaling per i Produttori		scenario generico	
percorso : inalazione			
Rapporto di Caratterizzazione del Rischio di riferimento RCR=		0,78	
DATI DI INPUT			
Concentration % of substance	10	mettere un valore tra 0 e 100	
modes of use of the substance (Handling)	su ampie superfici o su grossi pezzi lavorativi		
Duration task (hours)	4 - 8 h		
Frequency of work (i /year)	4-5 giorni / settimana		
working room cleaned daily	NO		
Maintenance monthly	NO		
more than one task together	SI		
period of evaporation or drying	SI		
distance < 1 metro	No		
volume of room (m ³)	>1000		
General ventilation (room)	no		
Ventilation: worker situation:	NO		
PPE (personal protective equipment)	nessuna		
Protection of employee	lavoratore non è nella cabina		
Rischio dell'utente:			RCR =
Risultato: Rischio sotto controllo			0,221

FIGURE 2 Example screen view of the scaling tool (option II*)

Final conclusion

Compared to other types of Scaling tool, this developed and validated tool is much easier to use, thanks to its simplified format of fields/masks and to its hi-

gher ductility, also given by the use of the flexible Stoffenmanager reference model. These features will convert into a significant aid especially to SMEs in complying with REACH obligations. ●

references

- [1] "Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH) Regolamento" 1907/2006 (CE), (2006), ECHA, Helsinki.
- [2] "Guidance on information requirement and chemical safety assessment R.14: occupational Exposure Estimation", (2008), ECHA, Helsinki.
- [3] Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Part G: extending the SDS, (2008), Maggio, ECHA, Helsinki.
- [4] ECETOC TRA version 3: Background and Rationale for the Improvements, (2012), Technical Report No. 114, ECETOC AISBL, Brussel.
- [5] J. Tolls, (2011), "Improving ES communication: (IT) Tools and Scaling", (DUCC/Henkel) 12/13/2011 REACH Implementation Workshop X.
- [6] H. Marquat, et al, (2007), "Stoffenmanager, a web-based control banding tool using an exposure process model", TNO/Arbo Unie -report.
- [7] E. Tielemans, et al (2008), "Stoffenmanager Exposure Model: Development of a Quantitative Algorithm", Ann. Occup. Hyg., pp. 1-12, Oxford University Press, Oxford.
- [8] E. Tielemans, et al (2008), "Stoffenmanager, a Web-Based Control Banding Tool Using an Exposure Process Model", Ann. Occup. Hyg., Vol. 52, No. 6, pp. 429-449, Oxford University Press, Oxford.
- [9] J. Schinkel, et al. (2010), "Cross-validation and refinement of the Stoffenmanager as a first tier exposure assessment tool for REACH", Occupational Environmental Medicine. 2010 Feb;67(2):125-32, BMJ, London.
- [10] "Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.14: Occupational exposure estimation", May 2010, ECHA, Helsinki.



dal
Mondo

Nel dicembre del 2010 l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite proclamò il 2013 **Anno Internazionale per la Cooperazione per l'Acqua**. Nell'ambito di questa iniziativa, si è svolta il 22 marzo scorso la Giornata Mondiale dell'Acqua. Per la natura intrinseca dell'acqua quale elemento universale e trasversale, l'anno per la cooperazione per l'acqua ha un approccio multidisciplinare, comprendendo le scienze naturali e sociali, la formazione, la cultura e la comunicazione. Il tema dell'acqua, uno dei più importanti nel panorama del contrasto alla povertà nel mondo meno sviluppato, ha per obiettivo quello di sensibilizzare l'opinione pubblica per sviluppare un ambiente favorevole alla nascita di nuove idee e affrontare le sfide relative alla gestione dell'acqua.

Gli eventi fulcro della "Settimana per la Sostenibilità di Abu Dhabi", svoltasi nello scorso mese di gennaio, sono stati il Vertice Mondiale delle Energie del Futuro (World Future Energy Summit - WEFS) e il primo Vertice Internazionale per l'Ac-

qua (International Water Summit - IWS), legati tra loro dal filo conduttore dell'interdipendenza tra consumo energetico e risorse idriche. Inoltre, gli Emirati Arabi Uniti hanno annunciato l'approvazione dell'accordo di installazione nei propri territori della sede generale dell'Agenzia delle Energie Rinnovabili (International Renewable Energy Agency - IRENA). Al summit ha partecipato anche la Cina che, per la prima volta, si è mostrata disponibile a discutere di come limitare le proprie emissioni di CO₂ (le più alte al mondo). L'International Water Summit, evento dedicato alle tecnologie per il settore dell'acqua, mira a diventare la nuova piattaforma globale per la promozione sostenibile delle risorse idriche nelle regioni aride.

Il World Future Energy Summit è l'evento annuale più importante al mondo dedicato allo sviluppo futuro dell'energia, all'efficienza energetica e alle tecnologie pulite. Obiettivo del Summit è la presentazione di soluzioni energetiche innovative e la creazione di opportunità di investimento, partenariato e collaborazione industriale nei settori dell'energia solare, eolica, geotermica, da maree, da biomasse; dei biocombustibili e celle combustibili; dei trasporti puliti e dell'edilizia verde.

Le performance ambientali dell'Italia sono state poste sotto la lente di ingrandimento dell'**OCSE** che, a marzo, ha pubblicato il Rapporto *"Italia 2013 highlights"*. In particolare i tecnici di Parigi hanno preso atto dei progressi compiuti dal nostro paese in materia ambientale, complice anche la crisi economica che ha naturalmente mitigato le pressioni dell'economia sull'ambiente. Nonostante i passi avanti, il rapporto restituisce un quadro di luci e ombre: infatti, alla significata riduzione nelle emissioni di inquinanti atmosferici, agli avanzamenti nella gestione dei rifiuti, al miglioramento nel grado di tutela della biodiversità e della qualità delle acque superficiali fanno da contraltare la scarsa qualità dell'aria nelle grandi città, l'aumentato livello dei rifiuti, l'eccessivo sfruttamento delle acque sotterranee e l'erosione del suolo.

Sempre a Parigi e nel mese di marzo, si è riunito il **Climate change expert group (CCXG) Global forum**, iniziativa congiunta di OCSE e dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA). L'evento, inteso come iniziativa di promozione del

dialogo da parte degli esperti sui futuri negoziati internazionali sui cambiamenti climatici, ha permesso di fare un punto sugli esiti del COP18 a Doha (su cui vedi anche, nella nostra rivista, <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/EAI/anno-2012/n.-6-novembre-dicembre-2012/cambiamenti-climatici>) e di condividere informalmente i potenziali orientamenti al 2015 e al post 2020.

L'**IAEA** ha organizzato la "International Conference on fast reactors and related fuel cycles (FR13)". L'incontro ha costituito l'occasione per lo scambio di informazioni sui programmi nazionali ed internazionali e sugli sviluppi più recenti in materia di ricerca sui reattori veloci e sulle relative e più efficienti tecnologie applicate al ciclo del combustibile in termini di affidabilità ed economicità. Un obiettivo fondamentale della conferenza, in linea con la precedente edizione del convegno svoltasi a Tokyo, è stato lo spazio dedicato ai giovani ricercatori nell'ambito dello "Young Generation's Event (YGE)".

Secondo il rapporto "Tracking Clean Energy Progress", diffuso ad aprile dall'IEA in occasione del Clean Energy Ministerial, l'evento che ogni anno riunisce i ministri dell'Ambiente dei Paesi responsabili dei quattro quinti delle emissioni mondiali, lo sviluppo di energia a bassa emissione di carbonio sta progredendo troppo lentamente per limitare il riscaldamento globale. La generazione di energia è ancora dominata dal carbone e i governi non riescono ad aumentare gli investimenti in energia pulita: secondo la IEA la produzione di energia da carbone è cresciuta del 45% tra il 2000 e il 2010, rispetto alla crescita del 25% delle fonti non fossili. Negli USA il cosiddetto "shale gas" ridimensiona il ruolo del carbone (vedi nella nostra rivista <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/EAI/anno-2012/n.-4-5-luglio-ottobre-parte-1/gas-e-petrolio-non-convenzionale-molto-meno-di-una-rivoluzione>). Altrove però l'impiego del carbone è aumentato, anche in Europa, dove la generazione mista di energia aumenta a spese del gas naturale. Qualche notizia positiva: nonostante la crisi economica e politiche non sempre lungimiranti, nel 2012 il fotovoltaico e l'eolico sono cresciuti rispettivamente del 42% e del 19% rispetto al 2011, grazie soprattutto al contributo di Paesi emergenti come Brasile, Cina e India.

(Flavia Amato, Paola Cicchetti)



dall'
Unione Europea

Commissione Europea

Le principali iniziative della Commissione europea (CE) nel periodo gennaio-aprile 2013 riguardano:

- la definizione, in data 8 gennaio, della composizione ufficiale del Comitato direttivo (*Steering Group*) della Partenariato Europeo per l'innovazione sull'agricoltura (**EIP Agricultural Productivity and Sustainability**), il quale, in data 15 gennaio, ha definito la composizione dello Sherpa group che ha il compito di definire i contenuti del Piano Strategico di Implementazione (*Strategic Implementation Plan*).
- la pubblicazione, in data 8 gennaio, di un'indagine di Eurobarometer sulla percezione dei cittadini sulla qualità dell'aria (**Attitudes of Europeans towards Air Quality**) nella quale si evidenzia un'insoddisfazione diffusa nei confronti degli interventi in atto per affrontare i problemi connessi alla qualità dell'aria e vengono suggeriti alcuni modi più efficaci per contrastare l'inquinamento atmosferico.
- la comunicazione, in data 9 gennaio, dell'**Entrepreneurship 2020 Action Plan: Reigniting the entrepreneurial spirit in Europe**, in cui viene proposta una serie di azioni volte a liberare le potenzialità imprenditoriali e a sviluppare la cultura dell'imprenditorialità in Europa.
- l'approvazione, in data 23 gennaio, da parte del Comitato sui Cambiamenti Climatici della proposta da parte della Commissione di aggiornamento del Registro del sistema comunitario di scambio delle emissioni (**ETS-Emission Trading System**). La proposta di modifica verrà ora sottoposta alla revisione del Parlamento europeo e al Consiglio.
- l'annuncio, in data 24 gennaio, di un pacchetto di misure (**Clean fuel strategy**) volte a garantire la creazione di stazioni per la distribuzione di combustibili puliti o alternativi (es. energia elettrica, idrogeno, biocarburanti, gas naturale) in tutta Europa, con standard comuni relativi alla progettazione e all'utilizzo.
- la pubblicazione, in data 31 gennaio, del Libro verde (**Green paper on unfair trading practices in the business to business food and non-food supply chains in Europe**) che contiene una valutazione preliminare e identifica alcuni problemi derivanti dalle pratiche commerciali sleali (*UTP*) nelle relazioni commerciali lungo la catena alimentare.
- l'istituzione, in data 7 febbraio, di un nuovo gruppo ad alto livello (*HLG*) sulle tecnologie abilitanti (**Key Enabling Technologies - KET**). Il gruppo di lavoro controllerà l'applicazione della comunicazione della CE sulle KET, promuoverà lo sviluppo delle politiche connesse da parte degli Stati membri e offrirà consulenza su tutte le questioni in materia.
- l'annuncio, in data 14 febbraio, della istituzione di un osservatorio (**Bio-economy observatory**) coordinato dal *Joint Research Centre* per monitorare i progressi e valutare l'impatto dello sviluppo della bioeconomia (economia basata sull'uso intelligente delle risorse biologiche e rinnovabili) dell'UE.
- la creazione, in data 27 febbraio, dello **Science and Technology Advisory Council**, nuovo organismo consultivo informale della Commissione che affronta questioni tecnico-scientifiche di carattere trasversale con una chiara dimensione sociale e che si interfacerà direttamente col Presidente della Commissione europea.
- la pubblicazione, in data 28 febbraio, delle nuove linee guida per gli Stati membri sugli incentivi finanziari per incoraggiare la domanda di veicoli a basse emissioni di CO₂ (**Guidelines on financial incentives for energy-efficient cars**). Tali linee guida sono valide per tutti i veicoli e tengono conto degli incentivi concessi in qualsiasi forma.
- l'entrata in vigore, in data 3 marzo, del "Regolamento Legno" (**EU Timber Regulation - EUTR**) per contrastare la circolazione nell'UE del legname tagliato illegalmente e dei prodotti da esso derivati. Il regolamento si applica al legno e ai prodotti del legno commercializzati per la prima volta nell'UE.
- il lancio, in data 4 marzo, di una coalizione per l'occupazione nel settore digitale (**Grand Coalition for Digital Jobs**), per contribuire a occupare i 900.000 posti vacanti nel settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione previsti in Europa entro il 2015. La coalizione, sottoscritta al momento da 15 aziende e organizzazioni, è parte del processo promosso dalla Commissione per rendere l'Europa più competitiva.
- la pubblicazione, in data 7 marzo, del Libro verde sui rifiuti di plastica (**Green Paper on Plastic Waste**) che ha lo scopo di lanciare una discussione articolata su come rendere più sostenibili i prodotti di plastica nell'intero ciclo di vita e ridurre l'impatto dei rifiuti di plastica sull'ambiente.
- la presentazione, in data 13 marzo, di una proposta volta a migliorare la pianificazione delle attività marittime e la gestione delle zone costiere (**Support Blue Growth**). Il progetto di direttiva intende istituire un quadro comune europeo per la pianificazione dello spazio marittimo e la gestione integrata delle zone costiere negli Stati membri in modo da garantire lo sviluppo e l'utilizzo delle risorse marittime e costiere secondo modelli sostenibili.
- l'avvio, in data 21 marzo, di una campagna di comunicazione paneuropea per aiutare le PMI a recuperare i debiti attraverso le frontiere (**Campaign to support debt recovery across borders**). Tale campagna intende informare le PMI su come approfittare delle leggi e degli strumenti esistenti per perseguire più facilmente e con successo i debitori in altri paesi.
- l'adozione, in data 25 marzo del Libro verde (**Green Paper on the long-term financing of the European economy**) che dà avvio alla consultazione pubblica di tre mesi sui modi per promuovere l'offerta di finanziamenti a lungo termine e migliorare e diversificare il sistema dell'intermediazione finanziaria per

- gli investimenti a lungo termine in Europa.
- la proposta, in data 25 marzo, di una normativa più chiara, coerente e trasparente (**single new Directive for foreign students and researchers**) valida nell'intera Unione europea per rendere più semplice e più appetibile a studenti, ricercatori e altri gruppi di cittadini non UE il soggiorno all'interno dell'Unione per periodi superiori a tre mesi, e per dare maggiori opportunità di accesso al mercato del lavoro nella UE.
- la pubblicazione, in data 26 marzo, dell'Innovation Union Scoreboard 2013, quadro valutativo che fornisce una visione generale dei risultati ottenuti nel campo della ricerca e dell'innovazione dagli Stati membri dell'UE, paesi associati e vicini, classificandoli in relazione al livello di performance sostenuto e indicandone i leader e i follower, gli innovatori moderati e quelli in ritardo.
- l'adozione, in data 27 marzo, del Libro verde (**A 2030 framework for climate and energy policies**) che avvia una consultazione pubblica sui contenuti del quadro strategico comunitario per le politiche in materia di cambiamenti climatici e energia da oggi al 2030. La CE ha al contempo pubblicato una comunicazione consultiva sul futuro della cattura e dello stoccaggio del carbonio (**Communication on the future of CCS in Europe**) e adottato una relazione in cui valuta i progressi compiuti dagli SM per conseguire i loro obiettivi in materia di energie rinnovabili entro il 2020 (**2013 Renewable energy progress report**), nonché due relazioni sulla sostenibilità dei biocarburanti e dei bioliquidi consumati nell'UE.
- la pubblicazione, in data 5 aprile, dell'indagine sulla presenza delle donne nella ricerca dell'UE (**She figures**) nella quale si evince che nonostante alcuni progressi degli ultimi anni, le ricercatrici rimangono una minoranza e la loro presenza nelle discipline e carriere scientifiche è ancora insufficiente in tutta l'UE.
- l'adozione, in data 9 aprile, della proposta, denominata "**Building the Single Market for Green Pro-**

ducts", per uniformare la segnalazione delle prestazioni ambientali dei prodotti e delle aziende. Basata sull'elaborazione di indicatori di footprint per la valutazione delle performance ambientali dei prodotti (*Product Environmental Footprint - PEF*) e delle aziende (*Organizations Environmental Footprint - OEF*), la proposta sarà operativa da giugno 2013 per un periodo pilota di 3 anni durante i quali le aziende potranno verificare la funzionalità della metodologia predisposta.

Continuano le **consultazioni pubbliche** avviate nell'ultimo periodo dalla CE riguardanti il prossimo programma quadro di ricerca e innovazione dell'UE "Horizon 2020". In data 24 gennaio, la Commissione ha avviato una ricerca pubblica di esperti di tutti i settori per partecipare ai gruppi consultivi (**Advisory Groups**) che contribuiranno a definire le priorità dei bandi di H2020. Il 6 marzo è stata avviata la consultazione su una "Bozza di proposta di esenzione per categoria per la **revisione degli accordi di trasferimento tecnologico e di nuove linee guida**". Tale consultazione, aperta fino al 17 maggio, riguarda il trasferimento della licenza di tecnologia ad altri soggetti per l'utilizzo nei loro prodotti. Dal 26 marzo al 26 giugno è aperta la consultazione sull'architettura ottimale per un nuovo accordo internazionale in materia di lotta ai cambiamenti climatici dopo il 2020 (**The 2015 International Climate Change Agreement: Shaping international climate policy beyond 2020**). Dal 28 marzo al 02 luglio è aperta quella sul **Green Paper on a 2030 Framework for Climate and Energy Policies**.

Parlamento e Consiglio Europeo

Il 18 febbraio, nel corso della riunione del Consiglio Competitività, gli Stati membri hanno firmato l'accordo internazionale che istituisce la "*Unified Patent Court*", ossia la **Corte Unica dei brevetti** che assicurerà l'applicazione uniforme della legislazione sui brevetti unitari e tradizionali europei sul territorio dei Paesi che vi hanno aderito. Affinché l'accordo entri in vigore, sarà

necessaria la ratifica di almeno 13 Stati membri, tra cui Francia, Germania e Gran Bretagna, dove la Corte Unica (*Court of first instance*) avrà le proprie sedi. Tali sedi saranno distribuite tra Parigi (invenzioni elettroniche), Monaco (invenzioni meccaniche) e Londra (invenzioni farmaceutiche e biotecnologiche). La Corte di Appello avrà sede a Lussemburgo.

Il 12 marzo, il Parlamento ha approvato due proposte di regolamento (**Monitoring Mechanism Regulation e Land use, land use change and forestry**) atte a migliorare i meccanismi di monitoraggio e comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra incluso quelle derivanti dalla silvicoltura e agricoltura (attività LULUCF). Una volta che il Consiglio adotterà tali leggi, queste entreranno in vigore dopo la pubblicazione sulla Gazzetta ufficiale dell'UE. Nella stessa giornata, il Parlamento ha adottato il **Regolamento sulle Linee Guida in materia di infrastrutture energetiche transeuropee**, che dovrà essere ancora approvato formalmente dal Consiglio europeo. Il Regolamento delinea un nuovo quadro normativo per la realizzazione delle infrastrutture energetiche considerate cruciali, in particolare le reti per la distribuzione dell'elettricità e del gas.

Il 13 marzo, il Parlamento ha bocciato la **proposta di bilancio UE 2014-2020** del Consiglio europeo per 960 miliardi complessivi. L'europarlamento vuole in particolare più flessibilità sui fondi per poter trasferire quelli non spesi da un anno all'altro e da una categoria di spesa all'altra, la possibilità di revisione nel corso dell'esercizio, e la sostituzione di una parte dei contributi degli Stati membri al bilancio UE con "risorse proprie" (oggi il bilancio è finanziato all'80% con contributi degli stati), quali la tassa sulle transazioni finanziarie o una tassa sulle emissioni a effetto serra. Il 21 marzo, il Consiglio ha adottato le sue conclusioni a sostenere la **EIP Smart Cities and Communities**, che verrà lanciata dalla Commissione nel corso del 2013 in parallelo con l'istituzione del Gruppo ad Alto Livello (*High Level Group*) e di una piattaforma delle parti interessate (*stakeholder platform*).

(Valerio Abbadessa)



dalle
Istituzioni nazionali

Parlamento

A seguito della consultazione elettorale del 24-15 febbraio, il 15 marzo si sono insediate le nuove Camere. Eletto Presidente del Senato, il Sen. Pietro Grasso. Alla Camera dei Deputati, è stata eletta presidente l'On. Laura Boldrini. Poco dopo il loro insediamento, i Presidenti di Camera e Senato hanno concordato sull'esigenza di avviare da subito un piano di tagli e razionalizzazione delle spese del Parlamento e hanno convenuto sulla necessità di adottare da subito una significativa riduzione delle attribuzioni ad essi spettanti, per un importo complessivo del 30%. In mancanza di un accordo sulla formazione del nuovo Governo e nelle more della costituzione delle Commissioni tematiche, le Assemblee di Camera e Senato hanno deliberato la costituzione della Commissione Speciale per l'esame dei disegni di legge di conversione dei decreti legge e di altri provvedimenti urgenti presentati dal Governo, composta, per ciascun ramo del Parlamento da membri dei gruppi parlamentari rispettando le proporzionalità fra gli stessi. Le Commissioni Speciali di Camera e Senato sono state fin da subito, quindi, impegnate nell'esame di importanti provvedimenti, tra cui lo schema di decreto in materia di criteri e procedure per l'utilizzazione della quota dell'8 per mille dell'IRPEF, lo schema di decreto in materia di esodati, lo schema di decreto in materia sanitaria, il decreto legge recante disposizioni urgenti per il pagamento dei debiti scaduti della pubblica amministrazione, per il riequilibrio finanziario degli enti territoriali, nonché in materia di versamento di tributi degli enti locali.

Le Camere hanno inoltre discusso la Relazione del Governo al Parlamento concernente l'aggiornamento del quadro economico e di finanza pubblica e il pagamento dei debiti alle imprese da parte della Pubblica amministrazione approvando le risoluzioni

che impegnano il Governo a verificare le condizioni affinché l'Italia esca, nell'anno in corso, dalla procedura per deficit eccessivo.

In assenza di un'intesa sulla formazione del nuovo esecutivo, il presidente Napolitano ha costituito due gruppi composti da personalità del mondo politico-istituzionale, con il compito di delineare le azioni e misure necessarie per il Paese che il prossimo Governo potrà intraprendere. I due gruppi hanno consegnato le loro relazioni al Capo dello Stato, che le consegnerà al suo successore.

Crescita

Il 14 marzo è stato firmato dai ministri Passera e Clini il decreto interministeriale che approva la Strategia Energetica Nazionale. Il Comunicato con il documento approvato è stato pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 27 marzo 2013.

In data 8 marzo il Presidente del Consiglio Monti ha firmato il decreto che approva lo Statuto dell'Agenzia per l'Italia digitale. Lo Statuto disciplina l'organizzazione e le modalità di gestione dell'Agenzia chiamata a gestire in modo unitario e coordinato i processi di digitalizzazione e di ammodernamento delle amministrazioni pubbliche, così da assicurare la diffusione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, l'interoperabilità dei sistemi informativi pubblici, l'efficace erogazione dei servizi digitali ai cittadini e alle imprese e la razionalizzazione della spesa informatica.

Dal 13 marzo il Ministero dello Sviluppo Economico (MSE) ha reso operativa la riforma degli incentivi alle imprese, introdotta dal decreto Sviluppo del giugno 2012. Il ministro Passera (MSE) e il ministro Grilli (Economia) hanno infatti siglato il decreto interministeriale che disciplina le modalità di intervento del nuovo Fondo per la Crescita Sostenibile. Si completa, quindi, il processo di riforma degli incentivi alle imprese, che prevede l'abrogazione di 43 norme nazionali di agevolazione e l'introduzione di ulteriori misure di semplificazione che accelereranno l'impiego di gran parte dei regimi di aiuto esistenti. Il Fondo per la Cresci-

ta Sostenibile consente di avviare una innovativa modalità di interventi in favore della competitività delle imprese, introducendo profonde innovazioni dei meccanismi di intervento. Gli interventi saranno fortemente ancorati al Programma quadro "Horizon 2020". Il fondo ha una dotazione iniziale di circa 600 ml di euro, a cui potranno aggiungersi i finanziamenti agevolati di Cassa Depositi e Prestiti.

Il 25 gennaio è stata pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale la Circolare attuativa dell'articolo 57 del decreto legge 83/2012 che rende pienamente operativo il Fondo che eroga finanziamenti a tasso agevolato per la realizzazione di progetti e interventi nei settori della *green economy* ed in settori di attività connessi con la messa in sicurezza del territorio dai rischi idrogeologico e sismico. La concessione dei finanziamenti è subordinata all'assunzione di personale di età non superiore ai 35 anni; nel caso di assunzioni superiori a tre unità, almeno un terzo dei posti è riservato a giovani laureati con età non superiore a 28 anni. I soggetti beneficiari dei finanziamenti sono le imprese, sia in forma individuale che societaria, o loro consorzi.

Normativa

Nei primi mesi del 2013 sono stati numerosi i provvedimenti nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione approvati e pubblicati nelle gazzette ufficiali. In particolare, si ricordano sulla G.U. n. 1 del 2 gennaio 2013: Decreto 28 dicembre 2012 "Incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni" e Decreto 20 dicembre 2012 "Determinazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico che devono essere perseguiti dalle imprese di distribuzione dell'energia elettrica e il gas per gli anni dal 2013 al 2016 e per il potenziamento del meccanismo dei certificati bianchi"; sulla G.U. n. 23 del 28 gennaio 2013: Decreto legislativo n. 250 del 24 dicembre 2012 "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE

relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"; Sulla G.U. n. 25 del 30 gennaio 2013: Decreto del 9 novembre 2012 "Approvazione del Piano triennale della ricerca di sistema elettrico nazionale 2012 - 2014 e del Piano operativo annuale 2012"; sulla G.U. n. 54 del 5-3-2013: Decreto del 13 febbraio 2013 - Specifiche convenzionali di carburanti e biocarburanti e decreto del 14 febbraio "Sistema nazionale di premialità in materia di obbligo di immissione in consumo di biocarburanti"; sulla G.U. n. 72 del 26 marzo 2013: Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 1 febbraio 2013. Diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS) in Italia.



dai
Giornali

Rinnovabili

La decisione di adottare con decreto interministeriale il documento della Strategia Energetica Nazionale, il piano che stabilisce le prospettive al 2020 delle necessità energetiche del paese, ha fatto discutere. Specie gli ambientalisti, che hanno obiettato che un governo decaduto non può impegnare il futuro energetico del Paese. Il Parlamento e il futuro governo potranno certamente intervenire: il piano prevede infatti investimenti per 180 miliardi di euro che porteranno un risparmio di 9 miliardi nella bolletta energetica nazionale con il risparmio sugli incentivi alle rinnovabili e l'effetto dei nuovi rigassificatori (incentivati). Intanto, dopo il boom del 2011 e in parte del 2012, la crescita delle rinnovabili in Italia ha subito un momento di arresto; in molti lamentano una mancanza di gestione della transizione post-incentivi. Alle aspettative deluse del mondo delle rinnovabili fa da contraltare la preoccupazione dell'Authority Energia per l'onere che si scarica ogni trimestre sulle bollette. Un settore che mo-

stra di godere di ottima salute è quello dell'efficienza energetica, come testimoniato dall'ENEA che, nella presentazione del suo II rapporto (per il 2011) sull'efficienza energetica in Italia, parla di un incremento del 17,1% rispetto al 2010 ed indica nell'economia verde il settore che potrebbe rilanciare lo sviluppo.

Nucleare

La Cina ha archiviato l'incidente di Fukushima e riavviato il suo poderoso programma di potenziamento nucleare, riaprendo il cantiere di Rongcheng dove, entro il 2017, sorgerà la prima centrale atomica del mondo con tecnologia di quarta generazione. Al contrario la Germania sta attuando l'uscita dal nucleare ricorrendo sempre di più alle rinnovabili ma anche facendo un uso massiccio del carbone. Per pochi giorni, sui giornali, ha tenuto banco la questione dei cinghiali radioattivi trovati in Valsesia (su cui vedi la nota nella rubrica World View).

Ricerca

Nei primi giorni di marzo un enorme incendio si è portato via Città della Scienza di Napoli distruggendo 4 padiglioni nell'area dell'ex Italsider di Bagnoli. Circa 12.000 metri quadrati di strutture di alto valore scientifico che rappresentavano uno dei simboli della modernità del paese ma soprattutto il simbolo del riscatto del sud e di Napoli. Numerose le manifestazioni di solidarietà, il mondo politico della cultura delle imprese è sceso in campo per offrire il suo appoggio per una ricostruzione che dovrà avvenire "in termini rapidi e certi". In particolare molti dei maggiori centri di ricerca italiani hanno offerto il loro contributo per sostenere interventi di pronta ripresa delle attività, tra questi l'ENEA ha deciso di devolvere alla causa i contributi che riceverà dall'assegnazione del 5 per mille sulla denuncia dei redditi di quest'anno. Nel documento del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca "Hit 2020" della fine di marzo vengono fissati gli obiettivi dell'Italia in vista della prossima programmazione 2014/2020, tra questi far crescere del 50% le risorse per

l'innovazione che arrivano dalla UE. Nel ciclo 2007/2013 l'Italia ha investito ogni anno 5,2 miliardi di fondi nazionali e 1,7 europei: ora l'obiettivo è di portare questi ultimi a 5,1 suddivisi in 1,6 miliardi dal programma europeo Horizon 2020 e 3,5 dai Fondi Coesione. Precedentemente un gruppo di 2.067 docenti e ricercatori avevano sottoscritto una petizione per chiedere l'impegno dei politici a dare alla ricerca almeno l'1,9% del Pil cioè almeno quanto la media europea. Nel 2012, per il secondo anno consecutivo, sono calate (-4%) le domande di brevetto unificato europeo, strumento utile per "difendere" il risultato della ricerca nell'area UE. Il quadro è allarmante perché in passato le piccole e medie italiane innovavano e brevettavano, oggi la crisi frena la capacità di innovazione e spesso chi innova non è in grado di affrontare spese di brevetto. Confindustria chiede l'introduzione di un credito d'imposta che possa favorire una ripresa degli investimenti per l'innovazione.

Ambiente

Il 2012 è stato l'anno più caldo nella storia degli Stati Uniti, nonché uno degli anni più estremi dal punto di vista climatico se si considerano non solo le temperature ma anche le tempeste e le precipitazioni. Intanto a Roma è iniziata una corsa contro il tempo per superare l'emergenza rifiuti. A gennaio è stato presentato il decreto del ministro Clini che prevedeva l'arrivo di un supercommissario in regia per portare alla normalità la gestione dei rifiuti dopo la proroga fino al 30 giugno della megadiscarica di Malagrotta ormai giunta a saturazione. A febbraio è stata pubblicata la circolare del Ministero dell'Ambiente che apre la corsa ai finanziamenti del Fondo Kyoto: 460 milioni vengono messi in campo per il finanziamento agevolato di iniziative per la prevenzione del rischio sismico e idrogeologico, per lo sviluppo di nuove tecnologie nel settore delle fonti rinnovabili, per l'efficienza energetica e il social housing messe a punto dalle imprese che assumono addetti under 35.

(Laura Di Pietro)

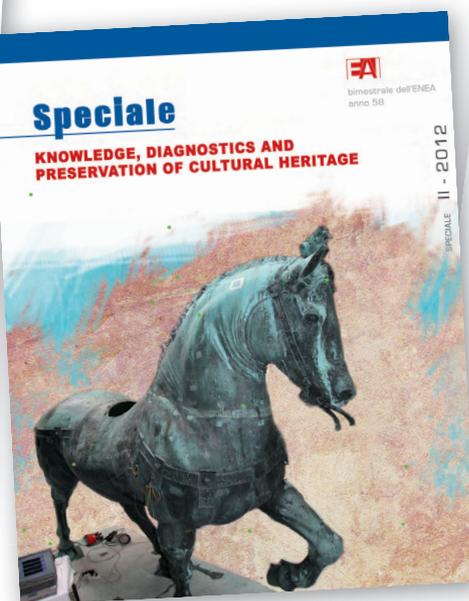
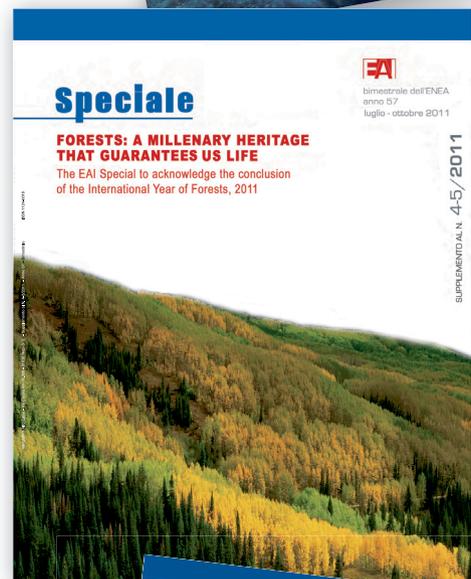
Gli Speciali di Energia, Ambiente e Innovazione

La rivista, oltre ai fascicoli a cadenza bimestrale, realizza numeri “Speciali” monografici su tematiche tecnico-scientifiche di attualità.

Cinque gli Speciali finora pubblicati:

- Le tecnologie di Carbon Capture and Storage
- Forests: a millenary heritage that guarantees us life
- Verso la green economy: strategie, approcci e opportunità tecnologiche
- Knowledge, Diagnostics and Preservation of Cultural Heritage
- Biotecnologie per lo sviluppo sostenibile

Tutti gli Speciali sono disponibili online.



**energia
ambiente
e innovazione**

bimestrale dell'ENEA

anno 59

gennaio - aprile 2013